

**CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS EN LOS PÁRAMOS DE TUNGURAHUA USANDO
BIOINDICADORES ACUÁTICOS**



JUAN CALLES L.

Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda.



Contenido	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	3
Metodología	5
Colección de las muestras.....	5
Sitios de muestreo.....	6
Índice de calidad del agua.....	8
Resultados	19
Conclusiones y recomendaciones	23
Bibliografía	24
Anexos	25

Introducción

Los páramos son ecosistemas muy complejos y con una alta intervención humana ubicados en los Andes tropicales. El paisaje del páramo está definido en gran medida por las diferentes intervenciones que el hombre ha realizado sobre este ecosistema (Hofstede *et. al.*, 2011). Los páramos de la provincia de Tungurahua son de gran importancia para la regulación de la provisión de agua para las comunidades ubicadas en el páramo y las zonas bajas de la provincia. La mayoría de las fuentes de agua para consumo humano y canales de riego se ubican en este ecosistema. En la actualidad existe una gran preocupación sobre la condición ecológica de los páramos y en especial de la calidad y cantidad de agua de los ríos y quebradas ubicadas en este ecosistema. Es así que la Agenda Ambiental de Tungurahua busca “Declarar a los páramos como áreas estratégicas de interés para la conservación, recuperación y protección de las fuentes de agua; e incrementar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, mediante un manejo apropiado de los recursos hídricos, mejorando las condiciones económicas y sociales de las comunidades que tienen acceso a los páramos” (HGPT, 2014).

En estudios previos se ha dado mucha atención a la cantidad de agua y el inventario de recursos hídricos de la provincia cuenta con información detallada en los temas de cantidad de agua. Sin embargo, los temas de calidad de agua han sido menos estudiados y se han centrado básicamente en el análisis de parámetros físico-químicos. A pesar de que se reconoce que la calidad del agua es un tema importante y que se han identificado presiones como cambio de uso del suelo, aguas servidas, desechos sólidos, muy poco se conoce de las condiciones ecológicas de los ríos.

Los ríos que nacen en los páramos soportan grandes presiones, sobre todo por el aumento de las necesidades de agua en las zonas bajas. Esto ha provocado que en muchos casos los ríos y quebradas permanezcan secos por varios meses al año ya que el agua que los alimenta es tomada para consumo humano y canales de riego. Estas presiones adicionales a la ampliación de la frontera agrícola, sobre todo la ganadería en los páramos, está provocando una degradación permanente de la calidad y cantidad de agua disponible en los ríos y quebradas

Por esta razón y como parte del estudio sobre “El estado actual del ecosistema páramo en Tungurahua”, se realizó la caracterización biológica de los ríos ubicados en este ecosistema. Para esta caracterización se utilizó a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en los ríos andinos en el Ecuador (Calles *et. al.*, 2010, Encalada, *et. al.*, 2011, Giacometti y Bersosa, 2006).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que viven en el lecho de los ríos adheridos a rocas, piedras, grava enterrados en el sustrato arenoso, o en la vegetación acuática. Estos organismos responden a las variaciones de la calidad del agua en la que viven. Es por esta razón que se los ha utilizado como indicadores de la calidad del agua ya que algunos grupos son muy sensibles a los cambios en la cantidad de oxígeno o a la contaminación orgánica e inorgánica. De esta manera se clasifica a los organismos que se encuentran en los ríos de acuerdo a su tolerancia, o no a las alteraciones ambientales. En base a los organismos que se

encuentran se elaboran los índices de calidad del agua asignando valores entre 1 y 10 a los macroinvertebrados de acuerdo a su sensibilidad.

La calidad biológica de los ríos se basa en que una mayor diversidad de organismos presentes en el agua del río representan una mejor condición ecológica de los mismos, ya que al igual que otros ecosistemas a mayor diversidad, mejor estado de conservación (Figura 1).

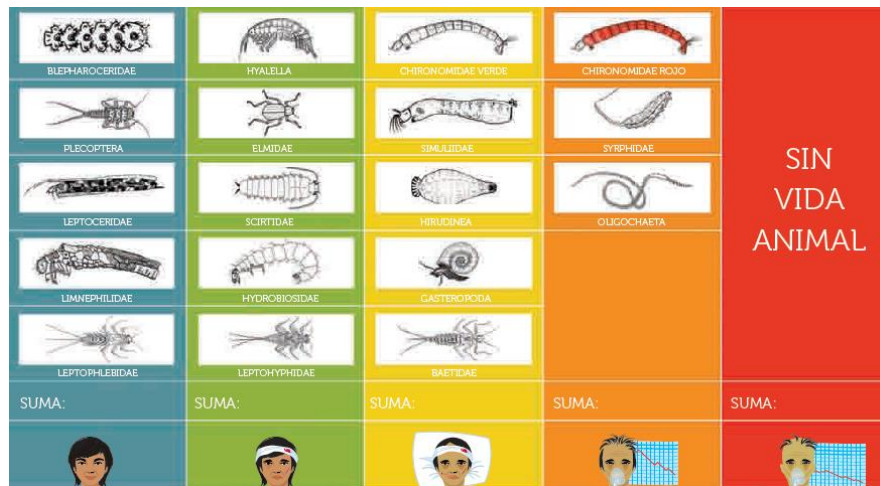


Figura 1. Calidad biológica del río. Fuente: Encalada et. al., 2011.

A la evaluación con este tipo de indicadores también se lo denomina biomonitoreo, y se utilizan los macroinvertebrados acuáticos por las siguientes características:

- Son abundantes en los lechos de los ríos.
- Son fáciles de muestrear e identificar.
- Viven por períodos largos en los ríos.
- Se distribuyen ampliamente en los ríos.
- Son sedentarios por lo que responden bien a los cambios ambientales.

Los organismos acuáticos responden a los cambios en el uso del suelo en las microcuencas aportantes, al ingreso de contaminantes como coliformes y a la alteración de las zonas de ribera. A diferencia de los análisis físico-químicos, el uso de macroinvertebrados da información relativa a varios meses de las condiciones ambientales de los ríos ya que sus ciclos reproductivos toman varios meses en los cuales estos organismos viven en el agua. Los análisis físico-químicos muestran únicamente las condiciones del agua al momento de la toma de la muestra.

El biomonitoreo se puede utilizar para establecer las condiciones ecológicas de los ríos a largo plazo mediante monitoreo permanente de los ríos de los páramos. Esta es una alternativa económica para evaluar el estado de los ríos y tienen también una estrecha relación con la cantidad de agua presente. El biomonitoreo puede servir además para el establecimiento de caudales ecológicos que tienen alteraciones importantes de su caudal, como en el río Ambato.

Metodología

Colección de las muestras

Para la colección de las muestras se utilizó una red tipo “D”. En cada sitio de muestreo se realizó una colección multi-hábitat para cubrir todas las condiciones que se encuentran en los ríos (rápidos, lentos, pozas, vegetación acuática) (Figura 2).



Figura 2. Muestreo con red tipo “D”.

El material colectado fue colocado en una funda plástica sellada y se colocó alcohol etílico al 90% para la preservación de las muestras. En el laboratorio se limpió las muestras y se identificó el material siguiendo las guías de diversos autores (Roldán, 1996., Encalada, *et. al.*, 2011., Fernández y Domínguez, 2011) (Figura 3). Las muestras identificadas fueron etiquetadas y almacenadas en frascos plásticos sellados.



Figura 3. Macroinvertebrados obtenidos de las muestras tomadas en los ríos.

En cada punto se realizó el muestreo por un tiempo de 5 minutos para cubrir los diversos hábitats mencionados. En cada lugar se registró la temperatura del agua, conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos y potencial de hidrógeno (pH) (Figura 4).



Figura 4. Materiales utilizados para la toma de muestras y registro de calidad del agua.

Sitios de muestreo

En los páramos de la provincia de Tungurahua se establecieron un total de 14 sitios de muestreo. Estos sitios fueron establecidos considerando la accesibilidad al sitio, el uso del suelo en la unidad hidrográfica aportante del río y la altitud. En el recorrido realizado se priorizó los sitios ubicados en la zona occidental de la provincia, la zona norte y sur presentan muchos drenajes pero no ríos permanentes por lo que no se pudieron encontrar sitios que permitieran efectuar el muestreo. Los 14 puntos se encuentran repartidos en las 5 zonas de páramo establecidas por el Gobierno de la provincia de Tungurahua de acuerdo a las características de los páramos. En la siguiente tabla se muestra la ubicación de los sitios de muestreo (Tabla 1 y Figura 5).

Tabla 1. Sitios de muestreo en los páramos de la provincia de Tungurahua.

Sitio	X	Y	Altitud
Río Blanco	782513,59	9859049,22	3300
Río Yatzaputzan	744692,53	9849847,52	3900
Salado	738200,11	9856823,03	3740
Pampas Salasaca	754779,34	9845550,08	3870
Pisayambo	780996,94	9874206,71	3400
Sanjapamba	736220,42	9854565,33	3820
Río Ambato Termas	737366,14	9852213,75	3670
Río Ambato Alto	736710,07	9849243,20	3770
Río Colorado	740669,45	9844699,15	4080
Río Chiquicahua	749260,73	9851508,53	3660
Qda. Patalo	753720,68	9851983,62	3445
Qda. Pusunyuyo	746202,00	9872658,00	4095
Río Tingo	740346,00	9866235,00	3745

Qda. Sachahuayco	753108,00	9840116,00	4000
------------------	-----------	------------	------

* WGS84 17S.

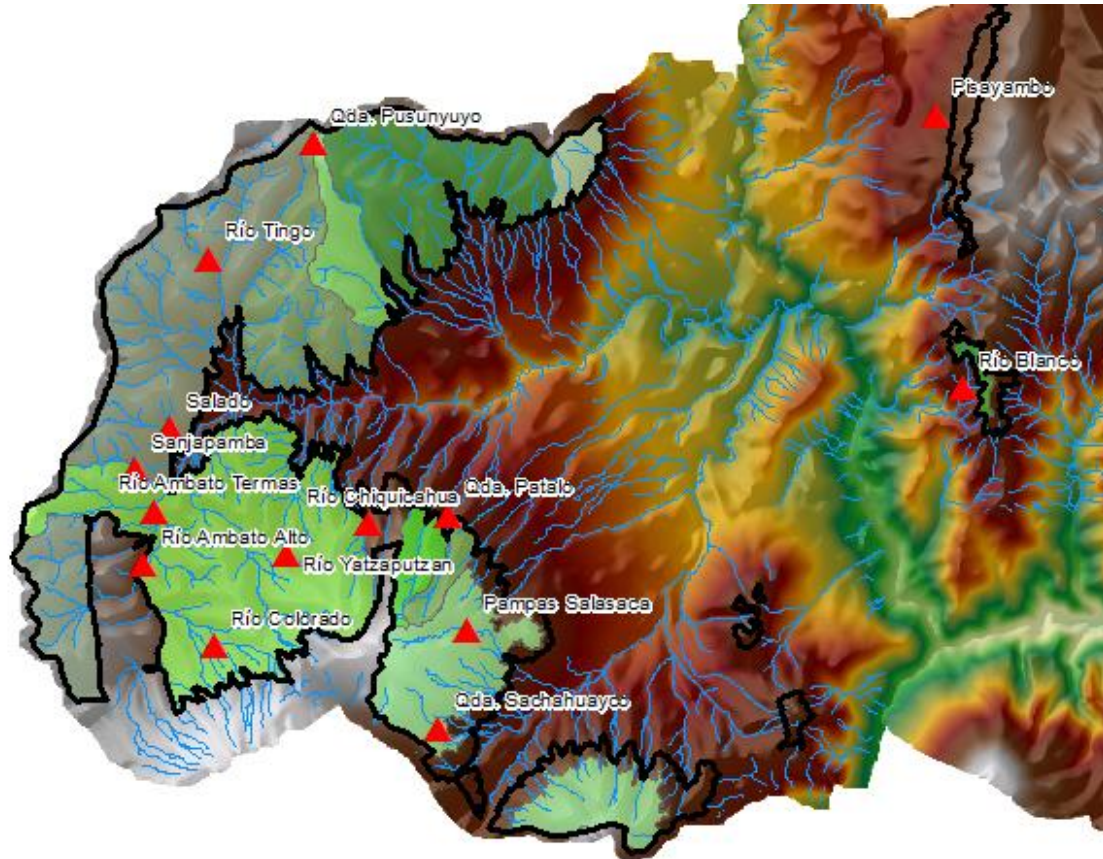
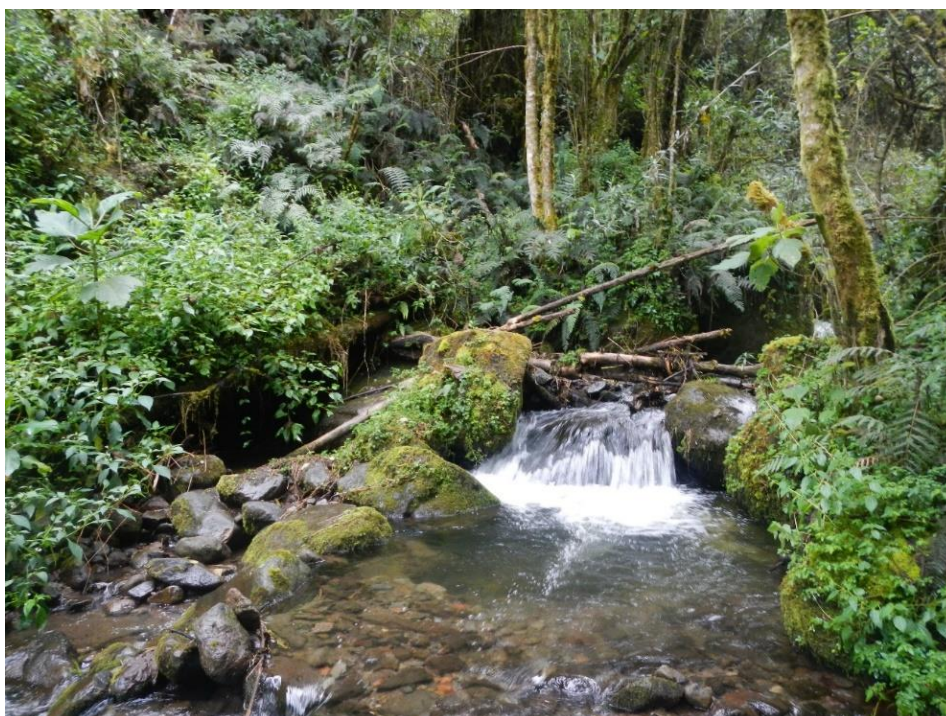


Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.

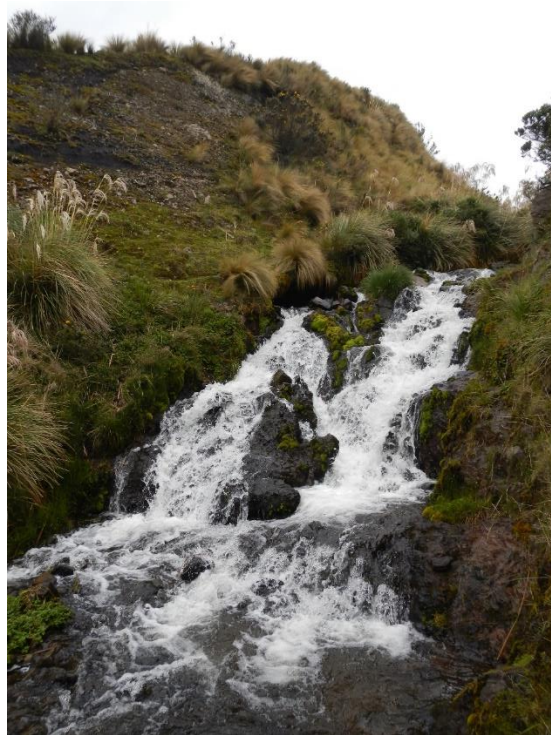
*Acceso a sitios de muestreo***Río Blanco-Patate**

Para llegar al sitio de muestreo se toma la vía entre Patate y Poatog y posteriormente en dirección al Parque Nacional Llanganates se llega hasta la reserva comunal de Río Blanco. Desde la carretera se accede a la quebrada a pie con un recorrido de aproximadamente 1 kilómetro hasta llegar al río ubicado a 3300 metros de altitud. El río tiene una excelente cobertura vegetal en el margen oriental, mientras el margen occidental presenta un alto nivel de intervención y actividad ganadera activa. El sustrato está compuesto de grava, y piedras grandes y medianas con gran cantidad de hojarasca.

INDICE ABI: MUY BUENA**Río Tingo**

Para acceder a este punto se llega por la vía que comunica el embalse Chiquihurco con el embalse Mula Corral, desde este punto a 2,5 km en dirección a Llangahua. El río se ubica a 3745 metros de altitud, tiene una fuerte pendiente. El río tiene entre 2 a 3 metros de ancho con un sustrato pedregoso. No existe actividad humana importante en la zona alta de esta microcuenca ya que se encuentra en un área protegida por las comunidades locales. Este río es utilizado como aportante para el embalse de Mula Corral. Las riberas del río tienen vegetación arbustiva y pajonales en buen estado de conservación.

INDICE ABI: MUY BUENA



Río Ambato alto

Este sitio se ubica a 6,5 kilómetros en la vía denominada Vía Flores ingresando por la vía Ambato-Guaranda. Este río se forma principalmente por vertientes de agua subterránea provenientes de los deshielos del Chimborazo y los aportes de pequeñas microcuencas ubicadas en la zona alta. El sitio de muestreo se encuentra a 3770 metros de altitud, el río presenta un sustrato compuesto de piedras grandes, y grava, además una gran cantidad de plantas acuáticas en sus orillas. Las riberas están compuestas de pastizales y pajonales muy húmedos con una alta presencia de ganado a lo largo del curso del río. Se presentan varios canales de riego que toman el agua a esta altura y lo desvían paralelamente a este río. Adicionalmente, se localizan varias casas dispersas y corre a lo largo del río la vía Flores provocando la entrada de desechos y sedimentos desde esta vía. La mayor amenaza para este río es la gran cantidad de ganado presente, sin embargo, la calidad del agua no se ha deteriorado en gran proporción debido al alto caudal presenta a esta altura.

INDICE ABI: MUY BUENA



Río Ambato termas

Este sitio se ubica a 10 kilómetros en la vía denominada Vía Flores ingresando por la vía Ambato-Guaranda. Este río se forma principalmente por vertientes de agua subterránea provenientes de los deshielos del Chimborazo y los aportes de pequeñas microcuencas ubicadas en la zona alta. El sitio de muestreo se encuentra a 3670 metros de altitud, el río es de 5 metros de ancho y presenta un sustrato compuesto de piedras grandes, medianas, grava y arena. Las riberas están compuestas de pastizales, pajonales muy húmedos con una alta presencia de ganado a lo largo del curso del río y pinos plantados. Al igual que el sitio anterior, varios canales de riego toman el agua a esta altura y lo desvían paralelamente a este río. Del mismo modo, la vía que corre a lo largo del río provoca la entrada de desechos y sedimentos. La mayor amenaza para este río es la gran cantidad de ganado presente, sin embargo, la calidad del agua no se ha deteriorado en gran proporción debido al alto caudal que se presenta a esta altura.

INDICE ABI: MUY BUENA



Quebrada Sachahuayco

Se accede a este lugar por una vía secundaria y terciaria utilizada principalmente por las haciendas ganaderas locales. Se llega desde la ciudad de Mocha en dirección a los límites de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo. Este sitio está ubicado a 4000 metros de altitud y se origina en las estribaciones del Carihuairazo. La quebrada es de gran importancia para la provisión de agua para el sistema regional Yanahurco que abastece a varias poblaciones locales. Presenta un buen estado de conservación en sus riberas y el lecho del río tiene un ancho entre 1 a 2 metros, es de grava con rocas de tamaño mediano y con presencia de vegetación acuática. La quebrada tiene varios puntos en los cuales se han construido sistemas de captación de agua potable. Es una microcuenca que está en recuperación en algunos sectores y en la actualidad una parte de ella está dentro del programa Socio Páramo. Existe el ingreso furtivo de ganado desde las haciendas vecinas y es un problema permanente en esta zona. El río mantiene un buen caudal que permite abastecer a las poblaciones locales dependientes del sistema Yanahurco.

INDICE ABI: BUENA



Río Salado

Para llegar a este sitio se accede por la vía a Flores desde Ambato y se llega al poblado de El Salado a 2 kilómetros de la vía principal. En este sector el sitio de muestreo se ubica a 3740 metros de altitud. Se encuentra en un sitio intervenido con pastizales y presencia de ganado vacuno y remanentes de pajonales en la zona alta de la microcuenca. El lecho del río es de unos 80 centímetros con sustrato de grava y piedras pequeñas.

INDICE ABI: BUENA



Quebrada Pataló

Para acceder al sitio de muestreo se llega por la vía asfaltada con dirección Ambato-Guaranda a 2,4 kilómetros desde la entrada a Juan Benigno Vela, en este punto se toma dirección oeste en el puente sobre la Quebrada Pataló. Subiendo por una vía secundaria por 3 kilómetros se llega al punto de muestreo. El sitio de muestreo está ubicado a 3445 metros de altitud, la quebrada tiene entre 3 a 4 metros de ancho de lecho, con un sustrato de rocas grandes, medianas y grava; nace en las estribaciones del Carihuairazo. Hay presencia de agricultura y ganadería en las riberas de río y remanentes de vegetación nativa arbustiva en las zonas superiores de la microcuenca. Esta quebrada es fuente de agua tanto para consumo humano como para riego por lo que el caudal en el sitio es muy bajo. En épocas secas probablemente es una quebrada sin agua debido a los aprovechamientos que ocurren aguas arriba.

INDICE ABI: BUENA**Quebrada Sanjapamba**

Para acceder a este sitio se ingresa desde la vía Flores en el sector donde se ubican las termas en el río Ambato, se toma una vía secundaria en la ruta que conduce a Simiatug. El sitio de muestreo se ubica a 3820 metros de altitud en el sector de Sanjapamba. Es una quebrada de 1 metro de ancho con alta presencia de algas en el sustrato, con rocas grandes y crecimiento de plantas acuáticas. En las riberas se encuentra pajonales, pastos y cultivos en la zona cercana al sitio de monitoreo. También hay la presencia de algunas casas dispersas en la microcuenca.

INDICE ABI: BUENA



Río Yatzaputzan

El sitio se encuentra en la vía Ambato-Guaranda a 6 kilómetros del poblado de Yatzaputzan. Esta quebrada está ubicada a 3900 metros, la microcuenca Yatzaputzan está formada por pajonales en la zona alta y pastos en la zona media y alrededor del sitio de muestreo. La zona alta de la microcuenca se encuentra protegida a nivel comunitario y forma parte también del programa Socio Páramo. Este punto presente una alta humedad del suelo y formaciones pantanosas que aportan agua a la quebrada. El lecho es un canal angosto de alrededor de 50 centímetros con un sustrato lodoso y arenoso con muy pocas rocas.

INDICE ABI: REGULAR



Quebrada Pusunyuyo

Para acceder a este sitio se toma la vía Ambato en dirección a Pasa, por esta vía se va en dirección hacia la represa de Chiquihurco y se toma el desvío hacia la represa Mula Corral. A aproximadamente 4 km se ubica ésta quebrada a una altitud de 4095 metros, la quebrada tiene 1,5 metros de ancho de lecho, el sustrato está formado por grava, arena y piedras medianas. Esta quebrada es uno de los afluentes principales de la represa Chiquihurco y en sus riberas existen pajonales y árboles de *Polylepis* (yagual). Tiene influencia de la carretera que une los embalses de Chiquihurco y Mula Corral lo que provoca un ingreso de sedimentos fruto de la remoción de tierras realizado para la apertura de esta vía. No se observa intervención de actividades agrícolas o ganaderas en los alrededores del sitio de muestreo.

INDICE ABI: REGULAR



Río Chiquicahua

El sitio está ubicado en la vía Ambato-Guaranda a 8,5 kilómetros de la población de Pilahuin. El sitio de muestreo está ubicado a una altitud de 3660 metros. El uso del suelo alrededor del sitio presenta pastos, pinos plantados, vegetación arbustiva y pajonales. El lecho del río tiene un ancho de 5 a 6 metros, el sustrato presenta piedras grandes, medianas y grava. Este río presenta una alta amenaza por las actividades que se desarrollan en sus alrededores y la extracción de agua del río para riego de las zonas más bajas.

INDICE ABI: REGULAR



Quebrada vía Pisayambo

Este sitio se ubica en las cercanías del límite del Parque Nacional Llanganates, se accede por la vía hacia la guardianía del Parque por un camino secundario. El sitio se encuentra a 3400 metros en una zona intervenida dedicada principalmente a la ganadería. En los alrededores del sitio de muestreo hay pinos plantados y remanentes de vegetación arbustiva nativa. El lecho del río es de 1,5 metros de ancho y se forma por la confluencia de dos pequeñas quebradas. El sustrato tiene rocas grandes, grava, piedras pequeñas, y presencia de hojarasca. El lugar es un sitio de paso de ganado y hay evidencias que el sitio sirve como abrevadero para el ganado de la zona.

INDICE ABI: REGULAR



Quebrada Pampas Salasaca

A este sitio se accede desde la población de Tisaleo en dirección hacia los límites de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Se ubica a 3870 metros de altitud. El sitio se forma de una microcuenca con influencia glaciario del Carihuairazo. La zona tiene presencia de ganado bravo en la pampa. Las zonas altas de la microcuenca presentan remanentes de vegetación arbustiva nativa. El lecho del río es de 2 metros de ancho, el sustrato es pedregoso con rocas de tamaño pequeño.

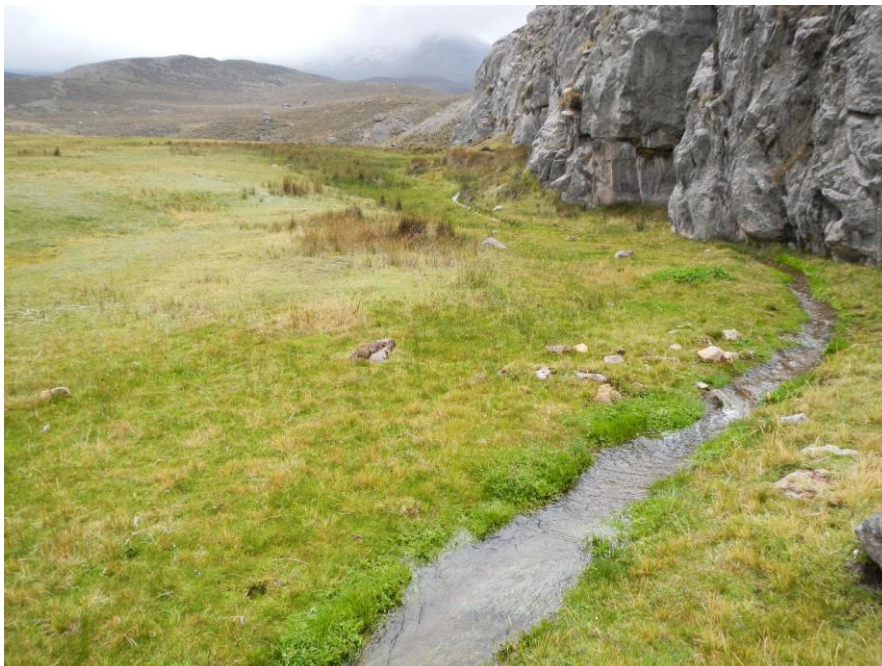
INDICE ABI: MALA



Río Colorado

Se accede a este sitio por la vía Ambato-Guaranda desde el poblado denominado río Colorado. En la zona alta del poblado el sitio de muestreo se ubica a una altitud de 4080 metros. El curso de agua es muy pequeño, el ancho del lecho es de apenas 50 centímetros y una profundidad de 30 centímetros. El sustrato es de grava y lodo con alta presencia de plantas acuáticas. El río se origina en un humedal altamente alterado con presencia de ganado y con zanjias construidas para drenar el agua del humedal hacia los canales de riego de la zona. La regulación del agua en esta zona está amenazada por la alteración del humedal del cual depende en gran parte este río.

INDICE ABI: MALA



Índice de calidad del agua

Para el presente estudio se utilizó el índice de calidad del agua denominado Andean Biotic Index (ABI). Este índice fue desarrollado específicamente para su aplicación en ríos altoandinos por las características propias de clima y ambiente en el que viven los organismos por sobre los 2000 metros de altitud (Ríos-Touma, *et al.* 2014). De acuerdo a esta metodología se estableció los límites para cada rango de valoración de calidad del agua obteniéndose el ABI de los páramos de Tungurahua basados en los 14 sitios caracterizados. Este rango considera los percentiles y la variación entre los valores extremos mínimo y máximo registrados. En el Anexo 1 se incluye la metodología de cálculo de los rangos de calidad. Los rangos establecidos para los páramos de Tungurahua fueron los siguientes:

Calidad del agua	ABI páramos Tungurahua
Muy buena	>84
Buena	73-84
Regular	56-72
Mala	<56

Resultados y Discusión

Luego del trabajo de campo y laboratorio se estableció las siguientes condiciones en los 14 puntos de muestreo establecidos.

Condiciones físicas medidas en campo

El valor promedio de pH en los ríos fue de 7,86 un valor considerado básico, el máximo valor de pH fue de 8,30 en el río Ambato a la altura de las termas, este valor es influenciado por la presencia de aguas minerales en el sector y el valor más bajo de pH fue de 7,11 considerado un valor neutro en el río Colorado formado por agua subterránea proveniente del volcán Chimborazo. La conductividad eléctrica promedio fue de 226,1 us/cm con un máximo de 1043 us/cm en el río Pampas Salasaca y un mínimo de 71 us/cm en la quebrada Pataló. Los Sólidos Disueltos Totales (TDS) tuvieron un valor promedio de 114,7, alcanzando su máximo de 523 mg/l en Pampas Salasaca y un mínimo de 36 en la Quebrada Pataló (Tabla 2). Los valores registrados están relacionados directamente a las condiciones hidro-geológicas de las diferentes microcuencas y con una gran influencia del volcán Chimborazo y del Carihuairazo. Lo valores básicos de varios sitios deben considerarse al momento de efectuar el tratamiento de esta agua para consumo humano, ya que al realizarse la cloración en aguas básicas se requiere una mayor cantidad de cloro para que este desinfectante surta el efecto deseado.

Tabla 2. Valores de los parámetros medidos *in situ*.

Sitio	Temperatura Agua	pH	Conductividad	TDS
Qda. Pusunyuyo	7,5	7,61	77	38
Pampas Salasaca	10,5	7,31	1043	523
Pisayambo	10,7	7,99	85	43
Río Chiquicahua	12,1	8,32	209	104
Río Salado	9,7	7,91	128	64
Río Colorado	11,9	7,11	284	142
Qda. Pataló	12,6	8,04	71	36
Río Ambato termas	11,9	8,30	298	149
Río Tingo	9,5	8,11	114	56
Sanjapamba	10,6	8,12	140	86
Río Blanco	8,3	8,20	155	77
Río Yatzaputzan	9,6	7,57	170	85
Río Ambato alto	12,2	8,17	252	127
Qda. Sachahuayco	9,5	7,34	139	76
Promedio	10,5	7,86	226,1	114,7

Índice de calidad del agua (ABI)

El índice ABI permitió definir la calidad del agua basada en bioindicadores de los 14 sitios registrados en la presente caracterización. En la tabla 3 se puede observar los resultados obtenidos para cada sitio. 4 de las 14 muestras corresponden al 29% de los sitios y estos poseen una calidad del agua Muy buena, 5 de los sitios (36%) presentan calidad de agua

Buena, 3 sitios presentan calidad de agua Regular (21%) y 2 sitios presentan calidad Mala (14%). Estos resultados muestran la gran diferencia que hay entre los diferentes sitios caracterizados. Las diferencias encontradas se deben a las características de las microcuencas donde se encuentran los ríos y al uso del suelo en las mismas. Esto demuestra que si bien la mayoría de los sitios tiene una calidad del agua Regular, también se identifican ríos con calidad de agua Mala. Así existen ríos cuya integridad biológica es muy alta y que pueden servir como sitios de referencia para conocer la calidad biológica de ríos aledaños (Tabla 3).

Tabla 3. Valores del índice ABI (Andean Biotic Index)

Sitio	ABI	Calidad del agua
Río Blanco	121	Muy buena
Río Tingo	118	Muy buena
Río Ambato alto	93	Muy buena
Río Ambato termas	91	Muy buena
Qda. Sachahuayco	83	Buena
Río Salado	82	Buena
Qda. Pataló	80	Buena
Río Yatzaputzan	80	Buena
Sanjapamba	76	Buena
Río Chiquicahua	65	Regular
Pisayambo	60	Regular
Qda. Pusunyuyo	57	Regular
Pampas Salasaca	40	Mala
Río Colorado	36	Mala

El sitio con el valor ABI más alto es el río Blanco ubicado en los límites con el Parque Nacional Llanganates, este valor alto se entiende en parte por la buena cobertura vegetal del río y el caudal del río que permite un mantenimiento del funcionamiento ecológico del río (Figura 6).

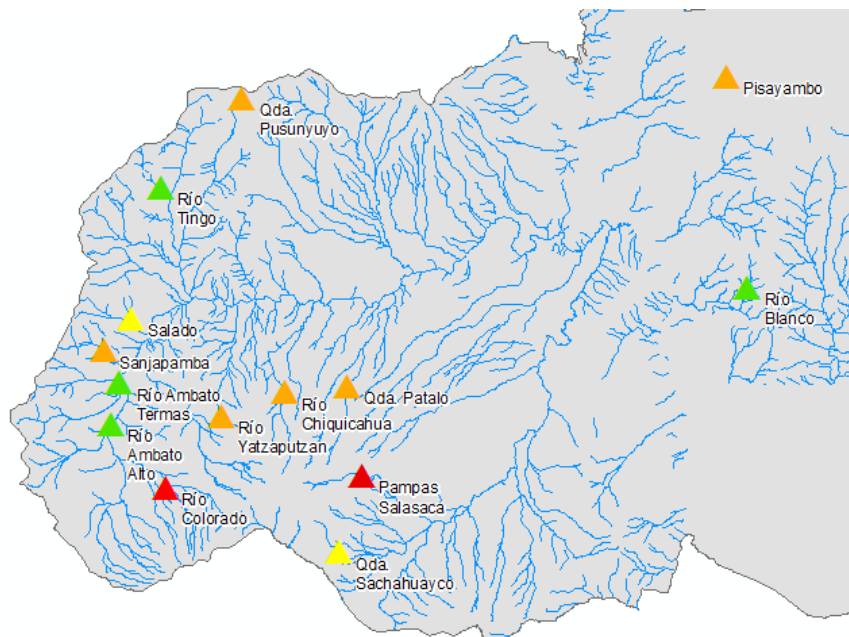


Figura 6. Calidad del agua basada en el índice ABI en los sitios de muestreo.

El caso del río Blanco en Patate muestra la importancia de la conservación de las zonas de ribera para el mantenimiento de la diversidad acuática en los ríos. Los materiales que caen desde las orillas como hojas, troncos, ramas, son la fuente primaria de alimentación para los macroinvertebrados acuáticos. Este río además por su tamaño y caudal permite la presencia de diversos hábitats lo que a su vez genera nuevos espacios para el desarrollo de los organismos acuáticos. Este fue el único sitio que presentó una alta cobertura vegetal en las orillas que se reflejan en la diversidad encontrada.

En el resto de los sitios se trató de lugares de páramo con muy poca vegetación arbustiva y en general caracterizados por la presencia de pajonal. En estos sitios la dinámica de alimentación de los macroinvertebrados acuáticos depende en mayor proporción a la calidad del sustrato y la disponibilidad de agua en el río. La calidad del agua se ve afectada principalmente por la presencia de ganado en las orillas de los ríos.

En algunos sitios como el río Ambato en la zona alta, a pesar de la presencia de ganadería en las orillas del río, el caudal alto a esta altura permite mantener una comunidad biológica acuática muy buena. Esto muestra el importante rol de la cantidad de agua en los ríos para mantener las condiciones ecológicas. La mayor presión en esta zona es la ganadería y la presencia de canteras, cultivos, vías en la orilla de este río.

El río Tingo muestra una condición buena debido a la baja influencia de actividades humanas en la cuenca que alimenta a este río. Además, el río posee un caudal importante que en parte sirve para abastecer el embalse de Mula Corral. La integridad ecológica de este río aguas abajo estará determinada por el manejo de un caudal ecológico que permita contar con agua en cantidad y calidad suficiente para mantener las condiciones ecológicas del río y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Los ríos que mantienen condiciones regulares necesitan un análisis especial ya que múltiples factores pueden estar afectando la calidad del agua y la composición de las comunidades de macroinvertebrados. Su estado regular muestra que hay un proceso de degradación en proceso que de lo observado estaría relacionado al cambio en el uso del suelo en las zonas de influencia de los ríos. En los ríos que tienen una calidad Regular, a excepción de la quebrada Pusunyuyo ubicada cerca del embalse Chiquihurco, se presenta como factor común la reducción de caudal de los ríos, el agua se destina principalmente para riego y en casos como de la quebrada Pataló también para consumo humano.

En el caso de los sitios Pampas Salasaca y río Colorado su baja calidad puede estar relacionado al origen de estos y las condiciones de las microcuencas. El río Pampas Salasaca presenta una gran influencia de los deshielos del Carihuairazo y una alta presencia de ganado en esta microcuenca. Los ríos de origen glaciar como en Pampas Salasaca son muy inestables y presentan flujos repentinos de caudal que pueden arrastrar a los macroinvertebrados. En este caso, una crecida reciente ocurrida días antes del muestreo pudo haber afectado la composición de las comunidades de macroinvertebrados encontrada. La alta actividad ganadera en este sector también pudo contribuir a una reducción de la biodiversidad acuática. En cualquier caso, se requiere efectuar un nuevo muestreo para evaluar estas hipótesis.

En el caso del río Colorado está altamente modificado desde su origen ya que se efectúan drenajes para conducir el agua a los canales de riego cercanos. Hay una presencia importante

de ganado y se desarrollan actividades agrícolas en este sector. La baja calidad del agua también se puede deber al bajo caudal presente al momento del muestreo y la poca diversidad de hábitats localizados en el río. En el punto de muestreo la estructura del río era más parecido a un canal de tierra con muy poca cantidad de sustratos. Estas condiciones pueden también afectar la diversidad de hábitats y por tanto la posibilidad de desarrollo de una mayor diversidad de organismos. Así como en el caso de Pampas Salasaca y los demás sitios, es importante repetir el muestreo en los mismos sitios en épocas con diferentes condiciones de lluvia para evaluar los efectos de estos cambios sobre la calidad del agua.

Conclusiones y recomendaciones

- La mayor presión para los ecosistemas acuáticos del páramo es la drástica reducción de los caudales en todas las zonas.
- Para determinar un sitio de muestreo de análisis de calidad de agua por bioindicadores lo ideal es que el río o quebrada a muestrear mantenga un caudal permanente o en el caso de que el caudal se seque en algunos meses del año, se requiere implementar un sistema de monitoreo que evalúe también esta clase de alteraciones del caudal y su efecto sobre las comunidades de macroinvertebrados. Esta consideración es muy importante ya que existe una alta extracción de agua en zonas por sobre los 3600 msnm lo que dificultó en algunos casos encontrar ríos o quebradas apropiadas para muestrear debido a la falta de agua en los cauces.
- La mayor presión sobre los ríos es la presencia de ganadería en las microcuencas por sobre los 3600 metros. Esto ha llevado a una alteración de las zonas de recarga hídrica y provoca el ingreso de coliformes fecales a los ríos.
- En algunos lugares como el río Ambato en su zona alta la disponibilidad de agua permite aun la recuperación del estado ecológico del río, sin embargo una reducción del caudal puede cambiar las condiciones ecológicas de los ríos.
- Los resultados muestran que los ríos, riachuelos y quebradas de los páramos ya muestran cambios en la composición de grupos de macroinvertebrados debido a las condiciones de uso de suelo de las microcuencas.
- Se recomienda determinar los ríos que pierden su caudal por completo en algunos meses del año e iniciar un proceso de negociación con los usuarios del agua para permitir contar con un caudal ecológico en estos ríos que mantenga las condiciones ecológicas de los ríos.
- Es necesario implementar zonas de manejo de riberas para reducir el ingreso del ganado a estas zonas y disminuir el impacto del cambio del uso del suelo sobre los lechos de los ríos y la calidad biológica de los mismos. Esto es un proceso que ayudará a mejorar la calidad del agua a largo plazo.
- Se requiere establecer sitios de biomonitoreo acuático en los sitios seleccionados en este primer análisis y en lo posible ampliar a otros lugares de interés para los actores locales. El sistema de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos requiere efectuarse al menos dos veces por año para establecer condiciones de referencia en época seca y lluviosa. Estos datos son muy importantes para la evaluación de la calidad del agua basada en macroinvertebrados a largo plazo.
- La implementación de un sistema de monitoreo ecológico de los ríos ayudaría a mejorar el conocimiento del funcionamiento ecológico de los ríos y su relación con el mantenimiento de la calidad del agua y serviría como herramienta para evaluar el deterioro o recuperación de las cuencas hidrográficas a nivel local.

Bibliografía

- Calles, J., Flowers, W., Cruz, E., Escudero, L., y Monar, C. 2010. Calidad del agua de los ríos Illangama y Alumbre establecida a través de bioindicadores acuáticos e indicadores físico- químicos. En: Barrera, V., Alwang, J., y Cruz, E. 2010 (Eds.). Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador. INIAP-SANREM CRSP-SENACYT. Editorial ABYA-YALA. Quito, Ecuador. 316 pp.
- Encalada A.C., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N., y N. Prat. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos. (CERA-S). USFQ, UB, AECID, FONAG. Quito. 83 pp.
- Fernández, H.R. y Domínguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- HGPT . 2014. Agenda ambiental. Ambato.
- Giacometti, J. y Bersosa, F. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi, Noroccidente ecuatoriano. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica. 2:17-32.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vázquez, A., y Cerra, M. 2014. Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R. y Prat, N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. Rev. Biol. Trop. Vol. 62. pp. 249-273.
- Roldán, G. 1996. Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia.

Anexos

Anexo 1. Metodología de cálculo de rangos de calidad del agua según el método Andean Biotic Index (ABI) (Ríos-Touma, *et. al.* 2014).

Para el cálculo de los rangos de calidad del agua se consideraron los percentiles 15, 30 y 70 para determinar los límites correspondientes para las cuatro categorías establecidas. Los percentiles se calcularon considerando los resultados del valor ABI de los 14 sitios de muestreo. Los sitios con valores superiores a 100 son considerados de referencia. La agrupación por percentiles permite definir las categorías considerando las condiciones de los ríos. Este rango puede modificarse si se añaden un mayor número de sitios de muestreo. La alta variabilidad de las condiciones ecológicas de los ríos y por tanto la composición de los taxa correspondientes es un factor a considerar al momento de definir los rangos que se asignen para la evaluación de la calidad del agua.

Es recomendable desarrollar un rango propio para cada cuenca o unidad hidrográfica de trabajo.

Anexo 2. Composición taxonómica a nivel de familia por cada sitio y valor ABI para cada familia.

Orden	Familia	Valor ABI	Qda. Pusunyuyo	Pampas Salasaca	Pisayambo	Río Chiquichua	Río Salado	Río Colorado	Qda. Pataló
PLECOPTERA	Glyphopterygidae	10				2			15
PLECOPTERA	Perlidae	10				5	4		
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4	474	359	123	254	118		186
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	10					27		15
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	7							
COLEOPTERA	Elmidae	5	14	11	8	81	82		97
COLEOPTERA	Scirtidae	5		3	3		5		7
COLEOPTERA	Staphylinidae	3			1				
COLEOPTERA	Ptilodactylidae	5							
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	10							
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	8	1	2	4	1	2		4
TRICHOPTERA	Hydroptilidae	6							
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	5							
TRICHOPTERA	Glossosomatidae	7							2
TRICHOPTERA	Leptoceridae	8				1	1		
TRICHOPTERA	Limnephilidae	7	16	8	13	8	42	20	14
DIPTERA	Blepharoceridae	10							
DIPTERA	Ceratopogonidae	4	3		1				
DIPTERA	Chironomidae	2	6		10	14	2	55	3
DIPTERA	Dolichopodidae	4	5				4	9	
DIPTERA	Empididae	4						12	
DIPTERA	Muscidae	2			2				
DIPTERA	Limonidae	4			1				
DIPTERA	Psychodidae	3	6						

Orden	Familia	Valor ABI	Qda. Pusunyuyo	Pampas Salasaca	Pisayambo	Río Chiquicahua	Río Salado	Río Colorado	Qda. Pataló
DIPTERA	Tabanidae	4					1	1	
DIPTERA	Tipulidae	5			1				1
DIPTERA	Simulidae	5	50	21		1			211
HEMIPTERA	Veliidae	5							
HYDRACARINA		4	1				1		
AMPHIPODA		6	4	12	4	1	56	34	7
GASTEROPODA	Lymnaeidae	3						3	
TURBELLARIA	Planariidae	5	10		8		51	1	17
BIVALVIA	Sphaeriidae	3							
OLIGOCHAETA		1						3	6
Total			590	416	179	368	396	138	585

Orden	Familia	Valor ABI	Río Ambato termas	Río Tingo	Sanjapamba	Río Blanco	Río Yatzaputzan	Río Ambato alto	Qda. Sachahuayco
PLECOPTERA	Glyphopterygidae	10	4	1		2		58	4
PLECOPTERA	Perlidae	10		1		14	2		
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4	26	18	84	33	145	23	318
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	10		7		14	1		
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	7				11			
COLEOPTERA	Elmidae	5	49	50	79	4	28	29	306
COLEOPTERA	Scirtidae	5			2	2		1	113
COLEOPTERA	Staphylinidae	3							
COLEOPTERA	Ptilodactylidae	5	2						
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	10		8	7		25		

Orden	Familia	Valor ABI	Río Ambato termas	Río Tingo	Sanjapamba	Río Blanco	Río Yatzaputzan	Río Ambato alto	Qda. Sachahuayco
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	8	10	11		7	1	1	12
TRICHOPTERA	Hydroptilidae	6	74	19	1	6		2	
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	5		14		58			
TRICHOPTERA	Glossosomatidae	7		9		1		1	7
TRICHOPTERA	Leptoceridae	8		3		18	18	13	
TRICHOPTERA	Limnephilidae	7	16	56	37	4	11		17
DIPTERA	Blepharoceridae	10	1	4		2		1	
DIPTERA	Ceratopogonidae	4	3		20				
DIPTERA	Chironomidae	2	85	113	24	5	14	86	19
DIPTERA	Dolichopodidae	4			1				
DIPTERA	Empididae	4	7	2				3	
DIPTERA	Muscidae	2							
DIPTERA	Limonidae	4							
DIPTERA	Psychodidae	3							24
DIPTERA	Tabanidae	4	1					1	1
DIPTERA	Tipulidae	5	1		9	1		2	
DIPTERA	Simuliidae	5	11		3		29	2	369
HEMIPTERA	Veliidae	5			4				1
HYDRACARINA		4			1				10
AMPHIPODA		6	14	55	30	10	188	153	42
GASTEROPODA	Lymnaeidae	3							
TURBELLARIA	Planariidae	5	5	22		7	8	8	
BIVALVIA	Sphaeriidae	3			4				
OLIGOCHAETA		1	1	3	5	8			

Orden	Familia	Valor ABI	Río Ambato termas	Río Tingo	Sanjapamba	Río Blanco	Río Yatzaputzan	Río Ambato alto	Qda. Sachahuayco
Total			310	396	311	207	470	384	1243

12 de marzo de 2015

**[INFORME DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RÍOS EN LOS
PÁRAMOS DE TUNGURAHUA]**
