



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN
UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS**

Autor: Geovanny Alexander Acurio Ipiales

Directora del trabajo de titulación: Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz MSc.

Comité Lector:

Ing. Eleonora Melissa Layana Bajaña. MSc

Ing. Oscar Rosales

Ing. Gonzalo Farinango MSc

Año de investigación: 2019

Lugar de investigación: Parroquia Olmedo, cantón Cayambe

Beneficiarios: Población de la parroquia Olmedo

HOJA DE VIDA



Apellidos: Acurio Ipiales

Nombres: Geovanny Alexander

C. Ciudadanía: 1003346945

Teléfono convencional: (02) 2 364660

Teléfono celular: 0968381506

Correo electrónico: guseacurio@mail.com

Dirección: Cayambe Calle Alianza y Terán

Año: 25 de enero del 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Febrero 2019

GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

TRABAJO DE GRADO

Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte

DIRECTORA: MsC. Elizabeth Velarde Ing.

En la presente investigación determinó la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos mediante los índices BMWPA y ETP en las laderas del volcán Cayambe, de acuerdo a los resultados se planteó una propuesta de manejo del recurso hídrico.

Ibarra, Febrero 2019

AUTOR

Geovanny Alexander Acurio Ipiales

DIRECTORA

Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz MSc.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO BOQUERÓN
UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS
ACUATICOS**

**DETERMINATION OF THE QUALITY OF THE WATER OF THE
BOQUERÓN RIVER USING AS A BIOLOGICAL INDICATOR
MACROINVERTEBRADOS AQUATICS**

Autor: Geovanny Alexander Acurio Ipiales Tesista. UTN Ibarra Ecuador

RESUMEN

La micro cuenca del río Boquerón se encuentra ubicada en las laderas del volcán Cayambe con una superficie de 6.36 km² entre el rango de altitud de 3200 a 3800 msnm en la zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca. El objetivo de la investigación fue determinar la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y realizar una propuesta de manejo del recurso hídrico. El estudio se desarrolló en áreas de mayor sensibilidad a la contaminación determinándose los sitios de muestreo denominados: punto A (cuenca media); y el punto B (cuenca baja) lugar que se encuentra intervenido por actividades de construcción del proyecto del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo. Los muestreos se ejecutaron en época seca y época lluviosa, utilizando la técnica de la red de Surber para la recolección de las muestras, luego se procedió a la

caracterización de los individuos y al análisis de la calidad del agua mediante dos índices biológicos. Se obtuvo como resultado mediante el índice ETP la calidad del agua en los sitios A y B es regular, de acuerdo al índice BMWP-A en el sitio A y B, se determinó que la calidad del agua es buena. La propuesta de manejo del recurso hídrico contiene: programas, objetivos, subprogramas y actividades a realizarse para controlar la contaminación del agua, el estudio se entregó a la oficina técnica del Ministerio del Ambiente en Cayambe como ente rector para la ejecución. Se concluye que las actividades antrópicas en los trabajos de construcción del proyecto de riego Cayambe Pedro Moncayo afectan a la calidad del recurso hídrico del río Boquerón.

Palabras claves: Calidad del Agua, macroinvertebrados, muestreo y contaminación

SUMMARY

The micro basin of the Boquerón River is located on the slopes of the Cayambe volcano with an area of 6.36 km² between the altitude ranges of 3200 to 3800 meters above sea level in the upper area of the Cayambe-Coca National Park. The objective of the research was to determine the water quality of the Boquerón River using aquatic macroinvertebrates as biological indicators and implement a proposal for the management of the water resource. The study was developed in areas of greater sensitivity to contamination, determining the sampling sites denominated: point A (middle basin); and point B (lower basin), which is being intervened for the construction of the Cayambe-Pedro Moncayo irrigation canal project. The samplings were carried out in the dry season and the rainy season, using the Surber network technique for the collection of the samples, then the characterization of the individuals and the water quality analysis were carried out by two biological indexes. The result obtained through the ETP index was the water quality in sites A and B is regular, according to the BMWP-A index in site A and B, it was determined that the water quality is good. The water

resource management proposal contains: programs, objectives, subprograms and activities to be carried out to control water pollution, the study was delivered to the technical office of the Ministry of the Environment in Cayambe as the governing body for the execution. It is concluded that the anthropic activities in the construction works of the Cayambe-Pedro Moncayo irrigation project affect the quality of the water resource of the Boquerón River.

Keywords: Water Quality, macroinvertebrates, sampling and contamination

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Determinar la calidad del agua del río Boquerón utilizando los índices BMWP-A y ETP.
- Analizar los resultados obtenidos y realizar la comparación entre los índices BMWP-A y ETP.
- Generar una propuesta de manejo del recurso hídrico del río Boquerón.

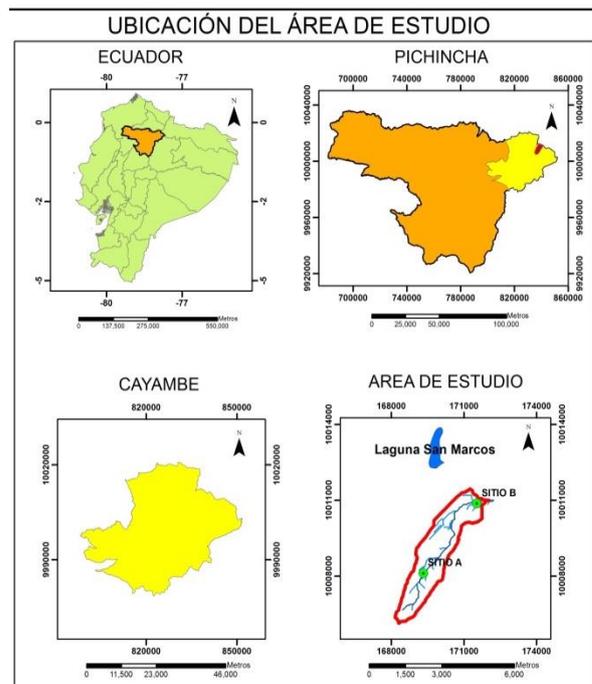
INTRODUCCIÓN

El río Boquerón se origina de los glaciares del volcán Cayambe, el caudal se divide; una parte va hacia el oriente ecuatoriano y otra desemboca en la laguna de San Marcos de donde el agua es conducida al canal de riego Cayambe - Pedro Moncayo la cual es destinada para actividades agrícolas y pecuarias que beneficia los dos cantones. También aportará de agua para el consumo humano del proyecto Pesillo - Imbabura. En la micro cuenca se están realizando actividades de construcción de túneles trasvase que consiste en trasladar todo el caudal del río hacia la laguna para abastecer la demanda del nuevo canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo. Las actividades que se realizan de construcción del proyecto ocasionan impactos negativos en la cuenca del río Boquerón provocan contaminación y afectan a las comunidades que se abastecen del agua destinada para el consumo humano, al canal de riego y a las actividades productivas de la zona: en el sector agrícola a los cultivos, en el sector pecuario a la ganadería y en consecuencia a la población que consume estos alimentos causando enfermedades y pérdidas económicas.

Descripción del área de estudio.

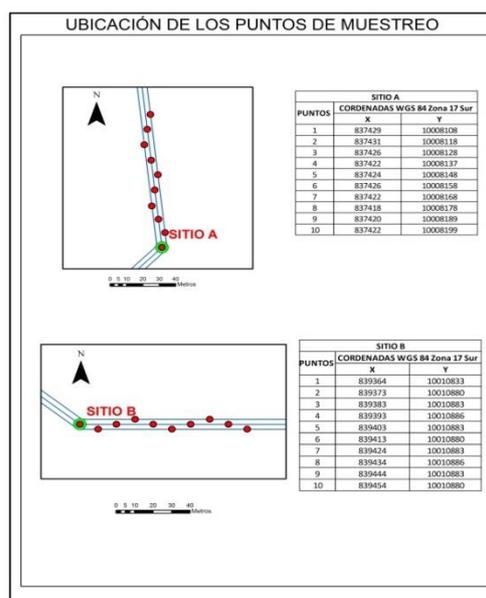
La micro cuenca del río Boquerón se encuentra zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca, en la parroquia de Olmedo, cantón Cayambe, en el nororiente de la provincia de Pichincha. (Figura 1).

Comprende un área de 6.36 km² con un perímetro de 14.5 km, a una altitud desde 3200 hasta los 3800 msnm y la longitud axial es de 8.4 Km que atraviesa por una gran extensión de páramo y cobertura vegetal alto andina (Hidalgo Hidalgo S.A. 2008)



Descripción de los puntos de muestreo.

De acuerdo a los sitios de muestreo establecidos tomando en cuenta donde existe y no actividad antrópica que esté involucrada con el río en estudio, los cuales son en la parte media (denominado sitio A) y parte baja (denominado sitio B) del río Boquerón donde se realizó un transecto de 100 metros en los sitios A y B con 10 puntos de muestreo distribuidos cada 10 metros



Metodología

Técnica de muestreo

La investigación de calidad de agua mediante macroinvertebrados contiene algunos métodos y herramientas que varían de acuerdo a las características del área en estudio. En este caso se utilizó la red Surber propicia para el muestreo, por las características del río Boquerón que son: poca profundidad, corriente torrenciosa y el fondo de pequeñas rocas.

Toma de muestras

Se realizó muestreos representativos con la red de Surber en todos los micro

hábitats existentes en la zona: orillas y centro.

La colecta de muestras se realizó entre dos personas, en cada punto de muestreo

Identificación de las muestras

Se realizó la identificación taxonomica, se identificó a los especímenes en división, familia, género y especies y finalmente se procedió a realizar el conteo de individuos, posteriormente se colocó en vacutainers con formalina respectivamente identificados, contabilizados y etiquetados.

Macroinvertebrados

Mafla (2005) señala: Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua porque algunos de ellos requieren buena calidad de agua para sobrevivir; otros, al contrario, resisten crecen y abundan en sitios donde hay contaminación. Los más representativos son los insectos, por eso es el grupo más estudiado. Entre las larvas de insectos que sobresalen en las muestras se encuentran los mosquitos, libélulas y chinches de agua, entre otros, que inician la vida en el agua y luego se convierten en insectos terrestres (p.33).

- **Índice Biological Monitoring Party (BMWP)**

Es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben un puntaje de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP, como se presenta en Tabla 1 (Roldan, 2003).

Evaluación de la calidad del agua

- **Índice Ephemeroptera Trichoptera y Plecoptera (ETP)**

El índice EPT utiliza los grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, para su cálculo. Se usa estos grupos por su sensibilidad a la contaminación de los cuerpos de agua sabiendo que estos son los grupos que primero desaparecen cuando los ríos se contaminan. Para calcular el índice EPT se suma el total de individuos de una muestra y se suma el total de individuos de los grupos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). El valor total EPT se divide para el valor del total de individuos. El resultado se multiplica por 100 para obtener un porcentaje (Roldan, 2003).

EPT	CALIDAD
75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49 %	Regular
0 – 24 %	Mala

Índice BMWP-A (Biological Monitoring Working Party modificado)

Es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben un puntaje de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP, (Roldan, 2003).

Calificación de las familias de macroinvertebrados según el método BMWP

FAMILIAS	VALOR BMWP
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratiade, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Oligoneuridae, Odontoceridae, Perlidae, Ptilodactylidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Philopotamidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Dryopidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Dugesidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Notonectidae.	5
Curculionidae, Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hhydraenidae, Hydrometridae,	4

Pschycodidae, Scarabidae. Noteridae.	
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Oligochaeta, Tubicidae.	1

FUENTE: Roldán, G., 2003 y Ramírez, J., 2008

Se califica según la identificación taxonómica por familias de macroinvertebrados con un valor máximo de 10 a las familias más sensibles que son indicadores de aguas de buena calidad y del valor mínimo de 1 a las familias con más tolerancia a contaminantes presentes en el agua, obteniendo un resultado al sumar todos estos índices de sensibilidad.

Índice de calidad del agua BMWP-A

CLASE	SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CLASIFICACIÓN	COLOR
I	No se aceptan contaminantes	Muy buena	101-145	Azul
II	Aceptan muy poco contaminantes	Buena	61-100	Verde
III	Aceptan pocos contaminantes	Regular	36-60	Amarillo
IV	Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	16-35	Naranja
V	Aceptan muchos contaminantes	Muy Mala	0-15	Rojo

FUENTE: Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

RESULTADOS

CALIDAD DE AGUA DEL RÍO BOQUERON

En el muestreo realizado en el sitio A y B en época seca y lluviosa se registraron un total de 1979 individuos pertenecientes a 19 familias y 9 órdenes los cuales se detallan en la tabla N°6.

Resumen general de macroinvertebrados encontrados

ORDEN	FAMILIA	TOTAL
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	11
COLEOPTERA	ELMIDAE	6
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	9
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	6
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMANTIDAE	3
TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	1
PLECOPTERA	PERLIDAE	16
SERIATA	PLANARIIDAE	7
EPEMEROPTERA	BAETIDAE	692
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	915
DIPTERA	SIMULIIDAE	4
DIPTERA	TIPULIDAE	31
ASCARIDIDA	ASCARIDIDAE	3
HEMIPTERA	VELIIDAE	1
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2
EPEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE	6
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	264
TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	1
		1979

De acuerdo a este resumen de macroinvertebrados encontrados se observó que la familia Chironomidae es la que mayor número presentó en el estudio realizado un total de 915 seguido por la familia Baetidae con 692 y la familia Ceratopogonidae con 264 individuos.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERON EN EL SITIO A Y B

Para determinar la calidad del agua del río Boquerón en los dos sitios determinados se desarrolló mediante dos variables biológicas como son el índice ETP y el índice BMWP-A. De esta manera se elaboró un análisis comparativo del estado del agua del río en estudio.

Análisis de la calidad del agua mediante el índice ETP en el sitio A (parte media)

El análisis de la calidad del agua en el sitio A mediante el índice ETP se obtuvo como resultado agua de calidad REGULAR con un 25,40% en época seca, mientras que en época lluviosa el agua es de calidad BUENA con un porcentaje de 50%.

Tabla N° 7: Calidad del agua mediante el índice ETP

EPT	CALIDAD	EPOCA SECA	EPOCA LLUVIOSA
75 – 100 %	Muy buena		
50 – 74 %	Buena		
25 – 49 %	Regular	25.40%	50%
0 – 24 %	Mala		

Análisis de la calidad del agua mediante el índice ETP en el sitio B (parte baja)

El sitio B de acuerdo al análisis realizado se obtuvo como resultado: calidad de agua REGULAR en época seca con un porcentaje de 28,90% y en época lluviosa la calidad de agua BUENA con un porcentaje de 63%

Tabla N° 8: Calidad del agua mediante el índice ETP

EPT	CALIDAD	EPOCA SECA	EPOCA LLUVIOSA
75 – 100 %	Muy buena		
50 – 74 %	Buena		
25 – 49 %	Regular	28.90%	63%
0 – 24 %	Mala		

Análisis de la calidad del agua mediante el índice BMWP-A en el sitio A (parte media)

El resultado obtenido del análisis de calidad de agua mediante el índice BMWP-A: en época seca la calidad del agua es BUENA con una sensibilidad de 75 las mismas que aceptan la presencia de muy pocos contaminantes, en la época lluviosa arroja un resultado de calidad de agua REGULAR con una sensibilidad de 41 la cual acepta la presencia de pocos contaminantes.

Análisis de la calidad del agua mediante el índice BMWP-A en el sitio B (parte baja)

El resultado de calidad del agua: en época seca y lluviosa obteniendo agua de calidad BUENA con una sensibilidad de 63 y 86 de acuerdo al índice BMWPA los macroinvertebrados aceptan la presencia de muy pocos contaminantes.

Comparación entre los índices ETP y BMWPA

DIFERENCIAS ENTRE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS	
ETP	BMWPA
Califica a nivel taxonómico de orden. Como indicadores de buena calidad de agua se toma en cuenta la presencia de tres órdenes específicos: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.	Califica nivel taxonómico de familia. Se toma en cuenta todas las familias de macroinvertebrados de acuerdo a las características de las especies como su sensibilidad de tolerar contaminación y se determina las especies indicadoras de buena y mala calidad del agua.
El análisis para determinar la calidad del agua es cuantitativo orientado a la cantidad del total de número de individuos de los órdenes ETP.	El análisis para determinar la calidad de agua es cualitativo orientado a las características de cada familia presente tomando en cuenta la sensibilidad de las especies a tolerar la contaminación.

DISCUSIÓN

El mayor número de individuos presentes en el sitio A y B pertenecen al orden díptera seguido de ephemeroptera que se asemeja a los resultados de Sornoza (2012) que manifestó que la mayor frecuencia de estos dos órdenes indican una alta biodiversidad y reflejan un nivel moderado de contaminación. Además la familia con mayor número de individuos fue Chironomidae, Vasquez y Reinoso (2012) en el estudio en los Andes colombianos determinan que los géneros de Chironomidae son tolerantes a un amplio conjunto de condiciones ambientales. Los autores Ribeiro y Uieda (2005) sostienen que las larvas de Chironomidae normalmente se producen a alta densidad y diversidad.

De acuerdo al índice BMWP-A se determinó mediante el análisis en los sitios denominados A y B parte media y baja respectivamente, se obtuvo como resultado que la calidad del agua es buena, esto se debe a que existe la presencia de mayor número de especies que no resisten a la contaminación.

Arroyo (2009) Concluye: El índice biológico que explica mejor sobre la calidad de las aguas en este bosque montano, es posiblemente el BMWP/Col, debido principalmente a que más del 97% de familias de invertebrados encontradas están presentes en el índice.

Comparación de los resultados obtenidos entre los índices BMWP-A Y ETP

Se realizó una tabla comparativa de los resultados del índice ETP y BMWP-A con los que se determinó la calidad del agua en los puntos establecidos durante esta investigación

Comparación de resultados índices: ETP y BMWPA

SITIOS	ETP	BMWP-A
A	25,70%	89
B	45,30%	95
PROMEDIO	35,50%	92
CALIDAD	REGULAR	BUENA

Se determinó mediante el análisis en los sitios A y B en la parte media y baja respectivamente, se obtuvo como resultado que la calidad del agua es buena, esto se debe a que existe la presencia de mayor número de especies que no resisten a la

contaminación de acuerdo al índice BMWP-A, lo que ocurre con el índice ETP es que el resultado obtenido fue un agua de calidad regular debido al bajo número de individuos encontrados que se encuentren dentro de los órdenes Plecoptera y Trichoptera que son los indicadores de buena calidad del agua.

La familia Chironomidae es la que mayor número presentó en todo el estudio predominando en época seca en los sitios A y B según Roldan (1996), la presencia de esta familia nos indica que las aguas son mesotróficas es decir moderadamente contaminadas, seguidas de la familia Baetidae que predominó en época lluviosa en los sitios A y B, la cual es indicadora de aguas oligotróficas es decir de buena calidad.

Otro factor importante también es caudal que presentó durante las épocas de muestreo, lo que arrojó un resultado de mayor caudal mejor calidad de agua y menor caudal baja calidad del agua es lo que se puede apreciar en los resultados mediante los índices ETP y BMWP-A.

Saransig (2009) concluye: La aplicación del Índice ETP en zonas de altura no es aconsejable puesto que las variables como la temperatura y presión dificultan la proliferación de los tres órdenes de macroinvertebrados utilizados en este índice.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Arroyo, C. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano, 1 (1), 11 – 15
2. Consultora Hidalgo & Hidalgo S.A. (2008) Evaluación ecológica rápida en el sector de San Marcos.
3. Mafla, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamaca – Costa Rica: ¿Que son los macroinvertebrados?. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, 33.
4. Ribeiro L, Uieda V. (2005) Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un riachuelo de sierra en Itatinga, São Paulo, Brasil. *Journal of Zoology*, 22 (3),613-618. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>
5. Roldán Pérez, G. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: *Aceptación de los diversos taxa como indicadores de calidad de agua* (1ra. Ed.).Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
6. Sornoza (2012) Evaluación ecológica rápida de la fauna en el sector de San Marcos: Macroinvertebrados acuáticos de la laguna de San Marcos y cuerpos hídricos aledaños, Hidalgo e Hidalgo, 60 – 74
7. Saransig, Z (2010). *Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca alta del río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/333>. FRN-CENID-UD;13T0626
8. Vásquez Ramos, Jesús Manuel, & Reinoso Flores, Glays. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 351-358. Recuperado en 05 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882012000200030&lng=es&tlng=es