



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

**DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE
BIOINDICADORES EN LOS PÁRAMOS DE LA COMUNIDAD EL
CALVARIO, UBICADO EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

PERALTA PERALTA JESSICA MAGALY

RIOBAMBA- ECUADOR

2019

HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el proyecto de investigación titulado: **DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS PÁRAMOS DE LA COMUNIDAD EL CALVARIO, UBICADO EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, de responsabilidad de la señorita Jessica Magaly Peralta Peralta, ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

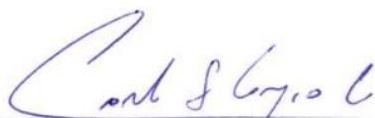


Ing. Robinson Fabricio Peña Murillo

DIRECTOR

13-02-2019

Fecha:



Ing. Carlos Francisco Carpio Coba

ASESOR

13-02-2019

Fecha:

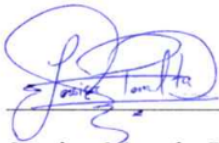
RIOBAMBA-ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jessica Magaly Peralta Peralta, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 13 de febrero de 2019



Jessica Magaly Peralta Peralta

180477377-6

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal y de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Jessica Magaly Peralta Peralta

180477377-6

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por ser el creador de todo lo maravilloso que existe en este mundo, a la Virgen de Santa Lucia protectora de la vista, que siempre proteja y bendiga a toda mi familia y en especial a los seres que más adoro.

A mis padres Gonzalo Peralta y Dina Peralta por su paciencia, esfuerzo y sus consejos, además por el apoyo incondicional en toda mi etapa estudiantil.

A mi amado hijo Ariel Alejandro por ser parte de mi vida y la fuerza, y el motivo de seguir adelante para no desmayar a pesar de las adversidades.

A mí querida hermana Belén por ser aquella amiga, confidente y cómplice al compartir buenos y malos momentos en nuestras vidas de travesuras y juegos.

Nunca cambies.

A mi abuelito Carlos Peralta (+) un gran maestro de la música quien me supo desde pequeña inculcarme grandes valores.

A mi abuelita María Esther por estar a mi lado en mis momentos difíciles con su ejemplo de humildad y cariño, eres la mejor.

A mi tío Vladimir Peralta, que a pesar de la distancia siempre está pendiente de nosotros.

A todos por su apoyo y sus consejos siempre los llevare en mi mente y en mi corazón.

Jessica Magaly Peralta P.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su guía y cuidado constante en todo peligro y por bendecirme en esta nueva etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, a la Escuela de Ingeniería Forestal, en especial a todos los docentes, quienes nos formaron académicamente y me brindaron todos sus conocimientos a largo de mi etapa estudiantil, pues gracias a ellos pude y podre desenvolverme en el ámbito estudiantil y profesional.

A mi distinguido tribunal conformado por los Ingenieros Robinson Peña (Director) y Carlos Carpio (Asesor), por brindarme su tiempo, paciencia y sugerencias, los cuales hicieron que logre finalizar con éxito este trabajo.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, al Laboratorio de Ciencias Biológicas, Departamento de Entomología dirigido por la Dra. Verónica Crespo y al equipo de investigadores Patricio Andino y Rodrigo Espinoza por las sugerencias y el apoyo brindado en esta investigación.

A la Comunidad “El Calvario” por brindarme la apertura para la realización de este trabajo de investigación.

A mis compañeros Laurita, Raúl, Patricio y Fabián gracias amigos por compartir hermosos momentos, siempre apoyándonos en las buenas y en las malas a lo largo de la carrera estudiantil y hoy nuestro sueño se ha hecho realidad.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABLAS	ii
LISTA DE GRAFICOS.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v
I. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS PÁRAMOS DE LA COMUNIDAD EL CALVARIO, UBICADO EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	1
II. INTRODUCCIÓN	1
A. JUSTIFICACIÓN	3
B. OBJETIVOS	3
1. Objetivo General.	3
2. Objetivos Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.	5
A. IMPORTANCIA DE LOS PARAMOS.....	5
B. PÁRAMOS, AGUA Y SUS HABITANTES.....	5
1. Vegetación.....	6
2. Formas de vida	6
3. Clima del páramo.	7
4. Diversidad florística	8
C. CAUDAL	8
D. TIPOS DE CAUDALES.....	8
E. MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	9
F. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL CAUDAL	9
1. Método Aforo volumétrico.....	9
2. Método del Vertedero Triangular	10

G. IMPORTANCIA DE LA MEDICION DE LOS CAUDALES	10
J. CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIANA DEL AGUA.....	16
1. Parámetros de calidad física del agua.....	16
2. Parámetros de calidad química del agua.	17
3. Parámetros de calidad microbiológica del agua	20
K. CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA	21
1. Macroinvertebrados Acuáticos.....	21
2. Ciclo de vida de los macroinvertebrados.....	22
3. Importancia de la calidad biológica del agua.	22
4. Microhábitat	22
5. Bioindicadores	23
6. Índices Biológicos.	23
IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	28
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	55
VIII. RESUMEN	59
IX. ABSTRAC	60
X. BIBLIOGRAFÍA	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Jerarquía de las necesidades de agua	13
Figura 2. Relación típica entre el tiempo de desplazamiento y el uso domestico	15

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Lista de taxones y sus puntajes para cada uno de los índices.	24
Tabla 2.	Rangos que determinan las clases de calidad de agua establecidos para el <i>Índice Biological Monitoring Water Party</i> (BMWP) y su respectiva representación e interpretación relacionada con colores.	25
Tabla 3.	Valores de referencia para la interpretación de la calidad de agua, clases de Estado Ecológico según <i>Índice Andean Biological Index</i> (ABI) en Ecuador.	30
Tabla 4.	Datos parciales de la variación de los caudales en diferentes meses	39
Tabla 5.	Evaluación del agua según el índice BMWP	51
Tabla 6	Evaluación del agua según el índice ABI	52

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico 1. Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio	29
Grafico 2. Caudal promedio por mes	40
Grafico 3. Caudal promedio por zona geográfica	41
Grafico 4. Análisis físico del agua por zona geográfica	43
Grafico 5. Análisis químico del agua por zona geográfica	45
Grafico 6. Análisis microbiológico del agua por zona geográfica	48

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Datos de campo durante la fase de campo	32

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1.	Socialización y planificación de la investigación	69
Anexo 2.	Reconocimiento y georreferenciación de las zonas de estudio.	69
Anexo 3.	Instalación y recolección de datos con el vertedero triangular	70
Anexo 4	Instalación y recolección de datos con el vertedero volumétrico	70
Anexo 5.	Establecimiento de la trampa y recolección de macroinvertebrados	71
Anexo 6.	Limpieza e identificación de los macro invertebrados	71
Anexo 7.	Medición del pH en la zona de estudio.	72
Anexo 8.	Recolección de muestras para el análisis fisicoquímico y microbiológico.	72
Anexo 9.	Datos obtenidos en el método del vertedero triangular	73
Anexo 10.	Análisis Físico Químico y microbiológico de agua (Vertiente).	74
Anexo 11.	Análisis Físico Químico y microbiológico de agua (Zona de Impacto).	75
Anexo 12.	Análisis Físico Químico y Microbiológico de agua (Zona de captación).	76
Anexo 13	Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente-Chimborazo.	77
Anexo 14.	Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente-Chimborazo.	78
Anexo 15.	Guía de especímenes de flora y fauna silvestre.	79
Anexo 16.	Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección. .	80
Anexo 17.	Coordenadas geográficas de la ubicación de las estaciones de estudio	81
Anexo 18.	Permiso para la identificación de los macro invertebrados	82
Anexo 19.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 0	83
Anexo 20.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 1	83
Anexo 21.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 2	84
Anexo 22.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 3	84
Anexo 23.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 4	85
Anexo 24.	Identificación de los macro invertebrados en la estación 5	85
Anexo 25.	Macro invertebrados bioindicadores de la calidad del agua los páramos de la Comunidad El Calvario	86
Anexo 26.	Número de individuos de cada taxa colectados en las 5 estaciones de monitoreo.	88

I. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS PÁRAMOS DE LA COMUNIDAD EL CALVARIO, UBICADO EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

II. INTRODUCCIÓN

Los páramos en el Ecuador cubren alrededor de 1.250.000 ha del territorio nacional, estos ecosistemas son de gran importancia ya que posee la capacidad de almacenar y distribuir el agua proveniente de las lluvias, los deshielos y la condensación de la neblina, además el agua es salvaguardada por la vegetación que crece sobre ellos y que los hace funcionar como una esponja que recoge y distribuye el agua de manera constante y limpia, incluso en épocas de sequía (Briceño, 2016).

La ecoregión de “páramo” comprende aproximadamente 35.000 km² en los Andes tropicales, incluyendo a Venezuela, Colombia, Ecuador y el norte del Perú (es decir entre el 11° Norte al 8° Sur). Por lo general, se encuentra entre los 3.000-3.500 m.s.n.m y 4.500-4.700 m.s.n.m y recibe en promedio una precipitación de aproximadamente 900 a 2.500 mm/año. Es un ecosistema en las cumbres de montaña del norte andino, nuboso y con temperaturas bajas relativamente constantes. Tiene una distribución espacial de archipiélago y de muy alta diversidad y endemismo (Sánchez, 2015).

El primer aspecto a considerar sobre el valor hídrico del páramo es que el volumen hídrico total que provee a sus habitantes, siendo este volumen diario aproximado de 5m³/seg. El aspecto favorable es la vegetación que capta neblina (aunque es un efecto a veces sobreestimado) y del poco consumo de agua por parte de la vegetación propia de este ecosistema (Sánchez, 2015).

El ecosistema páramo ha proporcionado una importante función socio-económica a la comunidad Andina, debido a las circunstancias climáticas especiales, los suelos volcánicos poco profundos y porosos con alto contenido de materia orgánica, su topografía formada por la acción de los glaciares y la hidrología superficial del páramo. Los ríos que descienden desde los páramos tienen un flujo base sostenido

como un resultado de la elevada capacidad de regulación del agua del páramo (Sánchez, 2015).

El Ecuador es uno de los países privilegiados al contar con este ecosistema rico en flora y fauna nativa, por consiguiente, los páramos brindan bienes y servicios ambientales. Los primeros son “los productos de la naturaleza directamente aprovechados por el ser humano, tales como: madera, agua, suelo, aire, flora y fauna silvestre (Velasco, 2004).

Sin embargo, esta función está amenazada por un incremento de la actividad humana durante los últimos años, esta presencia tiene un impacto directo en el ciclo del agua por medio de cambios en las propiedades del suelo, vegetación y la construcción de infraestructuras. Por otro lado, hay un impacto indirecto en la hidrología del páramo debido a los cambios climatológicos, quemas no planificadas, introducción de especies exóticas como el pino, el sobrepastoreo, la agricultura, generación de energía eléctrica, entre otros (Sánchez, 2015).

Gran parte de los páramos de la Región Interandina han estado sometidos a presiones a través de prácticas comunes de la agricultura, ganadería y reforestación con especies introducidas. Las quemas en gran parte de ellos son una práctica habitual que se realiza con el objetivo de rebrotar paja tierna para alimentar el ganado, y así aumentar la productividad en la ganadería (Velasco, 2004).

Por lo tanto siendo el páramo la fuente generadora de varios recursos, entre los principales el recurso hídrico, la presente investigación pretende evaluar la cantidad y calidad de la hidrología del caudal comprendido por las vertientes “Pampas de San Antonio” del páramo ubicado en la comunidad el Calvario, tomando en cuenta sus propiedades y vulnerabilidades del estado actual de los factores comprendidos en la hidrología de este caudal, principalmente a la correlación clima - suelo y su impacto sobre el comportamiento hidrológico. Permitiendo tener una visión precisa de la relación causada por las actividades humanas u otras involucradas indirectamente sobre este ecosistema, principalmente en la hidrología del mismo.

A. JUSTIFICACIÓN

Actualmente las autoridades de la comunidad El Calvario no cuentan con una cifra exacta de la cantidad hídrica que genera la vertiente situada en “Pampas de San Antonio”; además no se dispone de un análisis físico – químico de este patrimonio hídrico que permita tomar decisiones para el uso de este recurso, ya sea para consumo humano o en el campo agrícola, no obstante, los dirigentes del sitio “**en estudio**”, mediante planificaciones dirigidas a futuro, pretenden utilizar el agua de este caudal para consumo doméstico, por lo tanto, esta investigación fue ejecutada con la finalidad de evaluar la cantidad y calidad del agua generada por la vertiente en base a lo investigado se realizará las medidas correctivas de salubridad respecto a su estado microbiológico y mineral (calidad) y en cuanto al volumen hídrico la eficiente distribución y el manejo adecuado de este líquido vital (cantidad), siendo este un aporte positivo para la comunidad.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo General.

- Determinar el caudal y la calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua.

2. Objetivos Específicos

- Establecer la variación de los caudales en diferentes meses.
- Analizar calidad fisicoquímica y microbiológica del agua captada por la comunidad.
- Evaluar la calidad del agua en la zona de impacto utilizando Índices de bioindicación.

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis Nula

- El caudal y la calidad de agua no cambia en diferentes meses.

2. Hipótesis Alternante

- El caudal y la calidad de agua cambia en diferentes meses.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. IMPORTANCIA DE LOS PARAMOS

El planeta nos ofrece una vasta variedad de paisajes, y podemos determinar, a simple vista, incluso no conociendo características profundas o determinadas como precipitaciones anuales o promedio de densidad atmosférica, qué tipo de ecosistema es ante todo un conjunto de seres vivos (bióticos) y seres no vivos (abióticos) que comparten un territorio determinado y definido por condiciones climáticas particulares y el entorno natural es también específico (Vásconez, 2001).

En ese sentido, el páramo se define como tal por dos cuestiones fundamentales: por un lado, el relieve del suelo, que es de montaña, y el clima, que en general es siempre intertropical (un clima cálido). A veces se suele pensar en un páramo como un territorio solitario y totalmente adverso para el desarrollo de la vida, pero esto es una frecuente confusión de conceptos. En los páramos la vegetación puede ser abundante, tienen una fauna amplia e incluso ya desde los tiempos de las primeras civilizaciones, como el caso de los pueblos amerindios de América del Sur, las montañas que formaban parte de los páramos eran la principal fuente de agua, porque desde muchas de ellas nacían los arroyos y los ríos (Vásconez, 2001).

Sin embargo, en estas zonas, hay una fuerte polémica actual sobre el rol del hombre como transformador de la naturaleza: en el caso de los páramos, por la gran presencia de montañas, es frecuente que se realicen explotaciones con fines de impulsar la actividad minera, y en muchos países, los gobiernos corren la vista de esos asuntos, ya que las empresas de explotación minera suelen aportar grandes sumas en impuestos o desarrollo regional en las áreas donde se instalan (como el caso de la demanda de mano de obra) (Vásconez, 2001).

B. PÁRAMOS, AGUA Y SUS HABITANTES

El páramo es un ecosistema de humedales alpino neo tropical; que cubre aproximadamente la región Alto andina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, es

conocido como uno de los ecosistemas más importantes del mundo, porque cumple con funciones naturales, culturales y económicas imprescindibles (Buytaert *et al*, 2014).

Aunque es una zona bastante remota y desolada con poca actividad humana, este medio natural ha proporcionado una importante función socio-económica a la comunidad Andina como su principal fuente de agua la hidrología superficial del páramo tiene características extraordinarias (Buytaert *et al*, 2014).

Las actividades humanas en las regiones más altas de los Andes datan de los tiempos precolombinos, pero en años recientes, estas actividades han aumentado a paso rápido. Se pueden distinguir dos tipos principales de impactos humanos en el páramo por un lado se observa el incremento de la presencia humana y las actividades agrícolas (Buytaert *et al*, 2014).

1. Vegetación

La vegetación en el páramo ha desarrollado características fisiológicas para adaptarse y sobrevivir a las extremas condiciones del clima, topografía y suelos en algunas de estas características son la formación de rosetas que sirven de defensa contra viento y frío, la enanificación arbustiva, el desarrollo de hojas coriáceas que reducen la pérdida de agua por transpiración, la formación de cubiertas de pelos en hojas para captar el agua de lluvia o de rocío, la permanencia de hojas muertas sobre los tallos mantiene la temperatura, atrapa residuos orgánicos, almacena agua (Bayas, 2015).

La vegetación de los páramos se puede clasificar en tres grandes unidades de acuerdo con su fisonomía y estructura: 1. Subpáramo arbustivo, 2. Páramo de pajonal y 3. Superpáramo. A esto se suma la presencia de parches de bosques a veces monotípicos de *Polylepis* (ROSACEAE), *Gynoxys* (ASTERACEAE) y *Buddleja* (SCROPHULARIACEAE), que son aparentemente remanentes de una extensión histórica mucho mayor de los bosques altoandinos que son característicos de los hábitats de los páramos ((Buytaert *et al*, 2014).

2. Formas de vida

Las principales formas de vida que se encuentra en los páramos son las siguientes:

a. Almohadillas

Varias especies han adoptado la forma de almohadillas o cojines especialmente, aunque no exclusivamente, en terrenos poco drenados. Las almohadillas generan un microclima menos frío en su interior, donde se protegen los órganos jóvenes de la planta. Hay varias especies que conforman estas asociaciones vegetales en contra de los climas agrestes son: *Azorella pendunculata* (Apiaceae), *Plantago rigida* (Plantaginaceae), *Werneria nubigena* (Asteráceae), *Distichia muscoides* (Juncaceae), entre otras (Rodríguez, 2011).

b. Penachos

La forma de las hojas de las especies que forman los penachos es especialmente apropiada para no perder agua por transpiración en un sitio que carece de agua aprovechable durante varias horas al día. Pertenecen en su mayoría a especies de la familia Poaceae dentro de varios géneros. Los géneros más comunes formando penachos son: *Stipa* spp., *Calamagrostis* spp., *Festuca* spp, *Cortaderia* spp. (Poaceae) además de *Rhynchospora* spp, *Carex* spp, (Cyperaceae) entre otros (Rodríguez, 2011).

c. Hierbas erectas

Aparte de los árboles, las hierbas erectas no tienen ninguna adaptación clara, son una serie de plantas herbáceas que crecen entre el pajonal, aparentemente protegidas de la intemperie por las otras plantas. Entre estas tenemos varias especies de los géneros *Halenia*, *Gentiana* y *Gentianella* (Gentianaceae), varias especies del género *Geranium* (Geraniaceae), y una serie de helechos de géneros como *Jamesonia* (Pteridaceae). Muchas de estas especies producen flores que dan color al páramo (Rodríguez, 2011).

3. Clima del páramo.

El páramo en Ecuador tiene el típico clima tropical de alta montaña debido a su localización cercana a la línea equinoccial la radiación solar diaria es casi constante en todo el año. Variaciones de temperatura anual es pequeña (2 a 10°C) los cambios de temperatura diaria varían desde el punto de congelación hasta 30°son comunes, la precipitación es moderada, variando desde los 700 mm hasta los 3000 mm, sin embargo, la lluvia es extremadamente variable en espacio y tiempo generalmente, las

intensidades de lluvia son bajas como lloviznas, el viento puede ser muy fuerte y altamente variable en dirección, debido a las pendientes fuertes y la topografía accidentada por debajo de los 4000 m de altitud (Bayas, 2015).

4. Diversidad florística

Debido a la gran variedad de ambientes altitudinales y ecológicos en las diversas regiones del Ecuador la flora es extremadamente diversa y rica. Esta variabilidad se debe al ecosistema tropical húmedo, ya que es muy diverso, además se añade el efecto de la cordillera de los Andes que crea fajas o pisos altitudinales, que a su vez dan lugar a la más variada gama de climas, ecologías y formaciones vegetales (Bayas, 2015).

Según (León-Yáñez, 2000) citado por Mena *et al* (s.f.) menciona que, en el Ecuador, aún no se conoce el número exacto de especies de plantas que viven en los páramos del país, pero sugiere que son alrededor de 1.500. Esta cifra relativamente alta, especialmente para sitios elevados donde la biodiversidad tiende a ser menor que en partes más bajas, contradice la imagen popular del páramo como un ecosistema pobre y homogéneo.

C. CAUDAL

El caudal se entiende que es el volumen de agua que traspasa una superficie en una unidad de tiempo, el agua que pasa por un riachuelo o río, por una tubería, por una sección normal de una corriente de agua, la que produce un pozo o una mina que entra o sale de una planta de tratamiento, medida en una unidad de tiempo se conoce como caudal (Lozano & Sánchez, 2017).

D. TIPOS DE CAUDALES.

Dependiendo del tipo de obra se emplean diferentes tipos de caudales con un determinado tiempo de recurrencia o período de retorno:

1. Caudal ecológico

El caudal ecológico es una técnica mediante la que se persigue el mantenimiento de una corriente circulante mínima en los ríos y, por ello, también se denomina caudal

mínimo de mantenimiento porque, como explica, el caudal ecológico en sentido estricto equivaldría al natural o aquel cuya conservación sería incompatible, con cualquier aprovechamiento artificial (Embid, s.f).

El caudal ecológico que en su momento fueron considerados sinónimos, tales como: caudales mínimos, básicos, aconsejables, óptimos, de sequía, fluvio-ecológicos, entre otros (Flachier, 2016). De una cuenca se lo utiliza generalmente como referencia para determinar el caudal ecológico, por lo que se recomienda considerarlo, se relaciona directamente con el volumen de agua disponible, incluyendo las variaciones extremas (Sandoval, 2014).

2. Caudal ambiental

Se establece cuánto del régimen hidrológico natural de un río debería seguir fluyendo aguas abajo y hacia la planicie de inundación para mantener los valores característicos del ecosistema (Viveka *et al*, 2014).

El caudal ambiental surgió por la necesidad de establecer límites de extracción de agua en ríos con el fin de que mantuvieran la capacidad de dilución y evitaran niveles de contaminación inadmisibles. Posteriormente se consideró la cantidad de agua que debía permanecer en los ríos para mantener poblaciones de peces de interés comercial (Viveka *et al*, 2014).

E. MEDICIÓN DEL CAUDAL.

En el caso de los medidores de caudal volumétrico son aquellos que hacen posible estimar el caudal de volumen de un fluido ya sea de forma directa por medio de (medidores de desplazamiento positivo) o de forma indirecta por medio de (medidores de presión diferencial, velocidad, etc.) (Lozano & Sánchez, 2017).

F. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL CAUDAL

1. Método Aforo volumétrico

Este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un balde de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demora en

llenarse. Esta operación puede repetirse 2 o 3 veces y se promedia con el fin de asegurar una mayor exactitud, aplicando la siguiente fórmula (Bello & Pino, 2000).

$$Q = \frac{v}{t}$$

Dónde:

Q: caudal (m^3/s)

v: volumen (m^3)

t: tiempo (s)

2. Método del Vertedero Triangular

El vertedero triangular es también conocido como vertedero de Thomson, es preferido cuando las descargas son pequeñas porque la sección transversal de la lámina vertiente muestra de manera notoria la variación en altura (Almeida, 2009).

Los vertederos triangulares permiten obtener medidas más precisas de las alturas de carga (H) correspondientes a caudales reducidos., Los vertederos son por así decirlo orificios sin el borde superior y ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

- Se logra con ellos precisión en los aforos
- La construcción de la estructura es sencilla
- No son obstruidos por materiales que flotan en el agua
- La duración del dispositivo es relativamente larga (Lux, 2010).

G. IMPORTANCIA DE LA MEDICION DE LOS CAUDALES

La función principal de la hidrometría es proveer de datos oportunos y veraces que, una vez procesados, proporcionen información adecuada para lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo del agua en un sistema hidráulico. A su vez, el uso de una información ordenada nos permite:

1. Dotar de información para el ajuste del pronóstico de la disponibilidad de agua. Mediante el análisis estadístico de los registros históricos de caudales de la fuente (río, aguas subterráneas, etc.), nos es posible conocer los volúmenes probables de agua que podemos disponer durante los meses de duración de la campaña agrícola. Esta información resulta de suma importancia para la

elaboración del balance hídrico, la planificación de siembras y el plan de distribución del agua de riego (Franquet, 2009).

2. Monitorear la ejecución de la distribución., la hidrometría proporciona los resultados que nos permiten conocer la cantidad, calidad y la oportunidad de los riegos, estableciendo si los caudales previstos en el plan de distribución son los realmente entregados y, sobre esta base, decidir la modificación del plan de distribución, en el caso de que así sea necesario (Franquet, 2009).
3. Además de las utilidades anteriormente expresadas, la hidrometría nos sirve para determinar la eficiencia en el sistema de riego y, eventualmente, como información de apoyo para la solución de los conflictos que puedan presentarse entre las partes implicadas (Franquet, 2009).

H. CANTIDAD DE AGUA PARA LA POBLACIÓN

El suministro de agua es una necesidad esencial para todas las personas. La determinación de la cantidad necesaria es uno de los primeros pasos para proveer el suministro. La provisión de suficiente agua para satisfacer las necesidades de todos puede ser difícil de lograr a corto plazo, y, por esta razón, el agua se puede poner a disposición en etapas. La revisión continua, que incluye hablar con diversos usuarios del suministro (en especial con las mujeres), permite enfocar los recursos limitados efectivamente. El suministro de agua nunca es gratuito, ya que se necesita recolectarla, almacenarla, tratarla y distribuirla. El suministrarla en exceso es un desperdicio de dinero. El uso de demasiada agua de un recurso limitado puede privar de agua a personas de otros lugares y tener un impacto negativo en el ambiente y en la salud (OFDA, 1998).

1. Parámetros para la distribución del caudal

1.1 Número de individuos

Es posible que el establecer la población que se debe suplir de agua no sea fácil después de una emergencia, pero si se consulta con los administradores, los centros de alimentación y los líderes de la comunidad, y se hacen observaciones directas (como el

número promedio de personas por cada refugio y, luego, se cuentan los refugios), se pueden obtener varias estimaciones de la población con esa necesidad. No se base en una sola cifra, compare las evaluaciones independientes. Las personas desplazadas van de un lado a otro, por lo que los cálculos de la población cambian. Incluya las poblaciones locales y, también, las personas desplazadas. (OFDA, 1998)

1.2 Cantidad de agua utiliza por cada individuo.

Las personas usan el agua para una amplia gama de actividades. Algunas de ellas son más importantes que otras, por ejemplo, tener unos pocos litros diarios de agua para beber es más importante que lavar ropa, pero las personas deben lavarla si se quieren prevenir enfermedades de la piel y cumplir con las necesidades fisiológicas. Cada uso adicional conlleva beneficios para la salud y de otro tipo, pero son menos urgentes. Esto se mide usualmente en litros por persona (per cápita) por día (OFDA, 1998).

1.3 Jerarquía de las necesidades de agua.

No siempre se pueden predecir las necesidades de las personas; por ejemplo, la necesidad de lavar las toallas sanitarias o de lavarse las manos y los pies antes de la oración, pueden ser percibidos como más importantes que otros usos. Hable con las personas para confirmar sus prioridades. Distintas poblaciones pueden tener también necesidades específicas, como el uso del agua para la limpieza anal. Los sexos también tienen diferentes prioridades, pues las mujeres se preocupan de las necesidades del hogar en el tope de la jerarquía, mientras que los hombres quizá se preocupen más por los animales de granja; las niñas requieren agua para lavarse durante la menstruación y los niños la quieren para nadar. El desperdicio, el derramamiento y los escapes también deben tomarse en cuenta. El clima caliente o con viento puede incrementar las necesidades individuales de las personas (OFDA, 1998).



Fig. 1 Jerarquía de las necesidades de agua

Para establecer la cantidad que necesita cada individuo, se han establecido cantidades estándar. Éstas se han subdividido en categorías, para mejorar la precisión del cálculo. Por ejemplo, no toda el agua se necesita en la casa. Puede ser preferible proveer por separado los suministros de agua para bañarse, para lavar la ropa o para los animales, así como también para los hospitales, los centros de alimentación y las escuelas. Se necesita agua cerca de las letrinas para lavarse las manos. No toda el agua tiene que provenir de la misma fuente; se puede proveer a las personas con agua embotellada para beber y que usen una corriente de agua para lavar la ropa. A medida que aumenta la demanda de agua, generalmente, se puede reducir la calidad que se requiere para cada uso. El agua para lavar el piso no tiene por qué tener la calidad de la de beber y la de regar los sembradíos de subsistencia puede tener una calidad aún menor. Antes de que se pueda establecer la cantidad de agua, se deben tomar ciertas decisiones (Bob, 2000).

Los parámetros para la distribución de caudal son las siguientes:

Estándar:

Todas las personas tienen acceso seguro a una cantidad suficiente de agua para beber, cocinar y para la higiene personal y doméstica. Los puntos públicos de agua están lo suficientemente cerca a los refugios para permitir el uso de las necesidades mínimas de agua.

Indicadores clave

Se deben recolectar diariamente, por lo menos, 15 litros por persona.

- El flujo de cada punto de recolección de agua es, al menos, de 0,125 litros por segundo.
- Existe, al menos, 1 punto de agua para cada 250 personas.
- La distancia máxima de cualquier refugio al punto de agua más cercano es de 500 metros (Bob, 2000).

Guías Individuos:

- Cuota mínima de “supervivencia”: 7 litros diarios por persona (sostenible sólo por unos pocos días)
- Para beber: 3 a 4 litros diarios por persona
- Para preparación de comida, limpieza: 2 a 3 litros diarios por persona

Individuos:

- Cuota a mediano plazo: 15 a 20 litros diarios por persona (sostenible por unos pocos meses)
- Para beber: 3 a 4 litros diarios por persona
- Para preparación de comida, limpieza: 2 a 3 litros diarios por persona
- Para higiene personal: 6 a 7 litros diarios por persona
- Para lavado de ropa: 4 a 6 litros diarios por persona (Bob, 2000).

Otras necesidades

- Centros de salud: 5 litros por paciente ambulatorio; 40 a 60 litros por paciente hospitalizado
- Hospital (con instalaciones para lavado de ropa): 220 a 300 litros por cama
- Escuelas: 2 litros por estudiante; (10 a 15 litros por estudiante si los inodoros son de descarga de agua)
- Centros de alimentación: 20 a 30 litros por paciente
- Administración del campo: (sin incluir las acomodaciones del personal) 5 litros diarios por persona
- Mezquitas: 5 litros por visitante

- Saneamiento ambiental (lavado de manos, limpieza de las letrinas, etc.): depende de la tecnología. Ganado y agricultura
- Reses, caballos, mulas: 20 a 30 litros por cabeza
- Cabras, ovejas, cerdos: 10 a 20 litros por cabeza
- Pollos: 10 a 20 litros por cada 100
- Jardines vegetales: 3 a 6 litros por metro cuadrado Los valores reales dependen de muchas variables (como las prácticas culturales y el clima) que deben ser evaluadas por especialistas (Bob, 2000).

2. Distribución del caudal desde el punto de agua hasta el hogar

Aunque se suministre suficiente agua, puede haber otros límites para su uso, como el tiempo que gastan las personas para ir por ella y esperar en fila para obtenerla. Si las personas se demoran más de 30 minutos recogiendo el agua, la cantidad que recogen se reduce. La cantidad de instalaciones para el almacenamiento también es importante. El contar con instalaciones de lavado cercanas al punto de agua reduce la necesidad de transportar el agua (Bob, 2000).

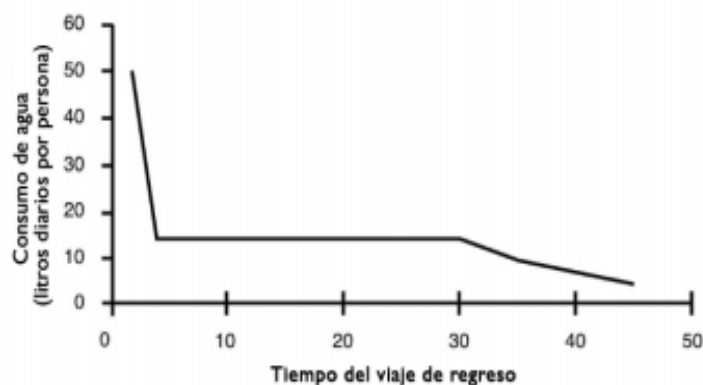


Fig. 2 Relación típica entre el tiempo de desplazamiento para la recolección del agua y el consumo doméstico

I. MANEJO DE LAS DEMANDAS HIDRICAS

Es posible reducir algunas demandas de agua por medio de alternativas. La descarga de los inodoros (agua destinada para el saneamiento ambiental) requiere un volumen considerable de agua (hasta 70 litros por persona por día). Las letrinas o los inodoros de vertimiento para su descarga deben ser la primera opción posible. Algunas

necesidades de agua se pueden satisfacer al usar agua de una calidad inferior (sin tratar) o al reciclarla. El fomento de los sembrados resistentes a la sequía o el mantenimiento de animales de granja que puedan sobrevivir con menos agua, puede disminuir la demanda, así como también lo pueden hacer sustentos alternativos que necesiten menos agua (Bob, 2000).

J. CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIANA DEL AGUA

1. Parámetros de calidad física del agua

Los parámetros físicos permiten determinar cualitativamente el estado y el tipo de agua:

a. Temperatura (T°)

Es un parámetro físico que se lo determina por termometría “in situ”, de este análisis depende los cambios que ocurren en la medición del pH y la conductividad debido a que el agua absorbe oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera puede acelerar o retardar las actividades biológicas, ocurren reacciones química y bioquímicas dependiendo de la temperatura que se encuentre el agua (Tenelema, 2017).

b. Potencial Hidrogeno (pH)

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad e indica la concentración del ion hidronio en una solución. El término pH expresa la intensidad de un ácido, dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración. El agua es un electrolito débil, en consecuencia, sólo una pequeña fracción de ésta se disocia en los iones que componen la molécula: H_3O^+ (ion ácido) y OH^- (ion básico) (Cole, 1983).

Si el pH es menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino, al mismo tiempo. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua, es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Mejía, 2005)

c. Color (COL)

La presencia de color puede ser un indicador de calidad o deficiencia del ambiente acuático. Las algas provocan al agua un color verdoso por el contenido de clorofila, mientras que la presencia de formas solubles de hierro y manganeso le da un tono entre amarillo y pardo, los desechos de cromato le dan color amarillento (Moreta, 2008).

d. Conductividad Eléctrica (CE)

Mide la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Esto se debe a la cantidad de iones disueltos que existen y va a depender de la concentración absoluta y relativa, movilidad y su valencia, viscosidad de la solución y a que temperatura se encuentre estas sustancias. Este parámetro se lo utiliza para obtener un valor estimado de sólidos disueltos que se encuentran en la muestra de agua (Tenelema, 2017).

e. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Es un parámetro que se lo puede medir “in situ”, el mismo que va estar condicionado por la temperatura que se encuentra el medio acuoso, también evalúa el contenido de materia suspendida y disuelta y mide el total de los residuos sólidos filtrables presente en el agua. Los resultados fuera del rango de aceptabilidad afectan a los efluentes en cualquier forma y la calidad de esta, provocando daños fisiológicos en el organismo del consumidor y una baja palatabilidad (Tenelema, 2017).

f. Turbidez (TURB)

La turbidez es aquella que mide la cantidad de materia en suspensión que interfiera con el paso de un haz de luz a través del agua., Es producida por materias suspendidas como arcilla o materia orgánica e inorgánica finamente divididas, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros microorganismos (Carmona, 2012).

2. Parámetros de calidad química del agua.

La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua:

a. Dureza.

Se refiere al contenido total de iones alcalinotérreos que hay en el agua, principalmente Ca y Mg. La dureza, por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonatos de calcio (CaCO) por litro. Es decir, si la concentración total de Ca y Mg es 1 mm, se dice que la dureza es 100 mg/l de CaCO (Tenelema, 2017).

b. Nitratos

Nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas y está presente en todos los vegetales y granos, por ésta razón, el uso predominante de nitrato en la industria es como fertilizante el Nitrato son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno., Sin embargo, el nitrato es altamente soluble y es transportado fácilmente cuando fuentes contaminantes entran en contacto con el agua (Sigler, & Bauder, s.f).

c. Nitritos

Es un compuesto poco estable químicamente y su presencia es un indicativo de contaminación fecal reciente., la concentración de nitritos se utiliza como indicador de contaminación bacteriana pues algunas bacterias son responsables de la transformación de nitratos a nitritos, los valores entre el 0.1 y 0.9 mg/L, indica que existe toxicidad dependiendo del pH, los valores por encima de 1.0 mg/L indica que son tóxicos, esto impide el desarrollo del ecosistema fluvial y la vida piscícola; esto se debe a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas (Tenelema, 2017).

d. Plomo

El plomo es un metal pesado que no cumple ningún papel en la fisiología humana, es decir, su nivel plasmático ideal debería ser cero, pero en la actualidad no hay persona en la que no se detecte niveles de plomo. Este metal puede depositarse en el suelo y la vegetación, cercanas a las carreteras, a causa de las emisiones producidas por la combustión de gasolina con plomo en los automóviles constituyéndose una de las fuentes principales de contaminación (Castro, 2017).

Desde el año 1999, se vislumbra en la Constitución un interés en los temas ambientales, que se va plasmando en la Ley de Gestión Ambiental, hoy TULSMA

(Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) del Ecuador, los mismos autores explican que dichos valores altos, por encima de los límites máximos permitidos del plomo en el agua para consumo doméstico es de 0.05 mg/L, siempre y cuando que se realicen un tratamiento convencional (Regalado, 2012).

e. Cromo

Es un elemento químico ampliamente usado en actividades industriales como el curtido de pieles, cromado electrolítico, y la elaboración de pigmentos y colorantes, entre otros. Debido a este uso intensivo, el equilibrio del cromo en la naturaleza se ha roto por la alteración de su ciclo geoquímico, convirtiéndolo en un contaminante del ambiente (Coreño, *et al.* 2010).

f. Cadmio

La presencia del cadmio en el medio ambiente se debe a actividades volcánicas, incendios forestales y a la erosión de las rocas, sin embargo, estudios anteriores sugieren que, el cadmio proviene principalmente de fuentes antropogénicas como:

- Emisiones al aire de incineradoras, quema de combustibles fósiles, fundiciones metálicas y de industrias relacionadas con manufactura de aleaciones, baterías y estabilización de plásticos.
- Combustión de carburantes fósiles.
- Utilización de fertilizantes y pesticidas que contengan cadmio en la agricultura (Castro, 2017).

El cadmio posee una dispersión ambiental muy elevada dentro de los metales pesados ya que tiene una relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos, que lo convierten en un contaminante cosmopolita, llegando a causar un importante impacto ambiental., Así mismo especifica que el cadmio posee las características más temidas de un tóxico tales como:

- a) Efectos adversos para el hombre y el medioambiente.
- b) Bioacumulación
- c) Persistencia en el medio ambiente.

d) Viaja grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

Sin embargo, no hay evidencia de que el cadmio (Cd) sea biológicamente esencial o benéfico, atribuyéndosele efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos. Tanto, que se lo ha llegado a considerar un tóxico para toda forma de vida debido a que puede desplazar al zinc de algunos de sus sitios activos y competir con el calcio en ciertos sistemas biológicos (Castro, 2017).

g. Cobre

El Cobre es un metal de alto interés en la calidad del agua de consumo porque tiene un doble carácter: es un metal esencial para el ser humano y puede producir efectos perjudiciales en la salud tanto por deficiencia como por exceso. Entre los procesos que pueden influenciar el destino del Cobre en el sistema acuático están: formación de complejos con ligandos inorgánicos y orgánicos; porción en óxidos metálicos, arcillas y material orgánico particulado; bioacumulación e interacción entre sedimento y agua (Sancha, s.f).

3. Parámetros de calidad microbiológica del agua

El agua destinada al consumo humano debe estar libre de patógenos, la mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos:

a. Coliformes totales

Son bacterias pertenecientes al grupo de bacilos Gram-negativas aerobios o anaerobios facultativos no esporulados, fermentan lactosa con producción de gas y se localizan en el medio ambiente en suelo y plantas sin causar daño alguno, está conformado por los géneros de bacterias tales como: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*., La presencia de coliformes totales indica que ha ocurrido una contaminación sin identificar su origen, pueden haber una falla en el tratamiento, distribución o en las propias fuentes domiciliarias; son indicativos para aumentar la vigilancia en la red de distribución y mejorar los mecanismos de calidad (Tenelema, 2017).

b. Coliformes fecales

Son microorganismos termotolerantes por su capacidad de resistir elevadas temperaturas, son bacilos Gram (-) negativos capaces de fermentar lactosa con producción de ácido y gas. Se encuentran comúnmente en el intestino de los animales y del ser humano siendo la *Escherichia. coli* su mayor representante., Los coliformes fecales son indicadores de calidad debido a su origen fecal y su presencia indica que el agua ha sido contaminada por material fecal de origen humano o animal ya que las heces contienen dichos microorganismos; la capacidad de reproducción fuera del intestino de los animales homeotérmicos se ve favorecida si las condiciones de pH, humedad, materia orgánica y temperatura son adecuadas para su desarrollo (Tenelema, 2017).

K. CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA

La calidad del agua está definida por indicadores bióticos, es cada vez más aceptada a nivel mundial como metodología de monitoreo de los cuerpos de agua. Los medios estudiados tienen fuertes alteraciones por la presencia de ganado, asentamientos humanos, carreteras y captaciones. La presencia o ausencia de los diferentes invertebrados es parte de la susceptibilidad de estas especies a intervenciones de este tipo Gamboa, *et al.* 2008).

1. Macroinvertebrados Acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500 µm. Se consideran dentro de este grupo las esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos como los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua (Déley, & Santillán, 2016).

Los macroinvertebrados desarrollan su ciclo de vida parcial o totalmente en el agua y son suficientemente grandes como para ser retenidos por redes de luz. La mayoría corresponde al grupo de artrópodos y dentro de estos, en un gran porcentaje, los insectos en formas larvales se distribuyen en aguas dulces en su totalidad. El desarrollo larvario de los insectos acuáticos es muy variable pueden ser de días, meses o años (Patiño, 2015).

Los macroinvertebrados se clasifican dependiendo su hábitat dentro del ecosistema acuático:

- **Bentónicos:** Son los organismos que viven en el fondo del ecosistema, la mayoría de ellos son macroinvertebrados.
- **Nectónicos:** Organismos que pueden nadar, logrando trasladarse a grandes distancias, un ejemplo: los peces.
- **Neustónicos:** Organismo que pueden caminar sobre la capa superficial del agua como insectos y microorganismos (Patiño, 2015).

2. Ciclo de vida de los macroinvertebrados.

La mayoría de los macroinvertebrados tienen un ciclo de vida simple, salen del huevo se desarrollan y una vez que se convierten en adultos se reproducen sexualmente repitiendo el ciclo. Sin embargo, algunos invertebrados se pueden también reproducir por fisión binaria (planarias) además de la existencia de hermafroditismo en algunos grupos (gasterópodos y sanguijuelas) (Gamboa *et al.*, 2008).

3. Importancia de la calidad biológica del agua.

Muchos estudios realizados en ecosistemas acuáticos recalcan la importancia de los macroinvertebrados en éstos ecosistemas por ser el componente de la biomasa animal más representativa, por el intercambio de energía con todos los niveles de las redes tróficas acuáticas debido a que consumen la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, sirven de alimento y reciclan materiales presentes en las aguas., La calidad de agua en su estado natural es el resultado de una constante y compleja interacción de diversos elementos entre ellos la temperatura del ambiente, la temperatura del agua, precipitación, la radiación solar la vegetación, el sustrato, la composición, uso del suelo, la vegetación acuática, microorganismos y organismos. (Déley & Santillán, 2016).

4. Microhábitat

Se denominan microhábitat a una pequeña área la cual posee características específicas para el desarrollo de organismos, estas pueden ser humedad, sombra, luz y pueden presentarse otras con relación al relieve. Cada especie ocupa un microhábitat distinto o puede utilizar varios, esto puede ocurrir debido a su ciclo de vida, la época del año (Toledo, 2015).

5. **Bioindicadores**

Es un organismo vivo cuyos rasgos se desarrollan de acuerdo con el medio donde viven, las mismas que pueden variar en relación con las alteraciones ambientales (Álvarez, 2014). Los bioindicadores pueden dar información acerca de las perturbaciones ambientales ya que son sensibles a éstas y responden a estos estímulos, su capacidad de respuesta depende de la etapa de vida ya que los organismos más jóvenes son más sensibles mientras que los adultos presentan mayor resistencia, la constitución genética también es importante ya que algunos organismos pueden o no adaptarse al medio cambiante y responder más rápidamente o más lentamente a los estímulos en comparación con otros (Déley & Santillán, 2016).

6. **Índices Biológicos.**

Los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica del agua. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes. Habitualmente consisten en la combinación de dos o tres propiedades de la asociación: la riqueza de taxa y la tolerancia o intolerancia a la contaminación para los índices cualitativos, y estos junto a la abundancia (absoluta o relativa) para los índices cuantitativos (Camaerts *et al.*, 2008).

a. **Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP) Grupo de trabajo de monitoreo biológico.**

El índice BMWP (Grupo de trabajo de monitoreo biológico), establecido en Inglaterra en 1970, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores; sólo requiere llegar hasta el nivel de familia los datos son cualitativos (ausencia o presencia) (Roldán, 2003).

Las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o la tolerancia de diferentes grupos o familias a la contaminación orgánica, en un rango de 1 a 10, para el espécimen indicador de aguas no contaminadas, hasta 1 para el puntaje más bajo indicador de agua de mala calidad. La sumatoria de estos puntajes se utiliza para estimar los valores de calidad de agua en el caso de ambos índices.

Tabla 1. Lista de taxones y sus puntajes para cada uno de los índices.






Orden	Familia	ABI	BMWP/Col
Hydroida	Hydridae	10	10
Tricladia	Planariidae	5	7
Haplotaxida	Haplotaxidae	3	1
Glossiphoniiformes		1	3
Glossiphoniidae		3	4
Gastropoda	Lymnaeidae	3	5
Planorbiidae		3	4
Veneroidea	Sphaeriidae	6	7
Amphipoda	Hyalellidae	4	7
Ephemeroptera	Baetidae	7	7
Leptohyphidae		10	9
Plecoptera		10	10
Grypoperygidae		7	7
Neumoridae		10	10
Perlidae		6	6
Megaloptera	Corydalidae	5	6
Coleoptera	Elmidae	5	10
Psephenidae		5	10
Ptilodactylidae		5	7
Scirtidae		7	4
Curculionidae		3	6
Staphylinidae		10	10
Trichoptera		10	10
Anomalopsyshidae		7	7
Calamoceratidae		10	7
Ecnomidae		10	8
Glossosomatidae		8	9
Helicopsychidae		5	7
Hydrobiosidae		6	7
Hydropsychidae		8	8
Hydroptilidae		7	7
Leptoceridae		10	10
Limnephilidae		4	5
Odontoceridae			
Lepidoptera			
Pyralidae			
Diptera		10	10
Blephariceridae		4	3
Ceratopogonidae		2	2
Chironomidae		2	4
Culicidae		4	4
Dolichopodidae		4	4
Empididae		2	2
Muscidae		3	7
Psychodidae		5	8
Simuliidae		4	5
Tabanidae		4	3

Tipulidae	4	4
Limoniidae	8	8
Leptoceridae	7	7
Limnephilidae	10	10
Odontoceridae		
Lepidoptera	4	5
Pyralidae		
Diptera	10	10
Blephariceridae	4	3
Ceratopogonidae	2	2
Chironomidae	2	2
Culicidae	4	4
Dolichopodidae	4	4
Empididae	2	2
Muscidae	3	7
Psychodidae	5	8
Simuliidae	4	5
Tabanidae	4	3
Tipulidae	4	4
Limoniidae		

Fuente: (Rosero & Fossati, 2009)

Las familias más sensibles corresponden a las especies de las familias: Perlidae (Plecoptera) y Oligoneuriidae (Ephemeroptera) presentan un puntaje de (10) en el índice, en cambio las más tolerantes a la contaminación por ejemplo Tubificidae (Oligochaeta), tienen una puntuación de (1) en base a las éstas valoraciones se establecen diferentes rangos que determinan diferentes categorías de la calidad del agua donde habitan estos organismos (Cordero, 2015) como se muestra en la (Tabla 2)

Tabla 2. Rangos que determinan las clases de calidad de agua establecidos para el *Índice Biological Monitoring Water Party* (BMWP) y su respectiva representación e interpretación relacionada con colores.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor de ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	>9-10 >8-9	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	>6,5-8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	>4,5-6,5	Aguas moradamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	>3-4,5	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	

Fuente: (Modificado de Roldán, 2003)






b. Índice Andean Biological Index (ABI), Índice Biológico Andino

Es un índice biológico cuyo objetivo es evaluar la calidad del agua de los ríos de las zonas andinas. Se utiliza en ríos Andinos ubicados a una altitud mayor a 2000 m.s.n.m, este índice es de tipo cualitativo ya que evalúa la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados, el método de evaluación de este índice es sencillo y de poca inversión económica., Además, tiene la ventaja que la evaluación se realiza en un corto tiempo (Encalada *et al*, 2011).

La determinación de los puntajes de la validación para este índice se hace utilizando una escala donde el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles a la contaminación., En este caso se parte de una lista de taxa que tienen la distribución por encima de los 2000 m.s.n.m. y después de una exhaustiva revisión de los valores de tolerancia/intolerancia para cada familia, a partir de cruzar los datos de distribución de las familias con los datos de contaminación del medio (Encalada *et al*, 2011).

La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio (Acosta *et al*. 2009). La (Tabla 3) resume las categorías de la valoración de los puntajes en el ABI.

Tabla 3. Valores de referencia para la interpretación de la calidad de agua. Clases de Estado Ecológico según Índice Andean Biological Index (ABI) en Ecuador.

Calidad de agua	Puntuación	Color
Muy bueno	>96	
Bueno	59-96	
Regular	35-58	
Malo	14-34	
Pésimo	<14	

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009)

c. Utilidad de bioindicadores biológicos

La utilización de dichos indicadores biológicos o bioindicadores se basa en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a una perturbación determinada., Dichos indicadores gozan de un creciente interés y utilización debido a que son capaces de integrar los cambios que ha sufrido el ecosistema a lo largo de la vida. Asimismo, los indicadores biológicos son capaces de informar de perturbaciones más allá de la propia contaminación del agua como puede ser la alteración física del cauce y de la ribera (Déley, & Santillán, 2016).

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización.

La presente investigación se realizó en los páramos ubicados en la comunidad El Calvario del Cantón Tisaleo - Provincia Tungurahua

a. Ubicación geográfica

Zona: 17 sur

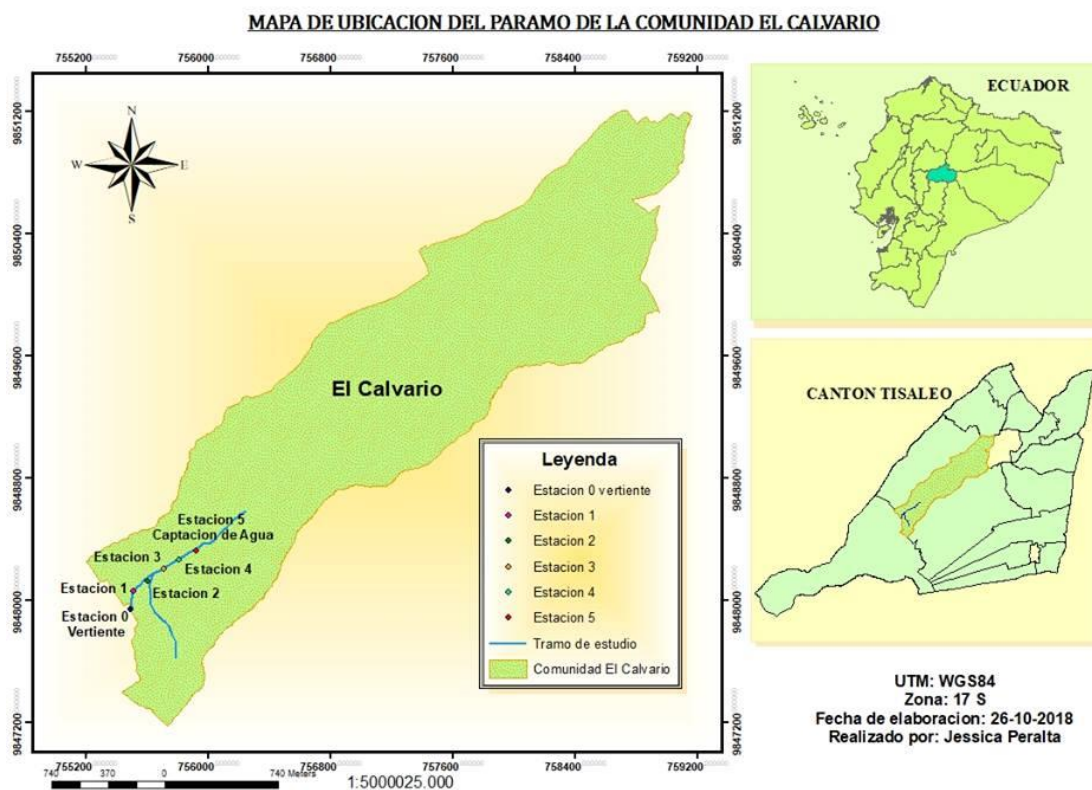
Datum: WGS 84

Latitud (X): 755534

Longitud (Y) 9846995

Altitud: 3743 m.s.n.m.

Mapa de ubicación geográfica de la investigación



Elaborado por: (Peralta, J. 2018)

Grafico 1. Mapa de ubicación del área de estudio en el cantón Tisaleo- comunidad El Calvario

2. Condiciones climatológicas

Temperatura media anual: 10°C

Precipitación media anual: 450 mm

Humedad relativa media anual: 76 %.

3. Clasificación ecológica

Según el (MAE 2017), el área de estudio está ubicada en la zona de vida del Bosque siempre verde montano alto (parte alta) y Estepa espinosa montano bajo (parte baja).

1. Materiales de campo

Cinta Métrica, estacas, libreta documental, bandeja blanca, papel, cedazo, pinzas, frascos de 200 ml, vertedero triangular 90⁰, tubo PVC, pala, balde de 20 L, etiquetas, red de mano, etiquetas.

2. Equipos

GPS, cámara fotográfica, lámpara, estereoscopio, computadora, cronómetro, programas: (Software ArcGis 10, Microsoft Excel, Microsoft Word).

3. Aditivos químicos y materiales de laboratorio

Alcohol 75%, tiras reactivas pH, claves de Identificación, tubos de Ensayo

C. METODOLOGÍA

1. Para el cumplimiento del primer objetivo: Establecer la variación de los caudales en diferentes meses.

a. Se reconoció el área total de la zona con ayuda del presidente de la comunidad y con personas aledañas a la zona.

b. La selección de los sitios de muestreo se hicieron en base a los servicios ambientales y el interés de la comunidad donde se observó el estado de los caudales y la calidad del agua de la zona (ver anexo 3).

c. Con la ayuda de un GPS se georreferenció el área de estudio, esta actividad permitió identificar los diversos impactos de actividades humanas. Las estaciones de monitoreo fue situada cada 200 metros y a diferentes alturas, en dirección a la corriente originando una vertiente principal, lo cual permitió seleccionar los puntos de muestreo.

d. Para la medición de los caudales se aplicó dos métodos de aforo: **Aforo volumétrico y Vertedero Triangular:**

e. El método de aforo volumétrico se aplicó en la vertiente denominada (Estación 0) la misma que consistía en elaborar una represa utilizando un tubo PVC de 1m de largo con un diámetro de 50mm, consiguiendo que el agua fluya con la finalidad de captar el agua en un balde para medir el tiempo en que se tardó en llenar, dicho procedimiento se repitió 3 veces cada mes para tener una mayor exactitud del caudal (Anexo 3) y finalmente aplicar la fórmula:

$$Q = \frac{v}{t}$$

f. Para las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5 se aplicó el método del **vertedero Triangular** que tiene una dimensión 45 cm y un ángulo de 90°, es importante instalar el vertedero con firmeza en forma transversal a la sección del canal para formar el pozo de amortiguación, además con un 1 m de distancia se colocó la estaca y finalmente con la ayuda de un flexómetro se tomó el nivel de agua alcanzado.

g. De igual manera que en el método anterior con los datos obtenidos en los cuatro meses de muestreo se realizó la aplicación de la fórmula matemática que plantea este método; con los resultados parciales por mes se calculó el promedio final para obtener la cantidad del caudal de estas estaciones.

h. Para determinar el caudal total de esta afluente se tabulo todos los datos promedios obtenidos en las 6 estaciones durante 4 meses de evaluación (cuadro 1).

Cuadro.1 Datos de campo durante la fase de estudio.

Estación	Caudal parcial por mes				Caudal promedio por estación (L/seg)	Caudal total (L/seg)	Pendiente por tramo (%)	Zona
	Enero	Febrero	Marzo	Abril				
Estación 0								
Estación 1								
Estación 2								
Estación 3								
Estación 4								
Estación 5								
Promedio mensual del caudal								

Elaborado por: (Peralta, J. 2018)

$$Q/\text{parcial/mes} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_n) / n$$

Dónde:

Q= caudal

n= número de mediciones de tiempo

$$Q/\text{estación} = (Q \text{ enero} + Q \text{ febrero} + Q \text{ marzo} + Q \text{ abril} + \dots + Q_n) / n$$

Dónde:

Q= caudal

n= número de meses

$$Q/\text{total} = (Q \text{ estación 0} + Q \text{ estación 1} + Q \text{ estación 2} + Q \text{ estación 3} + \dots + Q_n) / n$$

Dónde:

Q= caudal

n= número de estaciones

2. Para el cumplimiento del segundo objetivo: Análisis de la calidad Físicoquímica y microbiológica del agua captada por la comunidad.

a. Se consideró tres zonas diferentes para la recolección de muestras de agua a lo largo del riachuelo, esta división estuvo estructurada en: Zona Alta (3868 msnm), Zona Media (3808 msnm), Zona Baja (3769 msnm).

b. Se analizó factores como flora, fauna, actividades antrópicas relacionados a la calidad del agua, para lo cual fue necesario realizar un diagnóstico de cada estación con la finalidad de determinar el estado de cada zona en estudio:

Estación 0: Situada en la zona alta, su ubicación coincide con la vertiente o fuente principal del caudal, en la flora se encontraron especies como almohadillas, pajonal, *Acaena elogongata*, *Lacchemilla nivalis* Kunth, *Gunnera magellanica* Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Diplostephium antisanense* Blake, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp. En la fauna se observó conejos de paramo, lobos, gorriones, búhos, ganado vacuno.

Actividades: Se observó pastoreos con animales de tipo vacuno, reforestación en los bordes de la rivera del afluente con especies nativas como *Polylepis* y *Quishuar*, no obstante, se observó que alrededor de la vertiente hay especies endémicas como *Pinus radiata* (40 individuos) y fenotípicamente con buen desarrollo; se realizan actividades de casería y turismo, con lo que se apreció desechos orgánicos e inorgánicos.

Estación 1: situada en la zona alta, la flora de esta estación estuvo estructurada por almohadillas, pajonal, *Eryngium humile* Cav. *Blechnum loxense*, *Diplostephium ericoides* (Lam.) Cabrera, *Hypericum lancioides* Cuatrec, *Rumex acetosella* L, *Monnina Crassifolia* HBK, *Plantago lanceolata* L, *Acaena elogongata*, *Lacchemilla nivalis* Kunth, *Gunnera magellanica* Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Diplostephium antisanense* Blake, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp.

En cuanto a la fauna se observó conejos de paramo, lobos, gorriones, búhos, especies animales de tipo vacuno y caballar.

Actividades: Entre las principales actividades realizadas se determinó, la ganadería, agricultura, turismo cerca de la rivera, cacería, cabe recalcar que se apreció derrumbes cerca de la rivera.

Estación 2: situada en la zona media, la flora de la zona está conformada por almohadillas, pajonal, *Plantago lanceolata* L, *Acaena elongata*, *Lacchemilla nivalis* Kunth, *Gunnera magellanica* Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp, además se observó quishuar cerca de la rivera. Dentro de la fauna se encontró conejos de paramo, lobos, gorriones, búhos, especies de tipo vacuno y caballar.

Actividades: se observó pastoreos con animales de tipo vacuno y caballar, actividades turísticas como acampar, parrilladas y fogatas, motocross y cacería

Estación 3: situada en la zona media, la flora presente en la estación es *Quishuar* especies como chilca, almohadillas, pajonal, *Plantago lanceolata* L, *Acaena elongata*, *Lycopodium* sp, *Gunnera magellanica* Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Loricaria thuyoides*. *Elaphoglossum mathewsii* (Fee) T. Moore, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp. En cuanto a la fauna presente se observó conejos de paramo, lobos, gorriones, búhos, borregos, llamas, caballos especies vacunos y caballar.

Actividades: entre las principales actividades realizadas se observó turismo, pastoreo de ganado vacuno, motocross, reforestación en los bordes de la rivera del caudal con especies nativas como el Quishuar y *Polylepis*. Cabe recalcar que existen desechos orgánicos e inorgánicos, a causa del motocross se observó derramamientos de aceites y combustibles.

Estación 4: situada en la zona baja, la flora que se observo fue almohadillas, pajonal, *Plantago lanceolata* L, *Lycopodium* sp, *Valeriana microphylla* Kunth, *Gunnera*

magellanica Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Loricaria thuyoides*. *Elaphoglossum mathewsii* (Fee) T. Moore, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp.

En cuanto a la fauna presente se observó conejo de paramo, lobos, gorriones, búhos, llamas, borregos, ganado vacuno y caballar

Actividades: se observó actividades ganaderas, turismo mal manejado, extracción de turba sin planificación, cacería ilegal, además se apreció la presencia de autos, desechos orgánicos e inorgánicos.

Estación 5: situada en la zona baja, la flora de los sitios está integrada por: almohadillas, pajonal, *Plantago lanceolata* L, *Lycopodium* sp, *Monnina Crassifolia* HBK, *Valeriana microphylla* Kunth, *Gunnera magellanica* Lam, *Geranium reptans* R. Knuth, *Geranium multipartitum* Kunth, *Geranium lucidum*, *Elaphoglossum mathewsii* (Fee) T. Moore, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Trifolium repens* L, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias y Constance, *Azorella aretioides* Willd ex DC, *Cyclosporum leptophyllum*, *Cotula* sp. La fauna del lugar se constituye de cuyes, conejos, gallinas, burros, caballos, vacas, conejo silvestre, perros, gatos, cerdos y llamas.

Actividades: se observó prácticas agrícolas a gran escala y con uso de fertilizantes sin asesoría previa, ganadería, para el traslado de los productos agrícolas se utiliza transporte liviano y pesado, es importante resaltar que no hay un manejo adecuado de aguas hervidas, la tubería para la distribución del agua para consumo doméstico es a través de tuberías metálicas sin mantenimiento continuo, un aspecto importante a considerar es la injerencia del agua para consumo humano, lo cual se torna preocupante por el desacierto del estado actual de su salud. También se observó plantaciones de pino, que según los moradores del sitio se la estableció por intento de ganar dinero pero que hasta la actualidad no han tenido resultados ni beneficios positivos.

c. Para el muestreo de agua se tomó en consideración puntos representativos principalmente donde el agua estaba bien densa, evitando rebosaderos de las represas y confluencias de acequias

d. Las muestras de agua fueron almacenadas en botellas de 1 litro y frascos esterilizados; para este proceso las muestras fueron tomadas al inicio de zonas baja hacia las zonas alta, estas muestras permitieron el análisis físico – químico y el microbiológico.

e. Por considerarse agua de consumo doméstico se aplicó el protocolo de muestreo y conservación de muestras *Standard Methods*, luego se trasladó las muestras para el análisis en el *Laboratorio de Servicios analíticos químicos y microbiológicos en aguas y alimentos (SAQMIC-RIOBAMBA)* donde se analizaron los parámetros físicos: color, conductividad, turbiedad y sólidos disueltos. Para el caso del análisis químico: cadmio, cobre, plomo, cromo, nitritos, nitratos, dureza y pH; en el biológico: coliformes totales y coliformes fecales.

f. Con los datos obtenidos en los análisis de laboratorio de las tres zonas, se procedió al análisis y descripción de los mismos, tomando en cuenta los límites permisibles de cada uno de los parámetros analizados con la finalidad de conocer la situación actual del agua de este caudal para la toma de decisiones sobre el uso de este afluente.

3. Para el cumplimiento del tercer objetivo: Evaluación de la calidad del agua en la zona de impacto utilizando Índices de bioindicación.

a. Se realizó dos muestreos de macroinvertebrados en dos periodos diferentes (febrero y abril), se empleó la red tipo “D-net” (ver anexo 8), para lo cual se exploró toda la zona de estudio hasta albergar cada hábitat.

b. Para el muestreo se realizó una remoción del suelo de manera que los organismos quedaran atrapados dentro de la red, la remoción se la hizo por un tiempo de 5 minutos, dicha remoción se la realizó dos veces en cada estación de monitoreo.

c. Las muestras recolectadas fueron almacenadas en frascos de boca ancha con alcohol al 75%, cada muestra fue etiquetada con el punto de monitoreo (estación), la fecha de recolección, provincia, cantón, parroquia, coordenada geográfica y responsable de la investigación.





d. Para la limpieza de macro invertebrados se tamizo cada muestra con un cernedero biológico y agua esterilizada, esto permitió la separación de restos vegetales y sedimentos impregnados en los macro invertebrados; con una pinza metálica se ubicaron los especímenes presentes de cada hábitat en tubos de ensayo con alcohol al 75% debidamente rotulado.


e. La identificación de los macro invertebrados se realizó con un estereoscopio y una cámara fotográfica adaptada al lente de este equipo, para el registro de las familias en base a las imágenes de los macro invertebrados encontrados en las muestras.

f. El nivel taxonómico de identificación por cada individuo se basó en el nivel de familia que es el parámetro fundamental para la aplicación de los índices de bioindicación. (Ver anexo 8).

g. Luego de la identificación se procedió a la obtención de puntajes para determinar el grado de contaminación, clase de agua y calidad de la misma, para esto se realizó la contabilización de los macroinvertebrados benéficos y perjudiciales de los dos muestreos realizados (Anexo 19, 20, 21, 22, 23, 24) y según lo obtenido asignar la calidad del agua en base a los rangos establecidos por el índice **BMWP**. Para el caso del índice **ABI** se realizó similar proceso al anterior para establecer el grado de contaminación y calidad. La valoración de los índices BMWP y ABI consistió de los siguientes parámetros:






Tabla 2. Rangos que determinan las clases de calidad de agua establecidos para el *Índice Biological Monitoring Water Party* (BMWP) y su respectiva representación e interpretación relacionada con colores.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor de ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	>9-10 >8-9	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	>6,5-8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	>4,5-6,5	Aguas moradamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	>3-4,5	Aguas muy contaminadas	

V	Muy crítica	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	
---	-------------	-----	-----	--	---

Fuente: (Modificado de Roldán, 2003)

Tabla 3. Valores de referencia para la interpretación de la calidad de agua. Clases de Estado Ecológico según Índice Andean Biological Index (ABI) en Ecuador.

Calidad de agua	Puntuación	Color
Muy bueno	>96	
Bueno	59-96	
Regular	35-58	
Malo	14-34	
Pésimo	<14	

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Monitoreo de la variación del caudal en función del tiempo.

a. Análisis de datos promedios mensuales por estación y caudal total

Tabla 4. Datos promedios de la variación del caudal por mes y caudal total

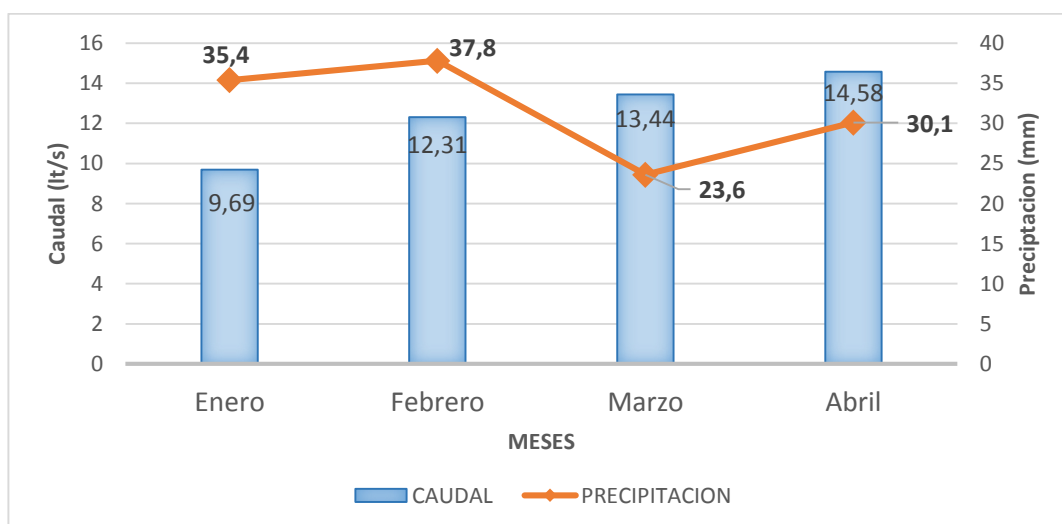
Zona	Estación	Caudal parcial por mes (L/seg)				Caudal promedio por estación (L/seg)	Caudal total (L/seg)	Tramos por estaciones	Pendiente (%)
		Enero	Febrero	Marzo	Abril				
Alta	Estación 0	19,25	20,37	21,11	20,51	20,31	12,50		
Alta	Estación 1	5,1	6	7,1	8,3	6,625		1	23 %
Media	Estación 2	6	6,1	9	8,2	7,325		2	3%
Media	Estación 3	9,4	12,2	15,1	16,2	13,225		3	7 %
Baja	Estación 4	9,3	15,1	16,1	15,1	13,9		4	7 %
Baja	Estación 5	9,1	14,1	12,2	19,2	13,65		5	12 %
	Promedio Caudal/mes	9,69	12,31	13,44	14,58				

Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4, en la estimación de los caudales promedio, en el periodo enero – abril, para cada estación respectivamente, se determinó que el volumen en la estación 0 fue de (19,25); (20,37); (21,11); y (20, 51) L/seg. En la estación 1 fue de (5,1) (6) (7,1) (8,3) L/seg; con una pendiente ligeramente empinada del 23%, en la estación 2 fue de (6), (6,1), (9), (8,2), con una pendiente plana del 3%; en la estación 3 se obtuvo: (9,4), (12,2), (15,1), (16,2) L/seg, con una pendiente moderadamente inclinado del 7%, en la estación 4 fue de (9,3), (15,1), (16,1), (15,1) L/seg: con una pendiente moderadamente inclinado del 7%; Finalmente, en la estación 5 fue de (9,1), (14,1), (12,2), (19,2) L/seg, con una pendiente fuertemente inclinado de un 12%. Según los resultados obtenidos se determinó que existe una variación volumétrica por estación, pues se pudo apreciar que las estaciones 0 y 5 son las que mayor promedio alcanzaron durante los 4 meses de evaluación a diferencia de las demás estaciones.

Para Bruijnzeel *et al.* (1995), En el caso de las zonas bajas existe más caudal por la baja radiación, la permanencia de la humedad en el suelo, altos contenidos de materia orgánica y una densidad aparente muy baja. Por lo tanto, bajo estas condiciones de saturación de humedad en el suelo la vegetación transpira menos lo cual genera las condiciones óptimas para inducir un mayor volumen de agua.

b. Análisis gráfico del volumen promedio del caudal por mes



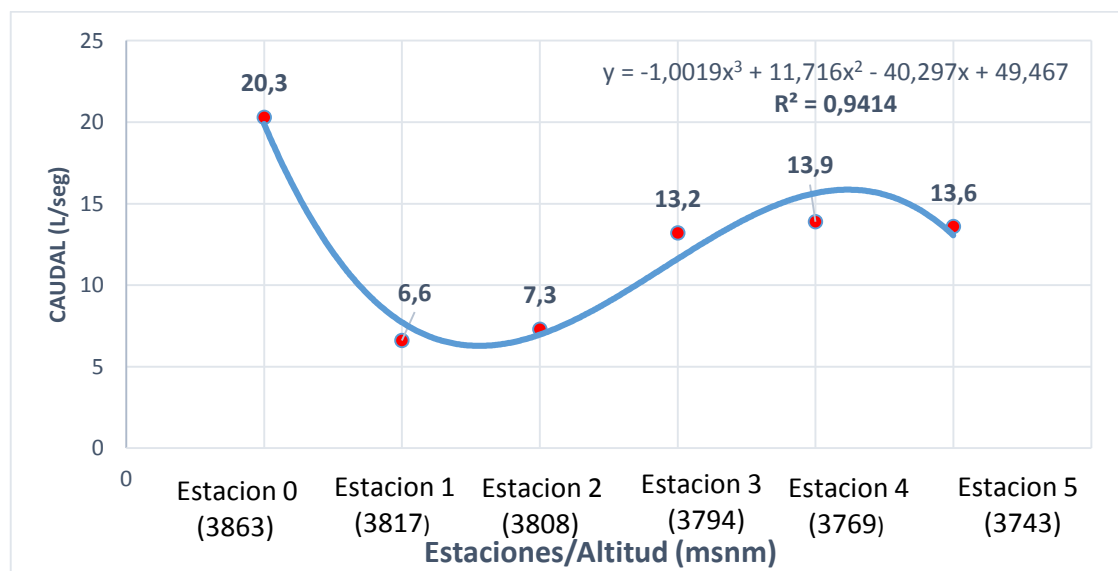
Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

Gráfico 2. Caudal promedio por mes

En el gráfico 2 se puede apreciar un incremento de caudal en los meses de marzo y abril con un promedio de (13,44 L/seg) y (14,58L/seg) respectivamente, pero sus niveles de precipitación fueron de 23,6 mm y 30,1 mm, no obstante, en los meses de enero y febrero el caudal fue menor con (9,69 L/seg) y (12,3 L/seg) pero sus precipitaciones fueron más altas con (35,4 mm) y (37,8 mm) respectivamente.

Tal como menciona Bruijnzeel *et al.* (1995), en su investigación que el rendimiento hídrico mensual del páramo estuvo relacionado por la alta frecuencia y regularidad de eventos de precipitación, no obstante, la variación mensual del caudal puede estar relacionado con el factor físico-ambiental y la altitud.

c. Análisis del volumen promedio del caudal por estación y por zona de ubicación



Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

Gráfico 3. Caudal promedio por estación por zona geográfica.

De acuerdo a los datos del gráfico 3, en la estimación de los caudales promedio por estación, en base a su ubicación geográfica, se determinó que la estación con mayor cantidad hídrica fue la estación 0 con 20,31 L/seg, seguido de las estaciones 3, 4 y 5, con un promedio de (13,22), (13,9) y (13,65) L/seg respectivamente, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en las estaciones 1 y 2 con los promedios de (6,62) y (7,32) L/seg según su orden. Es importante recalcar que, según la curva de tendencia, se determinó una variación significativa por estación, pues se aprecia que las

estaciones 1 y 2 son las de menor promedio a las demás, estas variaciones pueden estar relacionadas a varios factores que suscitan en este tipo de ecosistemas.

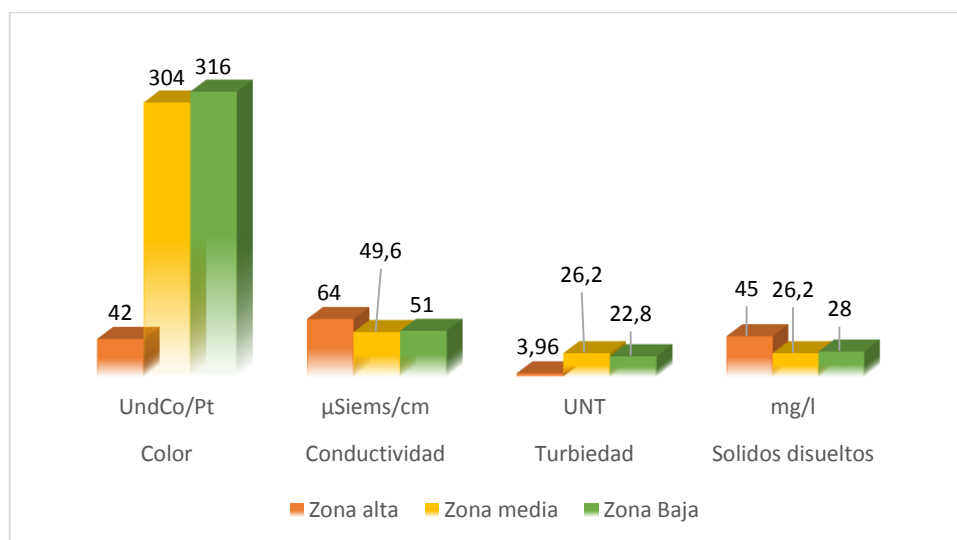
Según la OMS citado por Bob, *et al.* (2000), se deben recolectar diariamente, por lo menos, 15 litros por persona., para lo cual se requiere de un caudal que proporcione un flujo de al menos 0,125 litros por segundo. De acuerdo a lo mencionado por este autor y según lo obtenido en esta investigación se puede afirmar que la cantidad hídrica de este caudal es la adecuada por estar dentro del rango establecido de la OMS y puede ser utilizada como fuente principal para el consumo doméstico, de hecho, los 12,50 L/seg permitiría destinar el agua a otras actividades sin problema alguno, siempre y cuando se la haga con una correcta planificación para evitar desperdicios de este recurso tan importante.

De acuerdo al Consejo Nacional de Recursos Hídricos (1982), en la actualidad Secretaria Nacional del Agua (Senagua) (2018), el caudal promedio total y permanente de la vertiente de la comunidad el Calvario contaba con un caudal de 1,16 L/seg, mismas que han sido distribuidas a zonas de producción agrícola y ganaderas, el rango altitudinal ha influido en su distribución a los diversos sectores cercanos de esta vertiente. Con lo mencionado anteriormente se pudo comprobar que el caudal vario significativamente hasta la actualidad, puesto que en esta investigación se determinó un caudal de 12,50 L/seg, lo cual permite deducir que los datos promedios tomados en la anterior investigación se encontraban en un rango de 0 – 1,2 L/seg, independientemente del método que se haya aplicado en aquel ensayo, a diferencia del presente trabajo donde se pudo apreciar un rango de 6 a 21,50 L/seg. Senagua atribuye las ubicaciones geográficas de cada punto de almacenamiento hídrico, con lo que se torna importante considerar y verificar su influencia con investigaciones ejecutadas similares a la misma, con lo mencionado anteriormente es factible analizar factores que alteren el volumen de estos ecosistemas.

Ruiz *et al.* (2012), afirma que el páramo de menor altitud suele ser más húmedo por las lluvias y niebla constante, caso contrario se observa en el páramo situado en la cima de la montaña por no contar con barreras que intercepten las masas de aire húmedo ascendente. Los caudales de la zona alta, media y baja pueden ser afectados por el deterioro de las propiedades hidro-físicas por el pisoteo del ganado, la remoción del material vegetal por quemas, cultivos o minería como suele ocurrir en ciertas zonas de paramo que han sido sometidas a diferentes procesos de alteración de coberturas y de suelos. En base a lo comprobado por este autor y la observación del estado actual de las cinco zonas en estudio, se puede atribuir que los niveles bajos de caudal de la estación 1 y 2 en la zona alta y media respectivamente es por el efecto causado de la altitud y los impactos antrópicos producidos en dicha zona. No obstante, se apreció que todas las estaciones tuvieron cierta alteración por la ganadería y agricultura.

2. Análisis fisicoquímicos y microbiológico del agua captada por la comunidad.

a. Análisis físico del agua del caudal por zonificación: de la zona alta, media y baja.



Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

Gráfico 4. Análisis físico del agua por zona geográfica.

Color:

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la estación con mayor valor se dio en la zona alta con un valor de 316 UndCo/Pt seguido de la zona media con 304

UndCo/Pt, mientras en la zona baja con 42 UndCo /Pt. Según las normas TULSMA el límite adecuado es de 20 UndCo /Pt., con lo cual se comprobó que actualmente este caudal no es recomendable para el consumo humano, debido al exceso de materiales disueltos y suspendidos dentro del mismo (Gráfico 4).

Conductividad:

Se determinó un valor alto en la zona baja con 64,0 μ Siems/cm, seguido de la zona alta con 51,0 μ Siems/cm; y con el índice más bajo en zona media con 49,6 μ Siems/cm; según lo obtenido se determinó que el caudal de todas las zonas tiene una alta conductividad ya que su límite máximo es de 1,5 μ Siems/cm. Por lo tanto, no es recomendable su uso para consumo potable por la excesiva concentración de sales y carbonatos (Gráfico 4).

Turbiedad:

Esta variable presento valores altos en la zona media con 26,2 UNT, seguido de la la zona alta con 22,8 UNT y con el índice más bajo en zona la baja con 3,96 UNT. Según el análisis la zona media y acta no se hallan en un rango aceptable puesto que el nivel máximo debe ser de 10, a excepción de la zona baja donde se tiene un rango de 3,69; determinando un nivel bajo de materia sin disolver en esta zona (Gráfico 4).

Sólidos disueltos:

Estos elementos sólidos presentaron valores altos en la zona baja con 45,0 mg/l, seguido de la la zona alta con 28,0 mg/l, y con el índice más bajo se apreció en la zona media con 26,2 mg/l. De acuerdo a lo analizado se apreció que las tres zonas tienen niveles aceptables, pues no sobrepasan en nivel máximo de 500 mg/l, esto permitió comprobar que no existe exceso de sales y algunos rastros de compuestos orgánicos (Gráfico 4).

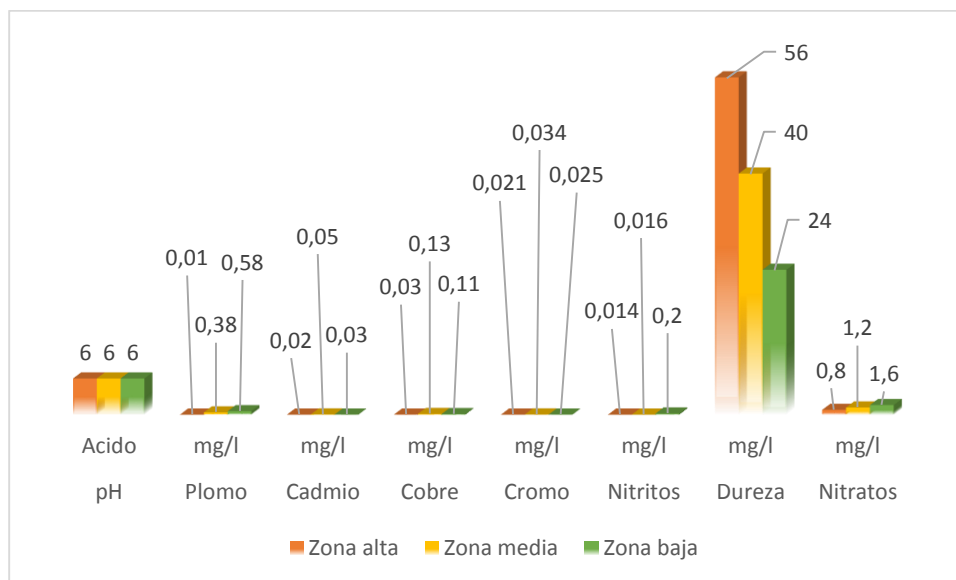
Discusión:

Según Mejicanos (2008), citado por Vásquez (2016), en su investigación, la conductividad eléctrica varía entre 32,54 y 591.20 μ S/cm (rango aceptable), de turbidez > 15 (rango no aceptable), sólidos totales un valor mínimo promedio de 81.5 mg/L (rango aceptable), de acuerdo a estos resultados los desequilibrios pueden darse por la presencia de carbonatos, suelos silícicos, iones positivos y negativos, solutos

insolubles y residuos generados por la agricultura, la ganadería y alteraciones por el ser humano. En base a lo mencionado anteriormente, se atribuye los desequilibrios de estos parámetros están relacionados con los factores citados en la anterior investigación, puesto que en la evaluación de fase de campo se observó actividades similares.

Según Hooda & Alloway (1998) citado por Vásquez (2016), la relación entre la textura y tamaño de partículas del suelo, las precipitaciones en los ecosistemas y el contenido de materia orgánica es uno de los factores que influye en la retención y concentración de los minerales, color, conductividad, sales y minerales y turbiedad, principalmente por la propiedad de las isoterms que facilitan la adsorción y correlación de partículas de sales y sólidos de difícil disolución en el agua; añadiendo las alteraciones antrópicas, agrícolas, pecuarias, industriales y mineras. Con lo mencionado se atribuye que los niveles excedidos en la conductividad, el color y la turbiedad se deben a los factores mencionados, pues el estado del páramo y las actividades ya citados se asemejan a esta zona de estudio.

b. Análisis químico del agua del caudal por zonificación: zona alta, media y baja



Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

Gráfico 5. Análisis químico del agua por zona geográfica.

PH:

Este factor presento valores iguales en las 3 zonas, con 6,0. Entonces según lo analizado y las normas de calidad se determinó que el agua se halla en un rango aceptable ya que el nivel máximo va de 6-9 por lo tanto se comprobó que no se requiere tratamiento alguno para mejorar este factor para convertirla en potable y apta para el consumo humano y el sector agrícola (Ver gráfico 5).

Plomo:

Este metal presento valores altos en la zona media y alta, con 0,38 y 0,58, mientras que el valor más bajo se dio en la zona baja con 0,014 mg/l. Entonces según lo analizado y la norma de calidad (TULSMA) se determinó que este elemento se halla en valores no aceptables en la zona baja y media, ya que el índice máximo es de 0,05 mg/l respectivamente (Gráfico 5).

Cadmio:

Los valores en la zona baja, media y alta, fueron de (0,02), (0,05) y (0,03) mg/l respectivamente. Entonces según lo analizado y la norma de calidad TULSMA se comprobó que este elemento se encuentra en rangos no aceptables en las tres zonas, pues el índice máximo es de 0,001 mg/l respectivamente; por lo tanto, el caudal requiere tratamientos de mejoramiento hídrico para disminuir los niveles de este metal (Gráfico 5).

Cobre:

Los valores determinados en la zona baja, media y alta, fueron de (0,02), (0,05) y (0,03) mg/l respectivamente. Entonces según lo analizado y la norma de calidad TULSMA; se comprobó que este elemento se encuentra en rangos no aceptables en las tres zonas, pues el índice máximo es de 0,001 mg/l y 2,0 mg/l; por lo tanto, el caudal total requiere tratamientos de bioremediación (ver gráfico 5).

Cromo:

Los valores determinados en la zona baja, media y alta, fueron de (0,021), (0,034) y (0,025) mg/l según su orden. En base a lo analizado y la norma de calidad TULSMA se comprobó que este elemento se encuentra en un nivel equilibrado en las tres zonas,

pues el índice máximo es de 0,05 mg/l y 0,1 mg/l; por lo tanto, el caudal no requiere tratamientos de mejoramiento hídrico (ver gráfico 5).

Nitritos:

Los valores determinados en la zona baja, media y alta, fueron de (0,014), (0,016) y (0,2) mg/l según su orden. En base a lo analizado y la norma de calidad (TULSMA) se observó que este elemento se encuentra niveles equilibrados de concentración en las tres zonas, ya que el índice permisible es de 1 mg/l; por lo tanto, el caudal no requiere tratamientos para mejorar los niveles de estos elementos. No obstante, la presencia de estos elementos nos indica que este caudal puede ser utilizado en actividades agrícolas puesto a que estos elementos ayudan a los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo cual se determinó que los suelos de esta zona tienen un buen potencial para estas actividades (ver gráfico 5).

Dureza:

En cuanto a la dureza se determinó que la zona baja posee mayor índice con 56 mg/l seguido de la zona media con 40 mg/l, mientras que en la zona alta con el menor valor fue de 24 mg/l. con lo analizado anteriormente se comprobó que el agua de todas las tres zonas tiene una concentración total aceptable de iones calcio y magnesio por ende no requiere un tratamiento para mejorar este parámetro (Gráfico 5).

Nitratos:

Según el análisis se determinó que el mayor valor se dio en la zona alta con (1,6 mg/l), seguido de la zona media con (1,2 mg/l), mientras que el valor más bajo se obtuvo en la zona baja con (0,08 mg/l). En base a lo analizado y la norma de calidad (TULSMA) se determinó que este elemento se encuentra en un nivel aceptable en las tres zonas, pues el índice máximo es de 10,0 mg/l; por lo tanto, el caudal es apto para la agricultura y no requiere tratamientos de remediación (Gráfico 5).

Discusión:

Para Velasco, (2004) citado por Gómez, (2014) según su investigación de caudales a diferentes zonas altitudinales la variabilidad físico-química pueden manifestarse desde ácidas, muy dulces, de extrema alcalinidad, elevadas concentraciones de sales, minerales perjudiciales, metales pesados, dureza total y compuestos nitrogenados. La

principal causa de estos desequilibrios es la contaminación derivada de la presencia de ganado, actividades agropecuarias, derrame de combustibles y minería; en el caso de las zonas bajas por el vertido directo de aguas residuales urbanas y mayor alteración del ecosistema paramo. No obstante, las alteraciones o desequilibrios no siempre tendrán causas definidas, con lo que se torna fundamental analizar la principal causa - efecto de cada parámetro. De acuerdo a la anterior investigación se puede mencionar que los desequilibrios físico-químicos están relacionados y ligados a efectos independientes que pueden generar un incremento, disminución o equilibrio.

Fachinelli, *et al.* (2001), citado por Bascones, (2003), menciona que existe dos tipos de metales pesados, los primeros que son los oligoelementos, necesarios para el desarrollo de la vida de determinados organismos en pequeñas cantidades o cantidades traza y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos, estos son: arsénico, boro, cobalto, cromo, cobre, molibdeno; manganeso, níquel; selenio y zinc. Mientras que los metales cuya presencia en los seres vivos, provocan disfunciones en sus organismos por ser altamente tóxicos, estos son: Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb, Bi. De acuerdo a lo anterior se determinó que el agua de este caudal se encuentra en un estado peligroso por la presencia del plomo, cadmio y cobre en las tres zonas de estudio.

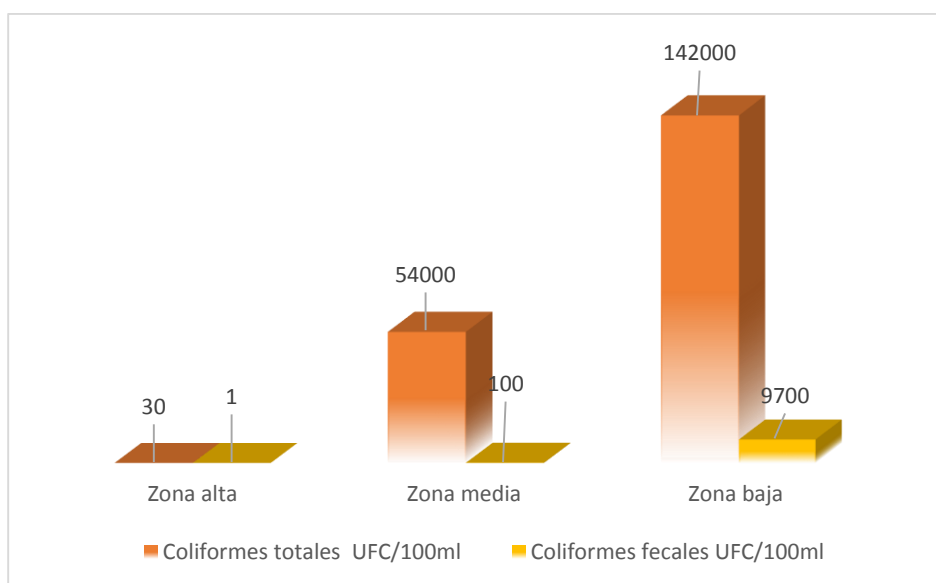
Lund, (1990), citado por Bascones, (2003), afirma que la presencia de metales pesados se da por una modificación del contenido natural y son muy variadas: vertidos industriales, vertidos de actividades mineras, aplicación de productos químicos agrícolas y lodos residuales, gases de combustión, emisión de partículas del tráfico rodado y, por último, aunque no menos importantes los residuos sólidos de origen doméstico. En base a lo anterior se atribuye que la presencia de los metales (Pb, Cd y Cu) en las tres zonas de estudio están relacionadas con estas actividades, pues en la evaluación de la zona de estudio se apreció actividades similares a las mencionadas e incluyendo el derramamiento de aceites y combustibles (fuente principal de metales pesados) en los suelos del páramo por las actividades deportivas de motocross que se practica en esta comunidad.

Driel, (1984), citado por Bascones, (2003), menciona que uno de los parámetros de más influencia en los procesos edáficos e hídricos, en la reactividad del suelo y en la movilidad de los metales pesados hacia aguas superficiales y profundas tienden a estar

más disponibles en pH muy ácidos, la (USDA, 1971) establece que el pH normal está entre 6 y 7, los suelos con pH 8,5 son alcalinos y los suelos con $< 5,5$ son muy ácidos, con lo cual se determina que este factor no influyo en la concentración de estos metales ya que el pH en las tres zonas de estudio es de 6,0 y se encuentran en los rangos normales.

Driel, (1984), citado por Bascones, (2003), menciona que los nitritos y nitratos se encuentran en estado natural a nivel de suelo, en bajas concentraciones (menos de 4 mg/L en agua). Sin embargo, el nitrato y nitrito son altamente solubles y transportados fácilmente cuando fuentes contaminantes entran en contacto con el agua, como es el caso de pozos sépticos, basureros, fertilizantes, estiércol, y material vegetal en descomposición. La precipitación o la irrigación lixivia los nitritos y nitratos de éstas fuentes cuando el agua se infiltra en la tierra y corre en la superficie, hasta ser llevado a las aguas subterráneas y superficiales, su fácil movilización en el agua permite a menudo evaluar la calidad hídrica por ser un indicador de fuente de contaminación. En base a lo mencionado la presencia de estos elementos no nos garantiza un agua apta para la agricultura y por ende se torna necesario e importante los análisis previos para determinar la calidad del caudal.

c. Análisis microbiológico del agua del caudal total de la zona alta, media y baja



Elaborado por: (Peralta, J. 2018).

Gráfico 6. Análisis microbiológico del agua /zona geográfica.

En los análisis realizados se estipuló que en la zona baja los coliformes totales se hallan colonias de 30 UFC/100 ml, en la zona media con 5400 UFC/100 ml y en la zona alta con 142000 30 UFC/100 ml, en cuanto a los coliformes fecales en la zona baja se determinó colonias de 1 UFC/100 ml, en la zona media con 100 UFC/100 ml y en la zona alta 9700 UFC/100 ml coliformes fecales; de acuerdo a lo analizado y las normas TULMA estos microorganismos deben estar en niveles “cero” (ausentes), por lo tanto se requiere hacer una bioremediación del caudal para el control total de estos organismos. Ver gráfico 6

Para Sierra, (2011) citado por Escobar, (2013) la calidad del agua surge principalmente de las descargas de residuos fecales de actividades humanas referente a los coliformes fecales y en el caso de los coliformes totales por origen animal, las mayores concentraciones en zonas altas y medias se deben al tipo de suelo “pecuarios”, mismos que son óptimos para el desarrollo de estos microorganismos, el factor fundamental de su supervivencia es el número reducido de microorganismos antagonistas que perjudiquen su población, la baja actividad agrícola y las condiciones climáticas. Los coliformes fecales de las zonas altas mediante la lixiviación residual hacia aguas subterráneas son transportados hacia las zonas bajas, principalmente a corrientes de riachuelos, acequias y humedales. De acuerdo a lo mencionado se corrobora y atribuyo que, en esta investigación, el mayor número de coliformes totales y fecales en la zona alta y media es por las condiciones favorables que ofrecen estas zonas y por los procesos de lixiviación y esorrentía que se producen en estos ecosistemas.

Roldán, (1992), citado por Giacometti, (2006) afirma que la disminución de coliformes en la zona baja tiene por factor principal la alteración de los suelos e implementación de cultivos, dicha actividad genera, mejor aireación, y óptimas condiciones para poblaciones de microorganismos inhibidores, además la aplicación de fertilizantes disminuye la población de estos organismos no favorables para los animales, vegetales y humanos. Según lo mencionado anteriormente se pudo atribuir el índice mayor de coliformes en zonas altas a diferencia de las zonas bajas se debe a la similitud del estado actual del área de estudio, por las actividades que se apreció en las visitas de campo.

Roldán, (1992), citado por Giacometti, (2006) menciona que la composición bacteriana difiere del contenido de material orgánico e inorgánico, pH, turbidez, temperatura, y de fuentes que pueden introducir microorganismos al agua. Al grupo coliforme, se le concede la misma importancia desde el punto de vista sanitario por ser considerado como indicador bacteriológico, con su presencia demuestra que ocurrió contaminación. Según lo mencionado nos permite corroborar que los parámetros físico-químicos del caudal se encuentran en un desequilibrio, en base los resultados microbiológicos y la correlación entre análisis físico-químicos y biológicos se comprueba que la calidad del caudal no es apta principalmente para el consumo humano.

3. Evaluación la calidad del agua en la zona de impacto utilizando Índices de bioindicación.

a. Evaluación de la calidad de agua según el índice BMWP

Tabla 5. Evaluación de la calidad de agua de acuerdo al Índice BMWP

Estación	Valor	Clase	Grado de contaminación	Calidad
Es 0	47	III	Moderadamente contaminadas	Dudoso
Es1	43	III	Moderadamente contaminadas	Dudoso
Es2	43	III	Moderadamente contaminadas	Dudoso
Es3	48	III	Moderadamente contaminadas	Dudoso
Es 4	60	III	Moderadamente contaminadas	Dudoso
Es 5	62	II	Ligeramente contaminadas	Aceptable

Elaborado por: (Peralta, J.2018)

De acuerdo a la identificación de los macro invertebrados registrada en los anexos (19, 20, 21,22, 23, 24, 25 y 26) y los puntajes asignados a cada estación en la tabla 5, de acuerdo el índice BMWP, se determinó que en la estación 0 se obtuvo un valor de 47, la estación 1 y 2 con 43, la estación 3 con 48, la estación 4 con 60 y finalmente la

estación 5 con 62, Las estaciones de la 1^{ra} a la 4^{ta} se encuentran en el rango de la clase III con un grado de contaminación moderado y calidad dudosa; a diferencia de la estación 5 con un promedio de 62 con el que se registró una clase II, un grado de contaminación ligera y calidad aceptable. Según lo analizado anteriormente se prescribió que gran parte del área del caudal tiene una calidad no aceptable, por lo cual se debe realizar programas de mejoramiento hídrico principalmente para las 5 primeras zonas.

b. Evaluación de la calidad de agua según el índice ABI

Tabla 6. Evaluación de la calidad de agua de acuerdo al Índice ABI

Estación	Valor	Calidad
Es 0	41	Regular
Es 1	35	Regular
Es 2	35	Regular
Es 3	42	Regular
Es 4	51	Regular
Es 5	49	Regular

Elaborado por: (Peralta, J.2018)

En base a los resultados de los anexos (19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26) y las puntuaciones asignadas a las estaciones en la tabla 6 para el índice ABI, se comprobó que en la estación 0 se obtuvo un puntaje de 41, la estación 1 y 2 con 35, estación 3 con 42, la estación 4 con 51 y la estación 5 con 49, entonces según lo obtenido se determinó que todas las estaciones tienen una calidad hídrica regular. Según lo analizado anteriormente todo el caudal no se encuentra en calidad óptima de uso y consumo por ende es necesario realizar un programa de mejoramiento hídrico del caudal para todas las zonas.

Discusión:

Según Robins & Caín, (2002). Citado por Miranda (2016), los resultados de los índices BMWP y EPT la calidad del agua de las tres estaciones de su investigación, las

estaciones uno y dos presentan similar calidad de agua, diferentemente de la tres. Posiblemente, esto se deba a que esta última estación es la única donde la vegetación ribereña está compuesta por potrero. Diversos autores, mencionan en sus trabajos la importancia del bosque ribereño como área de amortiguamiento, tras los impactos que pueden tener la agricultura y la ganadería sobre la calidad de agua en la cuenca y en la estabilización del suelo de las quebradas. En base a lo mencionado por este autor y de acuerdo a lo obtenido en esta investigación se comprueba que los niveles de contaminación se deben a las actividades realizadas en cada estación, el diagnostico de los impactos nos permite corroborar que las actividades ganaderas y agrícolas son fuentes directas de las alteraciones en la calidad hídrica del caudal.

Tal como menciona Fernández, *et al.* (2000), Álvarez & Pérez (2007), Barrionuevo, *et al.* (2007) y Adicionalmente Alba-Tercedor (1996) citado por Giacometti, (2006) en el estudio de los índices BMWP y EPT se pueden utilizar simultáneamente para evaluar la calidad de agua, ya que el EPT mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, y el BMWP se basa en la presencia y ausencia de familias permitiendo obtener puntuaciones para comparar situaciones entre estaciones, este índice no permite emitir juicios específicos sobre la situación de la calidad del agua. Por lo tanto, se convierte en un parámetro fundamental los análisis físico – químicos para determinar de forma precisa y detallada la calidad del agua.

Roldán, (1992), citado por Giacometti, (2006) menciona que la influencia de los factores fisicoquímicos sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Enfatizan que la velocidad de la corriente, la temperatura del agua y la disponibilidad de oxígeno son factores determinantes en la distribución de estos organismos. En este trabajo se encontró que los valores más altos se presentaron en la estación 5, por lo tanto el agua de esta estación es la más recomendable para su consumo, al denotar condiciones aceptables para el desarrollo de los mismos, sin embargo al tomar en cuenta los resultados de los análisis físico – químicos se torna indispensable realizar evaluaciones de laboratorio más específicos, puesto que los índices BMWP y ABI no ofrecen información detallada del estado hídrico, considerando que los macroinvertebrados nos indican la calidad del agua de forma perceptiva y poco detallada

Según Rivera, (2004) citado por Toledo, (2016) la concentración de oxígeno generalmente es alta y constante en ríos y cauces andinos, por lo que éste no suele ser un factor limitante para las comunidades acuáticas. Los valores más altos de demanda de oxígeno y la baja conductividad en la estación uno con relación a la estación tres, pueden estar relacionados a la falta de cobertura vegetal en esta última estación. En base a lo anterior y los resultados obtenidos con los índices BMWP y ABI se comprueba que los parámetros físicos alterados en este ecosistema afectaron a las poblaciones de macroinvertebrados y por ende se determinó que existe una alta correlación entre estos dos indicadores.

Rivera, (2004) citado por Toledo, (2016) menciona que en la zona alta del río Chinchiná en áreas protegidas y provistas de vegetación ribereña presentan mejor estado de calidad del agua que las zonas sin vegetación. Por lo que es necesario incluir la influencia del bosque ribereño como amortiguador de impactos de la ganadería y agricultura en los caudales. Enfatizando lo comprobado por este autor y de acuerdo al diagnóstico hecho en toda la zona de estudio, se puede corroborar y afirmar que los niveles de contaminación se deben a los factores ya mencionados, mismos que producen desequilibrios en los factores físico – químicos y estos a su vez en el hábitat de los microorganismos y macroinvertebrados, esta estrecha relación nos permite examinar de forma amplia la calidad hídrica de estos ecosistemas.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la cantidad hídrica del caudal al aplicar el método de aforo volumétrico y el método triangular se obtuvo un volumen de 12,50 L/ seg, cabe recalcar que según lo planteado por la OMS esta cantidad está dentro del rango requerido para cubrir la demanda de este recurso en la comunidad, no obstante, la cantidad puede variar su promedio mensual dependiendo de la zona de ubicación geográfica, pues se apreció que en cada estación se presentó volúmenes diferentes enero (9,69), febrero (12,31), marzo (13,44), abril (14,58), otro factor importante a considerar es la frecuencia y la cantidad de las precipitaciones por cada mes, donde en enero y febrero fueron de 35,4 mm y 37,8 mm; mientras que en marzo y abril con 23,6 mm y 30,1 mm, pero además las características ambientales de cada zona como la temperatura, humedad, edafología, y entre otros juegan un papel importante en el volumen de los caudales, sin embargo, las actividades del ser humano pueden perjudicar en mayor nivel a estos ecosistemas acuáticos por el mal manejo de los mismos.

2. En los análisis físicos se pudo apreciar que en las zonas baja, media y alta: la conductividad, el color, la dureza, los sólidos totales y turbiedad no están en niveles permisibles por las normas de calidad, y en lo que se refiere a los análisis químicos de las tres zonas, los niveles del cromo, plomo, cadmio y cobre se hallan en niveles no permisibles a excepción de los nitritos, nitratos y el pH que están en rangos aceptables. Los análisis microbiológicos de las tres áreas estudiadas, los índices de coliformes fecales y totales se encuentran en límites no permisibles por su alta cantidad de individuos. Las alteraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos se hallan en relación directa con las actividades humanas, principalmente por la ganadería, la agricultura y deficiente manejo de residuos orgánicos e inorgánicos en la zona de estudio. Por lo tanto, el agua de este caudal no es recomendable para el consumo doméstico e incluso en la agricultura.

3. En los análisis de la calidad hídrica con macroinvertebrados se pudo determinar que al aplicar el índice BMWP y ABI, en las zonas altas e intermedias existe mayor grado de contaminación biológica, puesto que según la identificación y contabilización de

los macroinvertebrados benéficos y perjudiciales en las 4 primeras estaciones tienen un grado de contaminación regular y una calidad dudosa, no obstante en la zona alta se determinó una contaminación ligera y una calidad aceptable, una de las principales causas a considerar es la incidencia humana que generan desequilibrios en los parámetros físicos y químicos y estos a su vez a los hábitats de estos organismos que son indispensables en otros ecosistemas. Al determinar que existe una estrecha correlación entre los parámetros evaluados se puede afirmar que un mínimo desfase en cualquiera de estos elementos, los demás también se verán afectados y consecuentemente la calidad del agua.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con una segunda etapa en la investigación donde se definan los objetivos de la cantidad del agua en base a los resultados obtenidos de esta investigación, con el propósito de orientar la gestión del recurso hídrico para la comunidad y evitar desperdicios de este recurso importante para el ser humano y sus actividades. Aparte de continuar con más investigaciones es de gran relevancia considerar la participación de toda la comunidad en la impartición de seminarios, talleres y charlas referentes a la importancia del uso adecuado de este recurso hídrico que es fundamental para la salud, el consumo doméstico, uso industrial, medicinal, pecuario, agrícola, entre otros.
2. Se recomienda continuar con el monitoreo de calidad del recurso hídrico en los tres aspectos, físicos químicos y biológicos. Es importante mencionar que se debe ejecutar análisis más detallados de macro y micro elementos, debido a que en esta investigación se evidenció la presencia de metales pesados peligrosos para el consumo doméstico, la agricultura y la ganadería. En base a lo mencionado es necesario realizar exámenes médicos a todos los habitantes de la comunidad para evaluar su salud debido a la presencia de estos elementos corrosivos causantes de enfermedades cancerígenas. Una bioremediación con plantas es una medida económica, fiable y amigable y con el medio ambiente, entre las principales especies para la inhibición de estos elementos tenemos las siguientes: *Hyparrhenia hirta* (Pb); *Zygophyllum fabago* (Zn); *Lupinus albus* (Cd, As); *Anthyllis vulneraria* (Zn, Pb, Cd); *Deschampsia cespitosa* (Pb, Cd, Zn); *Cardaminopsis arenosa* (Cd, Zn); *Horedeum vulgare*, *Lupinus angustifolius* y *Sécale cereale* (As); *Lolium italicum* y *Festuca arundinaceae* (Pb, Zn); y *Brassica júncea* (Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Pb).
3. Realizar nuevas investigaciones con macroinvertebrados utilizando nuevos índices de calidad hídrica como por ejemplo el índice WQI, índices de dominancia de Simpson, de diversidad de Margalef y de equidad de Shannon, incluyendo diseños experimentales y análisis estadísticos para determinar con mayor detalle los niveles de contaminación y tomar medidas de remediación eficaces que beneficien a los

macro y microorganismos dependientes de estos hábitats. Es importante mencionar que la concientización sobre el grado de impacto que generan las actividades ganaderas, agrícolas, turismo y cacería; los temas a ser impartidos deben basarse en un diagnóstico completo de toda la zona de estudio y un plan de manejo para este ecosistema

VIII. RESUMEN

Esta investigación propuso: determinar el caudal y la calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua; para la medición del caudal se utilizó el método del aforo volumétrico y del vertedero triangular 5 estaciones diferentes, obteniendo como resultado que *el caudal* tiene un volumen promedio mensual de 12,50 L/seg. Los análisis físicos según los promedios de las tres zonas de estudio fueron los siguientes: *el color* 220,67 UndCo /Pt, *la conductividad*, 57,50 μ Siems/cm.s; *la turbiedad* 17,65 UNT, los rangos no son aceptables, mientras que en los *sólidos disueltos* 36,50 mg/l, *la dureza* 40,00 mg/l con lo que se encuentran en cantidades equilibradas. Los análisis químicos determinaron que *el pH* con 6,0 ácido; *el cromo* 0,03mg/l, *el nitrato* en 1,20 mg/l, *el nitrito* 0,08 mg/l, según las normas TULSMA están en niveles moderados, pero en cuanto *al plomo* con 0,32 mg/l *el cadmio* 0,03 mg/l y *el cobre* con 0,09 mg/l, determinando que no se encuentran en niveles aceptables. Los análisis microbiológicos los *coliformes totales* de las tres zonas se obtuvo un promedio de 65343,33 UFC/100 ml; en los coliformes fecales el promedio fue de 3267,00UFC/100 ml, según las normas de calidad los límites están fuera de lo establecido. En los análisis de macroinvertebrados con el índice BMWP en la estación (0-4) la contaminación es moderada y la calidad es regular, mientras que en la estación 5 la contaminación es ligera y su calidad es aceptable. En cuanto al índice ABI se determinó que todas las estaciones tienen una calidad regular. Según lo analizado se concluye que la calidad del agua no es aceptable y se recomienda una bioremediación para equilibrar propiedades fisicoquímicas e inhibir ciertos elementos, principalmente metales pesados peligrosos para la salud y demás actividades.

Palabras claves: CAUDAL - CALIDAD DE AGUA – MACROINVERTEBRADOS - INDICES DE BIOINDICACION.

Por: Jessica Peralta



IX. ABSTRACT

This research proposed: to determine the water flow and quality through bio indicators in the Paramos of the El Calvario community, located in the Tisaleo Canton, Tungurahua province. For flow measurement, the, volumetric gauging method and the triangular landfill 5 different stations were used; obtaining as a result that the flow rate has a monthly average volume of 12, 50 L/sec. The physical analyses according to the averages of the three study areas were as follows: color 220,67Und/Pt, conductivity 57, 50 μ Siems/cm.s; the turbidity 17, 65UNT, the ranges are not acceptable, whereas in the dissolved solids 36,50mg/L, the hardness 40,00mg/L, with what is found in balanced quantities. Chemical analyses determined that PH 6,0 acid; Chromium 0.03mg/L, nitrate at 1,20 mg/L, nitrite 0,08mg/L, according to the TULSMA standardas are at moderate levels, but in terms of lead with 0,32mg/L Cadmium 0,03mg/L and copper with 0,09 mg/L determining that they are not at acceptable levels. The microbiological analyses the total coliforms of the three zones were obtained an average of 65343, 33CFU/100ml; in fecal coliforms the average was 3267, 00CFU/100ml, according to the quality standards limits are out of the set. In the macro-invertebrate analyses with the BMWP index in the season (0-4) the pollution is moderate and the quality is regular, while in the pollution season 5 is light and its quality is acceptable. As for the ABI index it was determined that all stations have a regular quality. As analyzed it is concluded that, the water quality is not acceptable and a bioremediation is recommended to balance physicochemical properties and inhibit certain elements, mainly heavy metals dangerous to health and other activities.

Key word: FLOW- WATER QUALITY- MACRO-INVERTEBRATES- BIONDICATION INDEXES.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú*. Recuperado el 18 de febrero, del 2018, de: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-28-1-p-35.pdf>
2. Almeida, S. (2009). *Desarrollo de un modelo hidráulico a escala de un canal para implantar un Laboratorio en la Universidad San Francisco de Quito*. Recuperado el 5 de agosto, 2018, de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1007/1/94240.pdf>
3. Bayas, D. (2015). *Determinar la diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema páramo del cantón Tisaleo provincia de Tungurahua*. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Recuperado el 16 de julio de 2018, de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3953/1/33T0142%20.pdf>
4. Bascones, M. (2003). *Determinación de metales pesados en suelos de medina del campo (Valladolid)*. Contenidos extraíbles, nivel fondo y de referencia. Recuperado el 22 de julio de 2018, de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/determinacion-de-metales-pesados-en-suelos-de-medina-del-campo-valladolid-contenidos-extraibles-niveles-fondo-y-de-referencia--0.pdf>
5. Bello, M & Pino, M. (2000). *Medición de presión y caudal*. Recuperado 5 de mayo, del 2018, de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25635.pdf>
6. Briceño, F. (2016) *Caracterización físico-química y microbiológica de suelos paramunos del p.n.n. sumapaz sometidos al cultivo convencional y orgánico de papa post-descanso de actividad agrícola*. Recuperado el 22 de julio, del

2018, de:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7152/1/GonzalezBrice%C3%BAoFabianHernando2017.pdf>

7. Bob, R. (2000) *Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico*. Recuperado el 22 de julio, del 2018, de: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/9-UsoDomestico.pdf>
8. Buytaert, W., De Bièvre, B., Célleri, R., & Cisneros, F. (2014). *Hidrología del Páramo Andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad*. Recuperado 10 de junio del 2018, de: https://www.researchgate.net/publication/228459137_HIDROLOGIA_DEL_PARAMO_ANDINO_PROPIEDADES_IMPORTANCIA_Y_VULNERABILIDAD
9. Bruijnzeel, L. (1995) *Hydrology and water management in the humid tropics*. Recuperado el 22 de julio, del 2018, de: https://www.researchgate.net/publication/46534231_Hydrology_of_tropical_montane_cloud_forests_A_Reassessment
10. Castro, R. (2017). *Contaminación por metales pesados cadmio y plomo en agua, sedo y en Mejillón *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) en los puentes 5 de junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil Ecuador*. (Tesis de grado. Licenciado en Biología). Universidad de Guayaquil. Guayaquil – Ecuador. Recuperado el 17 de julio, f 2018, de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20970/1/TESIS%2018%20AGOSTO%20ROBERTO%20CARLOS%20CASTRO%20GUERRERO.pdf>
11. Camaerts, D., Camaerts, R., Riboux, A., Vargas, M., & Laviolett, F. (2008). *Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos*. Recuperado 3 de septiembre, del 2018, de: <https://davidcammaerts.files.wordpress.com/2014/04/cammaerts-et-al-2008.pdf>

12. Carmona, J. (2012). *Valoración del nitrógeno en agua residual cruda para su aprovechamiento actividades agropecuarias*. Recuperado 3 de julio, del 2018, de:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7245/JUAN%20CARLOS%20CARMONA%20NAVARRETE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. Coreño, A., Tomasini, A., Reyna, G. (2010). *Cromo: lo bueno y lo malo, los inicios de una historia*. Recuperado 4 de enero, del 2018, de:
<http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/revista/numeros/17/A5.pdf>
14. Cordero, P. (2015). *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos*. Recuperado 3 de mayo, del 2018, de:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8746/Calidad%20del%20agua%20para%20los%20r%C3%ADos%20alto%20andinos%2C%20mediante%20indicadores%20biol%C3%B3gicos.%20Pablo%20Cordero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Déley, R., & Santillán, P. (2016). *Macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoche y Zula. Parque Nacional Sangay*. Riobamba: (1ª. ed.). ISBN 978-9942-935-18-2.
16. De Bièvre, B. (2000) *Páramo: las funciones hidrológicas de un ecosistema frágil*. Recuperado el 16 de abril, del 2018, de:
<https://es.scribd.com/doc/3120847/PARAMOS-ANDINOS-IMPORTANCIA>
17. Disaster Assistance Field Operations. OFDA. (1998) *Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico*. Recuperado el 22 de julio, del 2018, de:
<http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/9-UsoDomestico.pdf>
18. Embid, I. (s.f). *Caudal ecológico. Diccionario de derecho de aguas*. Recuperado 11 de enero de 2019,

[http://bases.cortesaragon.es/bases/ndocumen.nsf/0/258417f08e9115c5c1257408005b5827/\\$FILE/Caudal%20Ecologico%20\(ANTONIO%20EMBID\).pdf](http://bases.cortesaragon.es/bases/ndocumen.nsf/0/258417f08e9115c5c1257408005b5827/$FILE/Caudal%20Ecologico%20(ANTONIO%20EMBID).pdf)

- 19.** Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos, B., García, N., & Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA-S)*. Recuperado el 1 de febrero del 2018, de: http://www.ub.edu/riosandes/docs/CERA-S_finalLR.pdf
- r-
- 20.** Escobar, M. (2013) *El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis de caso*. Recuperado el 22 de julio, del 2018: https://www.researchgate.net/publication/295105482_Plancton_como_bioindicador_de_la_calidad_del_agua_en_zonas_agricolas_andinas_analisis_de_caso
- 21.** Flachier, A. (2016). *Análisis de metodologías para el estudio de Caudales Ecológicos. Casos de estudio en ríos altoandinos ecuatorianos*. Recuperado el 10 de mayo, del 2018, de: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13217/Monografia%20Caudal%20Ecologico_PUCE_ALF%287%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 22.** Franquet, J. (2009). *El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del Río Ebro*. Recuperado 5 de mayo, del 2018, de: <http://www.eumed.net/librosgratis/2009b/564/Redes%20de%20vigilancia%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20superficiales.htm>
- 23.** Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental*. Recuperado el 1 de abril, del 2018, de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Macroinvertebrados_bentonicos_como_bioidicadores_.pdf
- 24.** Giacometti, J. (2006). *Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi*. Recuperado el 22 de

julio, del 2018, de:
https://www.google.com/search?q=Macroinvertebrados+acu%C3%A1ticos+y+su+importancia+como+bioindicadores+de+calidad+del+agua+en+el+r%C3%ADo+Alambi&rlz=1C1GCEA_enEC746EC746&oq=Macroinvertebrados+acu%C3%A1ticos+y+su+importancia+como+bioindicadores+de+calidad+del+agua+en+el+r%C3%ADo+Alambi&aqs=chrome.69i57.1625j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

25. Gómez, J. (2014) *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como Bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa*. Recuperado el 22 de julio, del 2018, de:
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf>
26. Lozano, A., & Sánchez, J. (2017). *Evaluación experimental de una ecuación empírica para la caída de presión en flujo gaseoso*. Recuperado 17 de marzo, del 2018, de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3786/Lozano%20Povis%20Sanchez%20Ochoa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. Londoño, Y. (2017) *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua en tres quebradas de Alta montaña de Antioquia, Colombia*. Recuperado el 22 de julio, de 2018, de:
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD%20DE%20MACROINVERTEBRADOS%20ACU%C3%81TICOS%20Y%20SU.pdf?sequence=1>
28. Lux, M. (2010). *Medidores de flujo en canales abiertos*. Recuperado 4 de febrero, del 2018, de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf
29. Mena, P., & Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos. Ecuador*. Recuperado el 21 de julio, del 2018:
<http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>

30. Mena, P., & Medina, G. (s.f.). La biodiversidad de los páramos en el Ecuador. Recuperado el 22 de julio, del 2018: <https://utplbiodiversity.wikispaces.com/file/view/biodiversidad.pdf>
31. Miranda, R. (2016) *Análisis microbiológico de la calidad del agua del río algodonol en el tramo comprendido entre los municipios de abrego y ocaña, norte de Santander*. Recuperado el 22 de julio, del 2018: https://www.google.com/search?q=ANALISIS+MICROBIOLOGICO+DE+LA+CALIDAD+DEL+AGUA+DEL+RIO+ALGODONAL+EN+EL+TRAMO+COMPENDIDO+ENTRE+LOS+MUNICIPIOS+DE+ABREGO+Y+OCA%C3%91A%2C+NORTE+DE+SANTANDER&rlz=1C1GCEA_enEC746EC746&oq=ANALISIS+MICROBIOLOGICO+DE+LA+CALIDAD+DEL+AGUA+DEL+RIO+ALGODONAL+EN+EL+TRAMO+COMPENDIDO+ENTRE+LOS+MUNICIPIOS+DE+ABREGO+Y+OCA%C3%91A%2C+NORTE+DE+SANTANDER&aqs=chrome.69i57.1454j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
32. Moreta, J. (2008). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias*. Ibarra 2008. Recuperado el 10 de febrero, del 2018, de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/720/2/06%20NUT%20099%20TESIS.pdf>
33. Patiño, A. (2015). *Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la Quebrada La Vieja*. Recuperado 10 de julio, del 2018, de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4724/1/Pati%C3%B1oPescadorGinaAlejandra2015.pdf>
34. Regalado, L. (2012). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. Legislación Ambiental Ecuatoriana. Recuperado 4 de abril, del 2018, de: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/233256-legislacion-ambiental-ecuatoriana/>

35. Roldán G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP/Col. Antioquia. Colombia: Universidad.
36. Rodríguez, M. (2011). *Estudio de la diversidad florística a diferentes altitudes en el páramo de almohadillas de la comunidad Yatzaputzán, cantón Ambato.* (Tesis de grado. Ingeniero Forestal) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Recuperado 1 de abril, del 2018, en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/741/1/33T0081.pdf>
37. Rosero, D., & Fossati, O. (2009). *Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta.* Recuperado de 5 de mayo, del 2018, de: <https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf>
38. Sancha, A. (s.f). *Presencia de cobre en aguas de consumo humano: causas, efectos y soluciones.* Recuperado 20 de julio, del 2018, de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/sancha.pdf>
39. Sánchez, C. (2015) *Estudio del estado actual del ecosistema páramo en Tungurahua.* Recuperado el 22 de julio, 2018, de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2015-redEstudio_Estado_Actual_del_Ecosistema_P+%C3%ADramo.pdf
40. Sandoval, W. (2014). *Determinación de Caudales en cuencas con poca información Hidrológica.* Recuperado 3 de mayo, del 2018, de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DialnetDeterminacionDeCaudalesEnCuencasConPocoInformacion-5210356.pdf>
41. SENAGUA (2018). *Secretaría Nacional Del Agua.* Comité prodirectorío de aguas del caserío El Calvario del cantón Tisaleo: Expediente N° 388-96

42. Sigler, A., & Bauder, J. (s.f). *Nitrato y nitrito*. Recuperado de 4 de abril, del 2018, de: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf
43. Tenelema, D. (2017). *Evaluación físico, químico y microbiológico del agua de la Junta de Agua Potable de la Parroquia San Miguelito, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua*. Recuperado de 3 de febrero, del 2018, de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6840/1/56T00729.pdf>
44. Toledo, M. (2016) *Estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores, en microcuenca del Río Chimborazo (ec)*. Recuperado el 22 de julio, del 2018, de: https://www.researchgate.net/publication/312192044_ESTUDIO_DE_LA_CALIDAD_DE_AGUA_UTILIZANDO_BIO-INDICADORES_EN_MICROCENCA_DEL_RIO_CHIMBORAZO_EC
45. Vásconez, P. (2001) *Los páramos del Ecuador, particularidades, problemas y perspectivas*. Recuperado el 22 de julio, del 2018: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20\(Eds.\).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BH OJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BH OJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf)
46. Vásquez, M. (2016) *Evaluación de la calidad físico-química y biológica de la laguna de ubaque para el diseño y actualización de las medidas de manejo ambiental*. Recuperado el 22 de julio, del 2018: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9493/EVALUACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20FISICO-QUIMICA%20Y%20BIOL%C3%93GICA%20DE%20LA%20LAGUNA%20DE%20UBAQUE%20PARA%20EL%20DISE%C3%91O%20Y%20LA%20AC.pdf?sequence=1>
47. Velasco, J. (2004) *Características físico-químicas de diferentes masas de agua: Cuenca del Duero (España)*. Recuperado el 21 de julio, de 2018: <https://core.ac.uk/download/pdf/36110743.pdf>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Socialización con la comunidad El Calvario para la planificación de la investigación.



Anexo 2. Reconocimiento y georeferenciación de la zona en estudio.

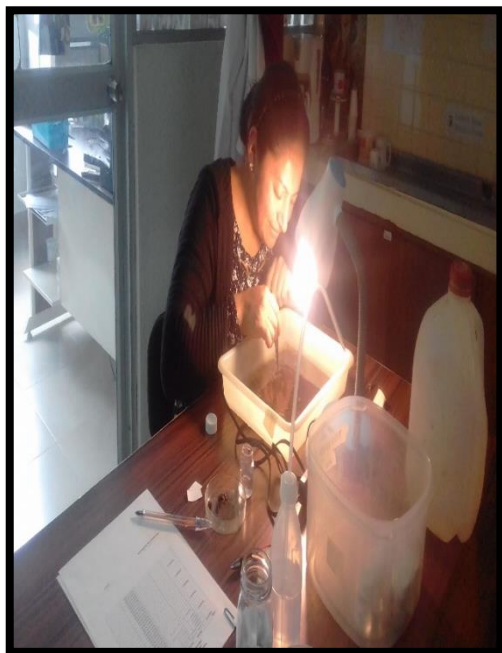


Anexo 3. Instalación y recolección de datos del método de vertedero triangular**Anexo 4.** Instalación y recolección de datos del método de aforo volumétrico

Anexo 5 Establecimiento de trampa y recolección de macroinvertebrados.



Anexo 6. Limpieza e identificación de macroinvertebrados



Anexo 7. Medición del pH en muestras recolectadas en la zona de estudio



Anexo. 8 Recolección de muestras para el análisis fisicoquímico y microbiológico.



Anexo 9. Datos tomados en las estaciones por el método del vertedero triangular.

CAUDALES m³/s					
METODO DEL VERTEDERO					
MESES	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
ENERO	0,005	0,006	0,009	0,009	0,009
FEBRERO	0,006	0,006	0,012	0,015	0,014
MARZO	0,007	0,009	0,015	0,013	0,016
ABRIL	0,008	0,008	0,016	0,015	0,019
Promedio	0,006	0,007	0,012	0,012	0,013

Anexo 10. Análisis Físico Químico y microbiológico de agua (Zona de Impacto)



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN FISICO QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 125-18

CLIENTE: Jessica Peralta

TIPO DE MUESTRA: Agua Muestra 1 (vertiente)

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de abril del 2018

LOCALIDAD: Páramos de la Comunidad El Clavario

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	42
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	64
Turbiedad	UNT	5	3.96
Dureza	mg/L	200	56
Plomo	mg/L	0.01	0.014
Cadmio	mg/L	0.003	0.02
Cobre	mg/L	2.0	0.03
Cromo	mg/L	0.05	0.021
Nitritos	mg/L	0.01	0.014
Nitratos	mg/L	< 40	0.8
Sólidos Disueltos	mg/L	500	45
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	30
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	1

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua apta para consumo doméstico

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada



Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contáctanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador

Anexo 11. Análisis Físico Químico y Microbiológico de agua (Zona de captación)



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN FISICO QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA

CÓDIGO: 126-18

CLIENTE: Jessica Peralta

TIPO DE MUESTRA: Agua Muestra 2 (zona impactada)

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de abril del 2018

LOCALIDAD: Páramos de la Comunidad El Clavario

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	304
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	49.6
Turbiedad	UNT	5	26.2
Dureza	mg/L	200	40
Plomo	mg/L	0.01	0.38
Cadmio	mg/L	0.003	0.05
Cobre	mg/L	2.0	0.13
Cromo	mg/L	0.05	0.034
Nitritos	mg/L	0,01	0.016
Nitratos	mg/L	< 40	1.2
Sólidos Disueltos	mg/L	500	26.2
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	5.4×10^4
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	1×10^3

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua apta para consumo doméstico

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada



Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contáctanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador

Anexo 12. Análisis Físico Químico y Microbiológico de agua (Zona de captación)



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN FISICO QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 127-18

CLIENTE: Jessica Peralta

TIPO DE MUESTRA: Agua Muestra 3 (punto de captación)

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de abril del 2018

LOCALIDAD: Páramos de la Comunidad El Clavario

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	316
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	51
Turbiedad	UNT	5	22.8
Dureza	mg/L	200	24
Plomo	mg/L	0.01	0.58
Cadmio	mg/L	0.003	0.03
Cobre	mg/L	2.0	0.11
Cromo	mg/L	0.05	0.025
Nitritos	mg/L	0,01	0.20
Nitratos	mg/L	< 40	1.6
Sólidos Disueltos	mg/L	500	28
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	1.42×10^5
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	9.7×10^3

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua apta para consumo doméstico

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada

Anexo 13. Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente-Chimborazo.**Oficio Nro. MAE-DPACH-2018-0232-O****Riobamba, 23 de febrero de 2018**

Asunto: Permiso de investigación: "Determinación del caudal y calidad del agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el Cantón Tisaleo".

Señorita
Jessica Magaly Peralta Peralta
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al documento No. MAE-DPACH-2018-0347-E, donde el Sra. Jessica Magaly Peralta Peralta CI 1804773776, solicita la emisión de la respectiva autorización de investigación científica con el tema: "Determinación del caudal y calidad del agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el Cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua"

Me permito informar que una vez que el proyecto ha sido revisado por técnicos de la Unidad de Patrimonio Natural y ha cumplido con lo establecido en el TULSMA, se elaboró la Autorización de Investigación científica Nro. 006-IC-DPACH-MAE-2018, la misma que adjunto para su lectura y conocimiento de las obligaciones que adquiere en calidad de Investigador principal.

Por favor tomar en cuenta las siguientes fechas:

Vigencia: 23/02/2018 al 23/02/2019
Entrega del informe final: 23/02/2019

Para realizar la movilización de los especímenes colectados debe contar con el documento de autorización respectivo, el cual es emitido en la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Anexo 14. Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente-Chimborazo



Ministerio
del Ambiente



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Oficio Nro. MAE-DPACH-2018-0232-O

Riobamba, 23 de febrero de 2018

Documento firmado electrónicamente

Ing. Marcelo Patricio Pino Cáceres

**DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO,
ENCARGADO**

Referencias:

- MAE-UPNCH-DPACH-2018-0185-M

Anexos:

- scanned-image0252735001519405466.pdf

Copia:

Señor Ingeniero

Paúl Eduardo Tito Guanuche

Administrador en Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Encargado

Señor Ingeniero

Alberto Paúl Castelo Castelo

Responsable de la Unidad de Patrimonio Natural

Señor Ingeniero

Diego Fernando Veloz Goyes

Especialista en Áreas Protegidas Provinciales - Parque Nacional Sangay

Señorita Doctora

María Dolores Astudillo Vallejo

Guardaparque del Parque Nacional Sangay - Vida Silvestre

dv/ac

Papel Ecológico

generado por Quiquix

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO
Av. 9 de Octubre y Duchicela, Quinta Macaji
Riobamba - Ecuador
Código Postal: 060103
Tel/fax: (593 3) 2610029
www.ambiente.gob.ec

2/2

Anexo 15. Guía de especímenes de flora y fauna silvestre.



MINISTERIO
DEL AMBIENTE

**GUÍA DE MOVILIZACIÓN DE ESPECÍMENES DE FLORA Y
FAUNA SILVESTRES
Nro. 007-2018**

Fecha de emisión: 01-03-2018 10H00 (Fecha y hora).

Fecha de movilización: 01-03-2018 Válido hasta: 02-03-2018 (Máx 24 horas)

La Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo, Autoriza a: Jessica Magaly Peralta Peralta C.C. 1804773776, para la movilización de especímenes de Macroinvertebrados FAUNA desde la Provincia de: Tungurahua, Cantón: Tisaleo hacia: Provincia de Pichincha, cantón Quito, ciudad: Quito DM, de acuerdo al siguiente detalle:

Nombre Científico	Nombre Común	Descripción del espécimen o parte constitutiva	Estado	Cantidad
Macroinvertebrados	Macroinvertebrados	Muestras de agua	Conservados en alcohol al 75%	30 muestras
TOTAL				30 muestras

Observaciones:

Las muestras fueron recolectadas en el cantón Tisaleo, parroquia La Matriz comunidad el Calvario con autorización de investigación científica Nro. 006-IC-DPACH-MAE-2018.

Movilización:

Vehículo: Transporte Interprovincial Riobamba-Quito.

Motivo de movilización:

Traslado a Unidad de manejo (x) Nombre: Museo de Zoología de la PUCEP

Investigación

(x) Nombre: "Determinación del caudal y calidad de agua en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua".

Permiso de Investigación N° 006-IC-DPACH-MAE-2018.

Exhibición itinerante


(no) Nombre:.....

Comercio

(no)

Otros

(no)


Ing. Marcelo Pino Cáceres

DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

ENTREGO CONFORME


RESPONSABLE UNIDAD DE VIDA SILVESTRE

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO



Reserva de Producción de Fauna
Chimborazo



Parque Nacional
Sangay

Dirección: Av. 8 de Octubre y Duchicela, sector Macaji - Riobamba
Cód. Postal: 060105
Teléfono: 071 9156 000

Anexo 16. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales		nmp/100 ml	50*
Cloruros	Cl-	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2
Dureza	CaCO3	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante		AUSENCIA	
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor		Ausencia	
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO4=	mg/l	250

Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura		°C	Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C6H6	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		g/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Fuente: normativa Tulsma

Nota: Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Anexo 17. Coordenadas geográficas de la ubicación de las estaciones de estudio

Estación	X	Y	Altura(m.s.n.m)
0	759291	9850281	3863
1	755021	9846197	3817
2	755073	9846370	3808
3	755198	9846491	3794
4	755291	9847696	3769
5	755391	9846844	3743

Anexo 18. Permiso para identificación de los macroinvertebrados.



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador



Sección Invertebrados

Av. 12 de Octubre 1076 y Roca
Telf: (593-2) 2991700 Ext. 1294
Fax: (592-2) 2991687
e-mail: arbarragan@puce.edu.ec
Quito-Ecuador

Museo QCAZ Patente N° 05-2018-FAU-DPAP-MA

Oficio # QCAZ-0008TU-2018

CERTIFICADO

Quito, 7 de Mayo del 2018

El Museo de Zoología (QCAZ) Sección Invertebrados, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, certifica que la investigadora Jessica Magaly Peralta Peralta de la ESPOCH, realizó el depósito de 1499 especímenes de Macroinvertebrados, provenientes de la investigación titulada "Determinación del caudal y calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad El Calvario, ubicado en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua" permiso de investigación N°006-IC-DPACH-MAE-2018. Movilización N°007-2018.

Agradecemos su contribución y asumimos la total administración de la muestra entregada.

Se adjunta lista digital de especímenes.

Atentamente,



M.Sc. Alvaro Barragán
Curador Museo QCAZ
Sección Invertebrados
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Investigadora:

Anexo 19. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 0.

<i>"ESTACION 0" 3863msnm</i>			
Orden	Familia	BMWP	ABI
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	1	1
DIPTERA	TIPULIDAE	3	5
	CHIRONOMIDAE	2	2
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	7	5
	SIMULIDAE	8	5
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	8	8
COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	-	-
ARACNIDA	TROMBIDIFORMES	4	6
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
TOTAL		47	43
CALIDAD DE AGUA		Dudosa	Regular
CLASE		III	

Anexo 20. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 1.

<i>"ESTACION 1" 3817msnm</i>			
Orden	Familia	BMWP	ABI
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2	2
DIPTERA	SIMULIDAE	2	5
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	4
VENEROIDA	SPHAERIIDAE	4	3
GORDIOIDEA	CHORDODIDAE	-	-
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
COLEOPTERA	CURCULIONIDAE	-	-
TROMBIDIFORME	HYDRACARINA	4	4
ARHYNCHOBDLLINA	HIRUDINAIDEA	3	3
BASOMMATOPHORA	PLANORBIDAE	5	3
TOTAL		37	35
CALIDAD DE AGUA		Dudosa	Regular
CLASE		III	

Anexo 21. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 2

<i>“Estación 2” 3808msnm</i>			
Orden	Familia	BMWP	ABI
OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDAE	1	1
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
VENEROIDA	SPHACRIIDEA	4	3
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2	2
TROMBIDIFORMES	HYDRACAINA	4	4
HETEROPTERA	CORIXIDAE	7	5
GORDIODEA	CHORDODIDAE	-	-
COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	-	-
DIPTERA	SIMULIDAE	8	5
TOTAL		43	35
CALIDAD DE AGUA		Dudosa	Regular
CLASE		III	

Anexo 22. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 3.

<i>“Estación 3” 3794msnm</i>			
Orden	Familia	BMWP	ABI
DIPTERA	TIPULIDAE	3	5
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2	2
ARHYNCHOBDELLINA	HIRUDINOIDAE	3	3
VENEROIDA	SHAERIIDAE	4	3
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
COLEPTERA	SCIRTIDAE	7	5
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	7	4
OLIGOCHAETA	LOMBRICULIDAE	-	-
TROMBIDIFORME	HYDRACARINA	4	4
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	4
TOTAL		47	41
CALIDAD DE AGUA		Dudosa	Regular
CLASE		III	

Anexo 23. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 4.

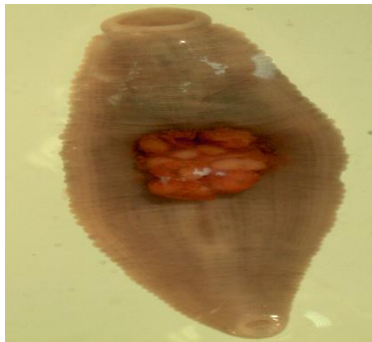
"Estacion 4" .3769msnm			
Orden	Familia	BMWP	ABI
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2	2
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
ARHYNCHOBDELLIDA	HIRUDINEA	3	3
COLEPTERA	SCIRTIDAE	7	5
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
VENEROIDA	SPHARRIDAE	4	3
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	7	4
TROMBIDIFORMES	HYDRACAINA	4	4
DIPTERA	SIMULIIDAE	8	5
DIPTERA	EMPIDIDAE	4	4
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	4
OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	1	1
COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	-	-
DIPTERA	TIPULIDAE	3	5
TOTAL		60	51
CALIDAD DE AGUA		Dudosa	Regular
CLASE		III	

Anexo 24. Identificación de los macroinvertebrados en la estación 5.

"Estación 5" 53743msnm			
Orden	Familia	BMWP	ABI
DIPTERA	SIMULIDAE	8	5
ARHYCHOBDELLIDA	HIRUDINEA	3	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2	2
COLEPTERA	SCIRTIDAE	7	5
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	7	4
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	7	6
OLIGACHAETA	HAPLOTAXIDA	1	1
DIPTERA	MUSCIDAE	2	2
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	4
TRICLADIDA	PLANARIIDAE	7	5
TROMBIDIFORME	HYDRACAINA	4	4
BASOMMATOPHORA	PLANORBIDAE	5	3
COLEPTERA	ELMIDAE	6	5
TOTAL		62	49
CALIDAD DE AGUA		Aceptable	Regular
CLASE		II	

Anexo 25. Macroinvertebrados bioindicadores de la calidad del agua los páramos de la Comunidad El Calvario.

Arhynchobdellina –Hirudinaidea



Ephemeroptera - Baetidae



Coleóptera- Musidae



Coleóptera-Scirtidae



Amphipoda Hyalellidae



Trichoptera- Leptoceridae



Diptera – Tipulidae



Diptera-Chironomidae



Diptera-Simulidae



Diptera-Ceratopogonidae



Diptera-Empididae



Arachnida -Trombidiformes



Anexo 26. Número de individuos de cada Taxa colectados en las 5 estaciones de monitoreo.

MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS 3863-3743msnm				
Orden	Familias	Muestreo 1	Muestreo 2	
1	EPHEMEROPTERA	Baetidae	40	21
2	GORDIOIDEA	Chordodidae	6	2
3	COLLEMBOLA	Collembola	6	0
4	HETEROPTERA	Corixidae	1	0
5	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	25	20
6	ARHYNCHOBDELLINA	Hirudinaidea	20	12
7	AMPHIPODA	Hyalellidae	462	464
8	TRICHOPTERA	Leptoceridae	14	8
9	TRICLADIDA	Planariidae	18	11
10	BASOMMATOPHORA	Planorbidae	1	0
11	VENEROIDA	Sphaeriidae	25	16
12	TROMBIDIFORME	Hydracarina	35	11
		Ceratopogonidae	22	12
		Chironomidae	92	50
		Elmidae	2	0
		Simulidae	30	23
		Empididae	2	0
		Muscidae	2	0
13	DIPTERA	Tipulidae	5	4
		Curculionidae	1	0
14	COLEOPTERA	Scirtidae	25	11
		TOTAL	1499 individuos	