

# Análisis de la eficiencia sanitaria de las obras hidráulicas construidas para descontaminar la quebrada Ortega por parte de la EPMAPS, Quito

Enríquez, Carlos<sup>1</sup>; Torres, Paulina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática, Carrera de Ingeniería Civil, Quito, Ecuador

cgenriquez@uce.edu.ec

<sup>2</sup>Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, Quito, Ecuador

paulina.torres@aguaquito.gob.ec

Información del artículo  
Recibido: julio 2018  
Aceptado: septiembre 2018

## Resumen

El presente estudio se basa en analizar la eficiencia sanitaria de las obras hidráulicas construidas para descontaminar la quebrada Ortega por parte de la EPMAPS. Se realiza el estudio hidráulico e hidrológico del sector de la quebrada Ortega, mediante el cual se definió las épocas lluviosa y seca. Para la definición de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, se toma como referente la legislación ambiental vigente ecuatoriana, indicada en el Acuerdo Ministerial No. 097-A, Anexo 1 del libro VI, tabla 2 y tabla 2-a, Registro Oficial 387, del 4 de junio de 2015, además de los registros históricos de la quebrada Ortega de los años 2012, 2013, 2014. Adicionalmente se realiza el estudio de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores de la calidad ecológica de las aguas de la quebrada Ortega y sus afluentes, a través del índice BMWP. Se analizaron 3 zonas de la quebrada Ortega para definir su comportamiento, estas fueron las partes alta, media y baja de la misma y sus implicaciones ambientales.

**Palabras clave:** quebrada Ortega, macroinvertebrados acuáticos, calidad del agua.

## Abstract

The current study focuses on analyzing the sanitary efficiency of the hydraulic works constructed to decontaminate the Ortega ravine by the EPMAPS. The rainy and dry seasons were defined based on hydraulic and hydrologic studies performed on the ravine. In order to characterize the physiochemical and microbiological parameters, multiple factors were taken into account such as the current Ecuadorian environmental legislation (Ministerial agreement No 097-A, Annex 1 from book VI, tables 2 and 2-a, Official Record 387, June 4, 2015), and the historic records of the ravine of 2012, 2013, and 2014. Moreover, the study of aquatic macroinvertebrates was carried out through the BMWP index to characterize the water quality running through the Ortega ravine and its tributaries. Three zones of the Ortega ravine were analyzed to define their behavior, they were the upper middle and lower part of it and their environmental implications

**Keywords:** Ortega ravine, aquatic macroinvertebrates, water quality

## 1. Introducción

El estudio pretende definir el estado actual de la quebrada Ortega, a través de la contrastación del antes y el después de la construcción de colectores, interceptores y emisarios. Se analiza la recuperación o no de la calidad ambiental, y se comprueba si las inversiones en estas obras mejoran la calidad de vida de la población beneficiaria.

A través de este estudio se complementa el análisis realizado por parte del Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales (DTAR) a la Línea Base de Calidad del Agua en la Quebrada Ortega, en lo que concierne con la definición de periodos de lluvia y periodos secos, que permitan conocer los meses de mayor y menor dilución de contaminantes en este cuerpo de agua.

Por último, el estudio permite la esquematización de las áreas de aportación de caudales de aguas residuales y pluviales, que convergen hacia el sitio donde se construyó la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Quitumbe.

Esta investigación se realizó durante periodos de lluvia (enero, febrero y marzo) y seco (mayo, junio y julio) en el año 2017, mediante el muestreo y análisis del agua de la quebrada Ortega y sus dos principales aportantes, la quebrada Monjas y la quebrada San José; así como también la cuantificación de macroinvertebrados acuáticos en estaciones de monitoreo, para definir la recuperación de este cuerpo de agua, complementándose con un estudio hidráulico e hidrológico a dicha área de estudio, que consistió en definir caudales, condiciones de escorrentía, drenaje, inundaciones y la aplicación de encuestas para el análisis de la percepción de la comunidad respecto a las obras de saneamiento construidas en el sector.

En esta investigación se obtuvieron resultados de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos, biológicos, hidráulicos e hidrológicos en cada estación de monitoreo, para mediante el análisis en comparación con la legislación ambiental vigente y los datos históricos de monitoreo a este cuerpo de agua por parte de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, determinar si existe el restablecimiento

de la calidad del agua y generar una metodología para el control ambiental de cursos urbanos.

## 2. Metodología

No existen estudios que expliquen si las obras hidráulicas han contribuido a la mejora de las condiciones ambientales de la quebrada Ortega y por ende de la población aledaña.

Por lo que en esta investigación se determina un proceso metodológico basado en el monitoreo e interpretación de parámetros físicos, químicos y biológicos, que permitan mantener un control de descargas ilícitas, de operación de los sistemas depuradores y de todas aquellas obras que fueron construidas con el objetivo de ayudar en la descontaminación de los ríos de Quito.

### a. Definición del área de estudio

La EPMAPS, a través de la Gerencia de Operaciones y el Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales, ejecutó en el año 2014, el “Proyecto piloto para el levantamiento de la línea base de calidad de agua en el área aportante a la PTAR proyectada en el sector de Quitumbe”, con el objetivo principal de levantar una línea base de los cursos hídricos urbanos, a través del monitoreo y muestreo, identificando las descargas críticas provenientes de industrias y comercios, a fin de prevenir y controlar el ingreso al sistema de alcantarillado de contaminantes tóxicos, que puedan interferir en los procesos biológicos de la PTAR Quitumbe.

Con este antecedente, se adoptó la misma área de influencia para el análisis físico, biótico y socio económico; esta área se definió considerando los siguientes criterios técnicos:

De acuerdo a Barahona (2014), la definición de los puntos de monitoreo, se basó en gran parte en la información obtenida del Plan de Saneamiento Ambiental (PSA) y el Departamento de Alcantarillado, especialmente el mapa de las áreas de aporte a los cuerpos hídricos del sur de Quito y el mapa de la microcuenca aportante a la PTAR Quitumbe.



**Figura 1.** Cuenca aportante PTAR Quitumbe.

**Fuente:** EPMAPS, Dpto. de Alcantarillado, 2014.

También se consideró el flujo del sistema de alcantarillado del sector, para así analizar las áreas de aporte respectivas y con esto, limitar la zona a solo las áreas que aportan con agua hacia la quebrada Ortega.

#### *b. Estaciones de monitoreo*

Este estudio consideró abarcar la influencia de la contaminación antropogénica sobre la calidad biológica del agua en la quebrada Ortega y sus afluentes, dentro del área aportante a la PTAR Quitumbe, que servirá en la recuperación de este curso hídrico.

La toma de decisión sobre los puntos de muestreo se realizó de acuerdo a las siguientes consideraciones:

1. Identificación de la microcuenca aportante a la PTAR Quitumbe de la EPMAPS.
2. Identificación de quebradas circundantes.
3. Altura (msnm).
4. Accesibilidad a los puntos de muestreo.
5. Estaciones meteorológicas.
6. Climatología.

7. Caudal aportante.

8. Índices ecológicos

Se tomó cuatro puntos de estudio dentro de la quebrada Ortega, la cual está conformada por dos aportantes; así:

- Quebrada Monjas punto 1
- Quebrada Monjas punto 2
- Quebrada San José
- Quebrada Ortega

#### *c. Estaciones pluviométricas*

Se identificó mediante los mapas respectivos, tanto las estaciones del INAMHI, así como de la EPMAPS que se encuentran cerca de nuestra zona de estudio, teniendo las siguientes:

- Chillogallo Buenaventura
- Atacazo
- El Troje
- Izobamba

#### *d. Definición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.*

La selección de los parámetros por monitorear responde a los objetivos específicos perseguidos por las entidades ambientales responsables de control, según el uso potencial y actual del curso hídrico.

Teniendo como base el uso específico del agua y el nivel de seguimiento que se desee realizar a la fuente. Los parámetros por monitorear también pueden seleccionarse a partir de los resultados de campañas preliminares que tengan como objetivo identificar los principales componentes de la contaminación.

En este estudio se realizaron 43 ensayos en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua L3C de la EPMAPS, en función de lo descrito previamente.

### e. Muestreo de macroinvertebrados

#### 1. Identificación de microhábitats

Una vez escogido el tramo, se realizó un recorrido rápido a lo largo del mismo para identificar los microhábitats potenciales para ser muestreados. En principio los microhábitats están definidos por áreas del lecho del río, compuestas por determinados tipos de sustratos, ya sean inorgánicos u orgánicos. Algunos de los más frecuentes son los siguientes:

**Sustratos minerales:** bloques, piedras, cantos, grava, arena, arcilla, limo.

**Sustratos orgánicos:** hojarasca, macrófitas, briófitos, algas filamentosas, raíces expuestas, ramas y troncos.

Así mismo, se identificaron cuáles de estos microhábitats son marginales o dominantes. Considerando microhábitats marginales a aquellos cuya representatividad sea menor al 10% en el tramo

#### 2. Colecta de muestras

El muestreo de macroinvertebrados se realizó con una red de marco cuadrado (Square frame net) de 500 micras de ojo de malla (tamaño de red de 25 cm de lado) y con la técnica de patada, que consiste en remover arena, materia orgánica y piedras que pueda suspenderse con facilidad presente en el lecho del cuerpo de agua, con la finalidad de obtener el mayor número de especímenes (macroinvertebrados). Se consideraron un total de 8 réplicas (cada una de aproximadamente 1 m<sup>2</sup> de área), las cuales se distribuyeron según la representatividad de los microhábitats en el tramo escogido.

Una vez escogido el microhábitat, el muestreador se colocó en dirección opuesta a la corriente y pateó el fondo del río removiendo el sustrato de modo que los macroinvertebrados adheridos se suelten y sean transportados por la corriente hacia el fondo de la red.

Este procedimiento se realizó cubriendo toda el área de muestreo definida sin exceder los dos minutos por microhábitat.

#### 3. Procesamiento de muestras en el campo

Una vez obtenidas las ocho unidades muestrales, éstas se integraron en una sola muestra que se depositó en una bandeja para proceder a excluir los sustratos minerales u orgánicos grandes (cantos, hojarasca grande, ramas, entre otros) teniendo precaución de lavarlos previamente para desprender los macroinvertebrados que pudieron estar sobre los mismos.

Cuando se obtuvo toda la muestra limpia, la misma se depositó en un frasco hermético de plástico de 300 mL tratando de que quede la menor cantidad posible de agua, ya que se conservó con alcohol al 96%.

#### 4. Procesamiento de muestras en el laboratorio

Una vez en el laboratorio, la muestra se lavó con agua y se pasó por dos tamices con el objetivo de dividir la muestra en dos tamaños de sustrato: grueso y fino. Uno de los tamices correspondió a un colador de cocina y el segundo a otro cernidor con una apertura igual al de la red usada en el muestreo (es decir 500 micras). Cada una de estas partes se extendió y homogeneizó en una bandeja para fraccionarlos en sub-partes.

Se empezó a revisar la octava parte correspondiente al sustrato grueso, distribuyéndola en varias placas Petri, en cantidad suficiente para que sea adecuado observar a través del estereoscopio y se separó, identificó y contó los macroinvertebrados a nivel de familia con ayuda de pinzas de punta fina.

### 3. Resultados y discusión

En la quebrada Ortega, objeto de este estudio, se realizaron varias mediciones, el caudal del curso hídrico, definición de los periodos de sequía y pluviosidad; así como la presencia o no de ciertos órdenes y familias de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.

Por lo expuesto, la tabla 1 contiene un resumen de resultados del análisis hidráulico de la microcuenca de la quebrada Ortega:

**Tabla 1.** Resultados hidráulicos microcuenca quebrada Ortega.

No.	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
1	Área	A	Km <sup>2</sup>	14,16
2	Perímetro de la Cuenca	P	Km	35,14
3	Longitud del Cauce principal	La	Km	10,15
4	Ancho promedio de la Cuenca	W	Km	1,40
5	Desnivel Altitudinal	DA	m	1090
6	Factor de Forma	Kf		0,14
7	Coefficiente de Compacidad	Kc		2,63
8	Pendiente media del Cauce principal	S	%	10,74%
9	Densidad de Drenaje	DD		0,86
10	Tiempo de Concentración	tc	minutos	55,99
11	Coefficiente de Escorrentía Ponderado	C		0,52
12	Intensidad de Lluvia	I	mm/h	41,17
13	Caudal	Q	l/s	84,21

El área de la microcuenca es de 14.166 km<sup>2</sup>, por lo que se la trataría como un sector de la cuenca del Machángara, de acuerdo a Barros (1990). La longitud del cauce principal es de 10.15 km, se ha categorizado como de curso corto. El sector de la quebrada Ortega tiene un desnivel altitudinal de 1090 m, lo que quiere decir que la variabilidad ecológica y climática no es alta. El factor de forma Kf obtenido es de 0.14, este valor determina que tiene una forma muy poco achatada. El coeficiente de compacidad Kc es de 2.63, lo que quiere decir que de acuerdo a Aguirre (1987), tiene una baja tendencia a crecidas, con una forma oval oblonga a rectangular. La quebrada Ortega como cauce principal y de acuerdo a Heras (1986), tiene un terreno accidentado medio, la densidad de drenaje del sector de la quebrada Ortega es de regular drenaje de acuerdo a Henaos (1988).

Para determinar la cantidad de agua que ha caído en los meses en los que se realizó el estudio, se realizó la estadística de los datos de las estaciones meteorológicas, considerando que de las 4 estaciones escogidas, solo una pertenece a la red de estaciones del INAMHI. También se realizó una comparación con lo ocurrido entre los años 2000 al 2011, lo que permitió tener una idea más clara sobre la definición de los periodos de lluvia y secos en la microcuenca Ortega; así:

**Tabla 2.** Precipitaciones en estaciones 2000 - 2011

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm) / MESES (2000 - 2011)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	MAYO	JUNIO	JULIO
IZOBAMBA	100,33	117,43	152,55	109,64	61,58	45,53
CHILLOGALLO	103,69	84,1	135,62	101,36	52,57	64,66
ATACAZO	99,8	129,74	172,18	138,31	77,35	48,52
EL TROJE	95,68	114,76	130,88	110,28	53,07	37,28

**Tabla 3.** Precipitaciones en estaciones 2016

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm) / MESES (2016)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	MAYO	JUNIO	JULIO
IZOBAMBA	121,6	73,5	142,2	112,8	37,4	15,2
CHILLOGALLO	124,1	29,1	86,1	119,3	18,3	10,4
ATACAZO	138,4	61,2	156,3	158,9	63,1	31,6
EL TROJE	191	56,9	251,2	119,8	36,7	15,2

Como se puede constatar en las tablas 2 y 3, se observa que los meses escogidos para hacer el muestreo, coincide con los periodos de lluvia (enero, febrero y marzo) y secos (mayo, junio y julio).

### Identificación de macroinvertebrados. Cuantificación y cualificación de macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados en la quebrada Ortega y sus afluentes, de acuerdo a las estaciones de muestreo descritas previamente, estuvieron representadas por 15 órdenes y 32 familias, como se indica en la tabla 5. Siendo la familia de los *Leptociridae*, Orden *Tricoptera* el más representativo.

En el Estudio de Impacto Ambiental, Construcción y Operación-Mantenimiento de la Planta de Recuperación de Agua en el sector Quitumbe EPMAPS, pág. 182 (2013), se registró un total de 30 individuos distribuidos en seis géneros, seis familias, cuatro órdenes y dos clases. Siendo el género *Clognia Cf.* (familia de los *Psychodidae*) el más representativo con un 43% del total de macroinvertebrados registrados.

**Tabla 4.** Presencia en estaciones Orden *Tricoptera*, familia *Leptociridae*

ESTACIÓN	ÉPOCA	
	LLUVIOSA	SECA
SAN JOSÉ	8,84%	20,63%
MONJAS 1	16,09%	28,63%
MONJAS 2	7,81%	57,47%
ORTEGA	23,86%	0,84%

**Tabla 5.** Órdenes y familias encontradas en los muestreos

Orden	Familia
Acarina	<i>Hydrachnidae</i>
Amphipoda	<i>Hyalellidae</i>
Basommatophora	<i>Planorbidae</i>
Coleóptero	<i>Elmidae</i>
	<i>Hydroptilidae</i>
	<i>Dytiscidae</i>
	<i>Scirtidae</i>
	<i>Girinidae</i>
Díptera	<i>Ceratopogonidae</i>
	<i>Chironomidae</i>
	<i>Cyclorhapha muscidae</i>
	<i>Dolichopodidae</i>
	<i>Empididae</i>
	<i>Lepidoptera</i>
	<i>Limoniidae</i>
	<i>Psychodidae</i>
	<i>Simulidae</i>
	<i>Tabanidae</i>
<i>Tipulidae</i>	
Entomobryomorpha	<i>Isotomidae</i>
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>
Glossiphoniiformes	<i>Glossiphoniidae</i>
Gordioidea	<i>Gordiidae</i>
Oligochaetae	<i>Haplotaxida</i>
Hemíptera	<i>Notonectidae</i>
Plecóptero	<i>Perlidae</i>
Tricoptera	<i>Leptoceridae</i>
	<i>Odontoceridae</i>
	<i>Helichopsychidae</i>
	<i>Hydrobiosidae</i>
Tricladida	<i>Planariidae</i>
Unionoida	<i>Sphaeriidae</i>

La abundancia de especies de macroinvertebrados depende de los aspectos físicos del entorno de las quebradas, especialmente en lo concerniente a la composición del lecho del curso hídrico,

ya que es el hábitat de estos organismos indicadores de la calidad ecológica del agua.

**Tabla 6.** Índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150, 101- 120	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

La calidad ecológica de la microcuenca de la quebrada. Ortega, de acuerdo a los datos obtenidos del muestreo, conteo y valoración de macroinvertebrados acuáticos, mediante el Índice BMWP/Col, determina que en la mayoría de sus afluentes la calidad del agua tiene calificación dudosa, es decir que sus aguas son moderadamente contaminadas.

Existen cambios en las comunidades acuáticas, evidenciadas por la disminución de la diversidad y cambios en la abundancia de las especies. Esto debido al grado de contaminación por una alteración en la cantidad de compuestos orgánicos contaminantes o condiciones físicas. El punto crítico sería la quebrada Ortega el cual limita la vida de los organismos acuáticos.

### **Análisis físico, químico y microbiológico**

Los cuatro puntos muestreados presentan una buena saturación de oxígeno, en las dos épocas (lluviosa y seca), lo que contribuye a una eficiente recuperación de los cursos hídricos, en el aspecto de su calidad ecológica, adicionalmente la temperatura es un factor determinante que ayuda a mantener la saturación de oxígeno en toda la quebrada.

En todos los puntos muestreados, se obtuvieron resultados que indican presencia de contaminación, los mismos que se ven reflejados en el incumplimiento de la normativa ambiental vigente, que establece un límite < 20 mg /L de DQO; esto se puede atribuir a actividades de tipo antropogénico, lo que indica que es de vital importancia la implementación de un programa de vigilancia y monitoreo de esta microcuenca.

Analizando el parámetro aceites y grasas, se concluye que se presenta a lo largo de la quebrada Ortega y sus aportantes, con valores que incumplen la normativa ambiental vigente  $< 0.3 \text{ mg/L}$ , lo que impide la transferencia completa de oxígeno entre el cuerpo de agua y el ambiente; alterando los procesos de auto depuración del curso hídrico.

#### 4. Conclusiones

la microcuenca Ortega, morfológicamente es de forma oval a oblonga, muy poco achatada, por lo que tiene una baja tendencia a las crecidas, el terreno por el cual atraviesa es de tipo accidentado medio con un buen drenaje.

La quebrada Ortega presenta una intensidad de lluvia muy fuerte, pero de duraciones cortas es decir que durante un día, solo se presenta la lluvia en horas determinadas.

De acuerdo con los registros meteorológicos tanto del estudio en el año 2016, como del INAMHI en el periodo del 2000 al 2011, se determina que durante la época lluviosa se registra 119.3 mm de precipitación media y durante la época seca 61.56 mm, los meses más secos son julio y agosto y los más lluviosos son marzo y abril.

Los trabajos realizados por parte de la EPMAPS en los años 2012, 2013 y 2014, son registros cortos y limitados en cobertura espacial, los cuales imposibilitan tener una lectura y análisis adecuado de los parámetros definidos para el control del curso hídrico.

La percepción de la comunidad en lo concerniente a las obras de saneamiento ambiental implantadas en la zona de estudio por parte de la EPMAPS, sugiere que en la mayoría de los casos prima el desconocimiento de dichas actividades y que se mantienen los problemas de generación de malos olores y presencia de vectores en el sector.

La calidad ecológica de la microcuenca de la quebrada Ortega, de acuerdo a los datos obtenidos del muestreo, conteo y valoración de macroinvertebrados acuáticos, mediante el índice BMWP/Col, determina que en la mayoría de sus afluentes la calidad del agua tiene calificación dudosa, es decir que sus aguas son moderadamente contaminadas.

La abundancia de especies de macroinvertebrados depende de los aspectos físicos del entorno de las quebradas, especialmente en lo concerniente a la composición del lecho del curso hídrico, ya que es el hábitat de estos organismos indicadores de la calidad ecológica del agua, esto quedó evidenciado en el muestreo del mes de julio de 2016 a la Estación Ortega, la misma que sufrió la alteración antropogénica de sus márgenes y por ende el cambio de los sustratos en el lecho del cuerpo de agua, impidiendo realizar el muestreo, ya que las comunidades de macroinvertebrados, fueron afectadas en su totalidad.

Producto de las obras de saneamiento ambiental construidas por parte de la EPMAPS, especialmente la intercepción de las aguas residuales de tipo doméstico, que se descargaban a la quebrada Ortega, se pudo verificar en función de los análisis físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que su calidad del agua ha mejorado, ya que con los datos históricos de los años 2012, 2013 y 2014 que se contaban del monitoreo a este curso hídrico, se puede concluir con los análisis de 2016, que existe una disminución considerable de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el cuerpo de agua.

Se constató visualmente conexiones clandestinas de aguas residuales hacia las márgenes de la quebrada Ortega, especialmente en la zona de los barrios poblados circundantes, lo que se refleja en los resultados de decrecimientos en ciertos meses de las poblaciones de macroinvertebrados, que lo evidencia también los resultados de análisis físico químico y microbiológico.

La información climática, hidrológica y de calidad del agua, ha constituido un insumo importante para el diseño de proyectos de aprovechamiento y control del agua, así también para el 'Programa de descontaminación de los ríos de Quito'; sin embargo, la información disponible por no ser continua en el tiempo y tampoco espacialmente representativa, ha sido insuficiente para el desarrollo estratégico de planes y lineamientos que permitan establecer metas concretas sobre saneamiento, recuperación y preservación del recurso agua

De acuerdo a los datos hidrometeorológicos obtenidos en la microcuenca Ortega, se puede verificar que los periodos de lluvia y secos son muy variables, por lo que para planificar un muestreo, es importante hacerlo considerando un margen de tiempo de 5 días sin precipitaciones, para garantizar los datos obtenidos luego del muestreo tanto de macroinvertebrados como de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, buscando que estos sean homogéneos y no causen interferencia en el análisis de resultados.

### Agradecimiento

a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento por permitirnos realizar la parte experimental de nuestra investigación en su Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua.

### Referencias

Aguirre, L. C. (1987).

[1] Abarca, M. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Biocenosis*, 323.

- [2] Agroempresarial, S. (2011). Manual de procedimientos de toma de muestras de aguas para análisis físico químico y microbiológico. Cicuco: Control Ambiental.
- [3] Aguirre, L. C. (1987). El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la sierra de Atapuerca.
- [4] Valladolid. Ambiental, C. (2013). Estudio de impacto ambiental construcción y operación - mantenimiento de la planta de recuperación de agua en el sector de Quitumbe. Quito: Calidad Ambiental.
- [5] Barros. Gustavo (1990). Curso de hidrología. Sincelejo.
- [6] EPMAPS. (2016). Boletín de lluvias DMQ. Quito.
- [7] González, Hari. (2013). Muestreo de macroinvertebrados. Cuenca: ETAPA.
- [8] Henaos. J (1988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá.
- [9] Heras. Rafael (1986). Recursos hidráulicos: síntesis, metodología y normas. Madrid.
- [10] Roldán, Gabriel (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia.