UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

DIFERENCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE DOS LAGUNAS DE DIFERENTE EDAD Y FORMACIÓN, DE LA SIERRA SUR DEL ECUADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN

AUTORES:

ISRAEL PATRICIO LUDEÑA GUAMÁN

VISNU DAMODARA ROJAS LÓPEZ

DIRECTOR:

EDWIN JAVIER ZÁRATE HUGO

CUENCA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad del Azuay, a la Escuela de Biología, Ecología y Gestión por el apoyo que supieron dar a nuestra investigación, a nuestro director de tesis Edwin Zárate, de igual manera a David Siddons y Piercosimo Tripaldi por la asesoría en esta investigación. Adriana Ortiz y al grupo de estudiantes de limnología por su colaboración en la fase de campo.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, consejos y comprensión que nos dieron a lo largo de la carrera y por la guía que supieron darnos para conseguir nuestros objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO ..... **ii**

RESUMEN ..... **viii**

ABSTRACT ..... **ix**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio 3
1.2 Métodos 5
1.2.1 Batimetría 5
1.2.2 Morfometría y volumen 6
1.2.3 Zooplancton 7
1.2.4 Macroinvertebrados 7
1.2.5 Clorofila 7
1.2.6 Análisis Físico-químico 8
1.2.7 Caudal 8

CAPÍTULO 2: RESULTADOS

2.1 Batimetría y variables morfométricas de la laguna Curiquingue 10
2.2 Área de aporte hídrico de la laguna Curiquingue 12
2.3 Zooplancton 12
2.4 Macroinvertebrados 13
2.4.1 Afluente 13
2.4.2 Efluente 15
2.5 Riqueza de especies 16
2.6 Índices de calidad de agua 17

2.7 Índice de Shannon Weiner 18
2.8 Clorofila 19
2.9 Caudal 19
2.10 Química del agua 20
2.10.1 Potencial hidrógeno (pH) 21
2.10.2 Temperatura 21
2.10.3 Sólidos totales 21

CAPÍTULO 3: DISCUSIONES

CONCLUSIONES 26

RECOMENDACIONES 27

BIBLIOGRAFÍA 28

ANEXOS 33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables morfométricas de la laguna Curiquingue 11

Tabla 2. Porcentaje de los grupos de zooplancton en la laguna Curiquingue 13

Tabla 3. Número de individuos y porcentajes de las familias de macroinvertebrados correspondiente a la clase Insecta del afluente de la laguna Curiquingue..... 14

Tabla 4. Número de individuos y porcentajes de las familias de macroinvertebrados correspondiente a la clase Insecta del efluente de la laguna Curiquingue..... 16

Tabla 5. Calidad de agua, valores BMWP/ABI, significados y color 17

Tabla 6. Calidad de agua de la laguna Curiquingue mediante el método ABI 18

Tabla 7. Puntaje de Shannon en el afluente y efluente de la Laguna Curiquingue..... 18

Tabla 8. Representación del puntaje del índice de Shannon……19

Tabla 9. Valores de clorofila registrados en la laguna Curiquingue..... 19

Tabla 10. Caudal obtenido por estación de muestreo 19

Tabla 11. Calidad de agua de la laguna Curiquingue utilizando el método WQI 20

Tabla 12. Rangos de calidad de agua del método WQI 21

Tabla 13. Forma y variables morfométricas de las lagunas Curiquingue y Llaviuco..... 23

Tabla 14. Clasificación de trofismo según transparencia y clorofila a..... 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio 3
Figura 2. Mapa de la laguna Curiquingue 4
Figura 3. Mapa de estaciones de muestreo en la laguna Curiquingue 5
Figura 4. Método para tomar profundidad en ríos 9
Figura 5. Mapa batimétrico de la laguna Curiquingue 10
Figura 6. Mapa del área de aporte hídrico de la laguna Curiquingue 12
Figura 7. Curva de acumulación de especies y estimador Chao 2 de macroinvertebrados de la laguna Curiquingue 17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Vista de las zonas de muestreo de la laguna Curiquingue……..33

Anexo 2. Fotografías de macroinvertebrados encontrados en la laguna Curiquingue……34

Anexo 3. Fotografías de especies de zooplancton encontradas en la laguna Curiquingue.....43

Anexo 4. Lista de taxones y puntaje ABI…….....44

Anexo 5. Número de individuos y porcentajes de los géneros de macroinvertebrados del afluente y efluente de la laguna Curiquingue…….....45

Anexo 6. Límites de detección de los análisis de laboratorio de la Universidad del Azuay…….…..47

DIFERENCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE DOS LAGUNAS DE DIFERENTE EDAD Y FORMACIÓN, DE LA SIERRA SUR DEL ECUADOR.

RESUMEN

La edad y formación de una laguna influye en las características físicas, químicas y biológicas (Wetzel, 2001), se estudió una laguna de reciente formación (Curiquingue) y se la comparó con una laguna de formación glacial (Llaviuco), para determinar el estado trófico y de colonización de zooplancton se encuentra la laguna Curiquingue. Se colectaron datos de variables morfométricas, macroinvertebrados, clorofila y características químicas para aportar con conocimientos limnológicos. Los resultados mostraron que los grupos más abundantes de zooplancton en la laguna Curiquingue son copépodos y rotíferos, se puede determinar que está en etapa de colonización debido a su reciente formación y al bajo número de géneros de zooplancton encontrados en comparación con la laguna Llaviuco; además presenta cierto nivel de eutrofización debido a la presencia de organismos de zooplancton indicadores de este fenómeno, a los resultados de clorofila y a la transparencia de la laguna.

Palabras Clave: Laguna, morfometría, zooplancton, eutrofización, limnología, macroinvertebrados.

Blgo. Edwin Zárate
DIRECTOR DE ESCUELA

Blgo. Edwin Zárate
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Israel Ludeña Guamán

Damodara Rojas López

AUTORES

ABSTRACT

DIFFERENCES IN THE PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TWO LAKES OF DIFFERENT AGE AND FORMATION, LOCATED IN THE SOUTHERN HIGHLANDS OF ECUADOR

The age and formation of a lake influences its physical, chemical and biological characteristics (Wetzel, 2001). A newly formed lake (*Curiquingue*) was studied and compared to a glacially formed lagoon (*Llaviuco*) to determine the trophic status and colonization of zooplankton found in *Curiquingue* Lake. Information about morphometric variables, macro invertebrates, chlorophyll and chemical characteristics was collected in order to contribute with limnology knowledge. The results showed that the most abundant zooplankton groups in *Curiquingue* Lake are copepods and rotifers. It is possible to determine that *Curiquingue* is in a colonization stage due to its recent formation and the low number of zooplankton genera found in comparison to the *Llaviuco* Lake. Additionally, it presents certain level of eutrophication due to the presence of zooplankton organisms, which are indicators of this phenomenon, as well as chlorophyll results and the transparency of the lake.

Keywords: Lake, Morphometry, Zooplankton, Eutrophication, Limnology, Macro Invertebrates.

Biologist Edwin Zarate
SCHOOL DIRECTOR

Israel Ludeña Guamán
AUTHOR

Biologist Edwin Zarate
THESIS DIRECTOR

Damodara Rojas López
AUTHOR

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Israel Patricio Ludeña Guamán

Visnu Damodara Rojas López

Trabajo de Graduación

Edwin Javier Zárate Hugo

Enero del 2014

DIFERENCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE DOS LAGUNAS DE DIFERENTE EDAD Y FORMACIÓN, DE LA SIERRA SUR DEL ECUADOR.

INTRODUCCIÓN

La forma, tamaño y profundidad de las lagunas juegan un papel importante en el comportamiento físico, químico y biológico de las mismas. También el origen de las lagunas determina en gran parte su tamaño y profundidad. (Roldán, 1992) Las lagunas formadas por deslizamiento de terreno son irregulares, pueden alcanzar gran tamaño, son inestables y de vida corta (Wetzel, 1981); aquellas de origen glacial generalmente son pequeñas, regulares y se encuentran en gran parte en las regiones más altas de la cordillera de Los Andes (Wetzel, 1981 y Roldán, 1992).

Los estudios de zooplancton en el neotrópico aún son muy escasos, siendo Brasil el país que más ha trabajado en este campo (Roldán, 1992), sin embargo no existen estudios de colonización de este grupo de individuos. El zooplancton tiene un papel ecológico fundamental en los ecosistemas acuáticos ya que son la base de la productividad secundaria constituyendo una parte esencial en la alimentación de peces y macroinvertebrados acuáticos. (Roldán, 1992)

La laguna Curiquingue se encuentra ubicada en el cantón Nabón en el sector de Chunasana, a una altura de 3100 msnm, se formó hace seis años aproximadamente, al

ser de reciente formación no presenta estudios realizados, por lo que es necesario aportar con conocimiento sobre su estado actual.

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la laguna Curiquingue e identificar las diferencias físicas, químicas y biológicas con una laguna de diferente edad y formación (Llaviuco) en la sierra sur del Ecuador, además de aportar con conocimiento de la laguna Curiquingue ya que al ser de reciente formación no presenta estudios realizados.

CAPÍTULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio

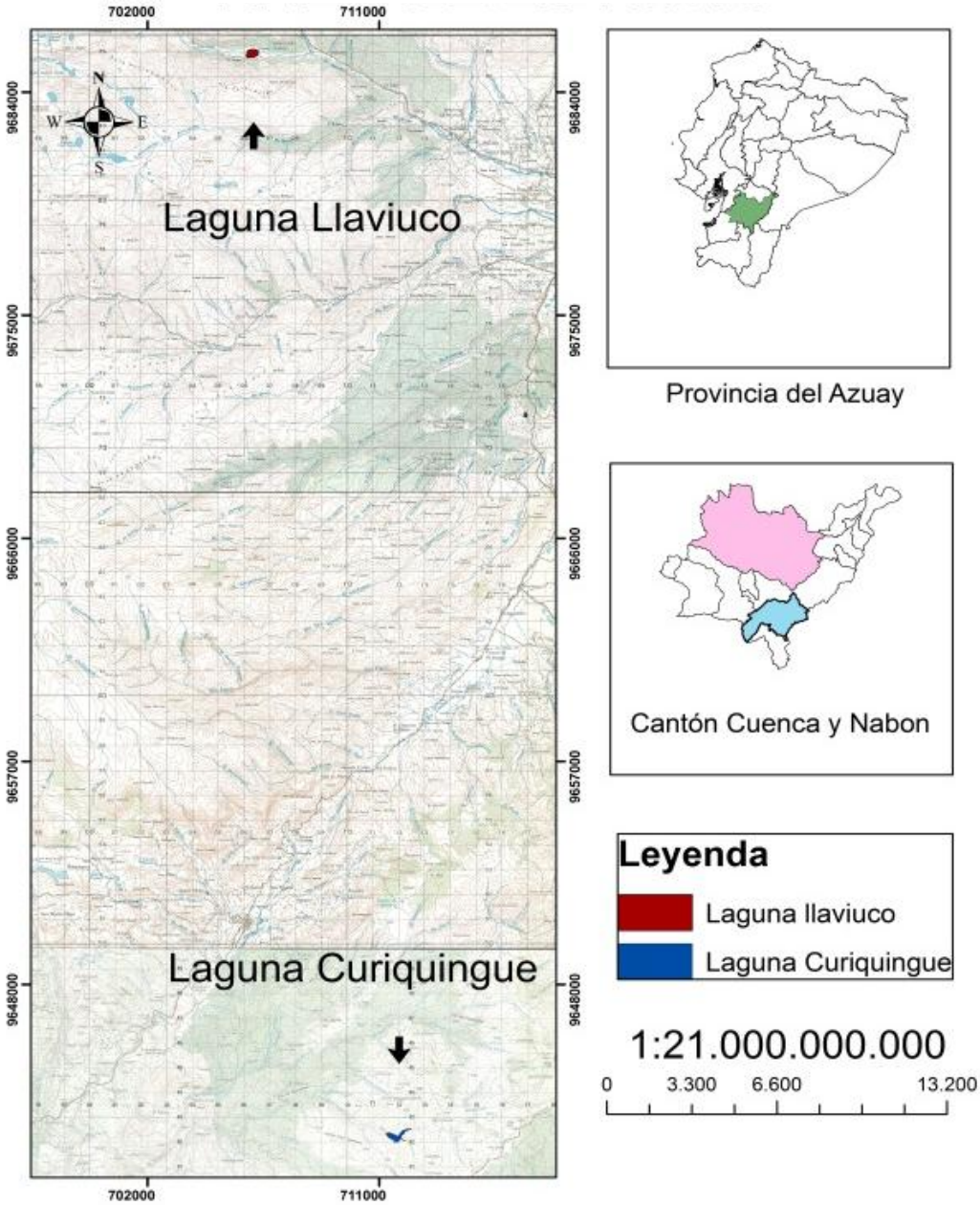


Figura 1. Mapa del área de estudio

El estudio se desarrolló en los Andes sur del Ecuador, tomando muestras en la laguna Curiquingue y comparando los resultados con estudios realizados anteriormente en la laguna Llaviuco por Barros y Carrasco (2006). La laguna Curiquingue se formó por deslizamiento de terreno o alud hace seis años aproximadamente, se encuentra ubicada en el cantón Nabón en el sector de Chunasana, en el flanco este de la cordillera occidental de los Andes sur del Ecuador, a una altura de 3100 msnm, presenta clima ecuatorial de alta montaña el cual se caracteriza por estar siempre ubicado sobre los 3000 msnm, temperatura media que fluctúa alrededor de 8°C, pluviometría anual variable comprendida entre 1000 y 2000 mm (Gordillo, 2009).

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional (Mena y Medina, 2000). En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total. La zona en donde se encuentra la laguna Curiquingue presenta vegetación y suelos típicos del páramo que es un ecosistema natural sobre el límite de bosque en los Andes dominado por pajonales, rosetas, especies arbustivas, humedales y pequeños bosquetes (Vásconez y Hofstede, 2006).

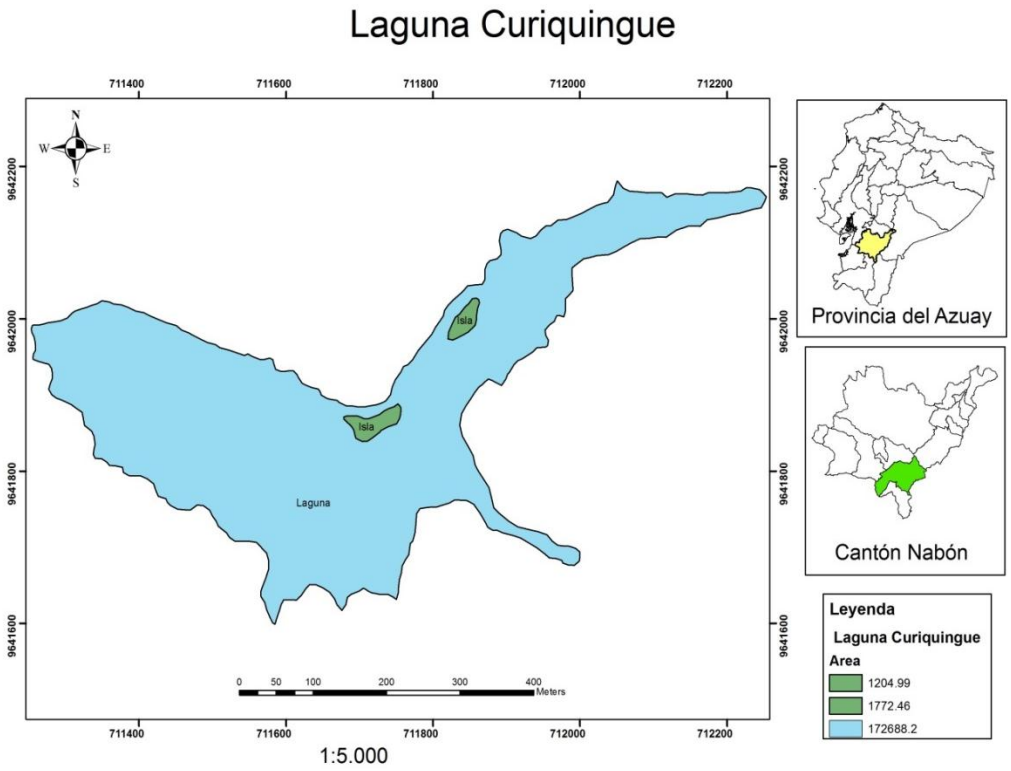


Figura 2. Mapa de la laguna Curiquingue

1.2 Métodos

Para la toma de datos en la laguna Curiquingue se muestreó cada dos meses, en total se realizaron cuatro muestreos, con la finalidad de obtener datos en invierno y verano. Dentro de la laguna se ubicaron cuatro estaciones de muestreo dos en el centro y dos cerca de la orilla, en donde se tomaron las muestras a tres profundidades: en la superficie, en la zona fótica y en la zona afótica, para obtener los datos de las características físico-químicas y la parte biótica de la laguna. Para la caracterización del afluente y efluente se realizaron dos estaciones de muestreo en cada lugar. En la laguna de Llaviuco no se realizaron muestreos ya que los datos fueron proporcionados por ETAPA.

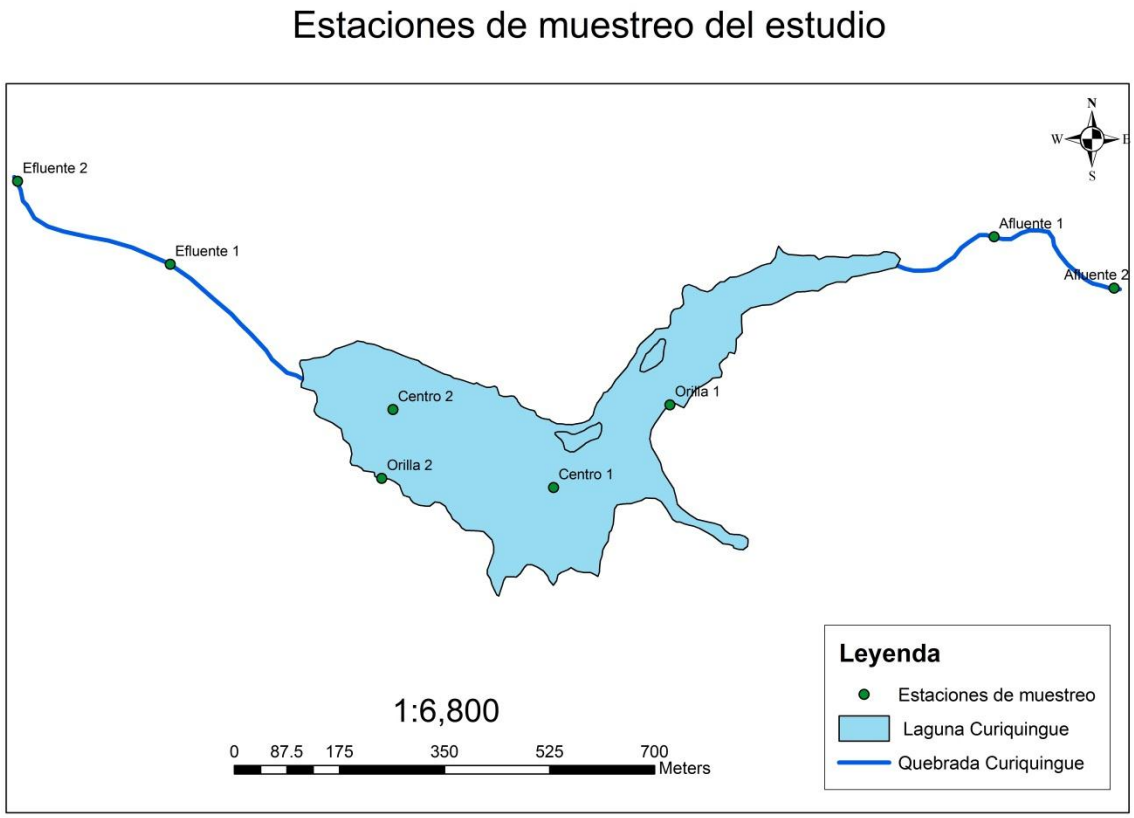


Figura 3. Mapa de estaciones de muestreo en la laguna Curiquingue

1.2.1 Batimetría

Para realizar la batimetría utilizamos el método directo, el cual consiste en tomar medidas de profundidad (con una cuerda graduada con un peso de 5 kg en la punta) y

puntos con el GPS en toda la laguna. Para la elaboración del mapa batimétrico se utilizó el programa ArcGis 9.3.

1.2.2 Morfometría y volumen

1.2.2.1 Volumen: se calculó obteniendo los volúmenes de cada estrato horizontal, los cuales fueron obtenidos en la batimetría y haciendo la suma de todos los volúmenes de dichos estratos se determinó el volumen total de la laguna (Wetzel, 1981). La fórmula para determinar el volumen es la siguiente:

$$V = h / 3 * [S1 + S2 + (S1 * S2)^{1/2}]$$

Dónde: V = volumen

h = representa la altura del estrato dado entre dos isobatas continuas

S1 = área de la parte superior del estrato

S2 = área de la parte inferior del estrato

1.2.2.2 Variables morfométricas: se determinó el área a través del programa Arc Gis 9.3 y se corroborarán los datos utilizando el método planimétrico sobre la cartografía de las lagunas 1:50000 (Wetzel, 1981). La longitud máxima se determinó en línea recta los dos puntos más distantes de la laguna (Wetzel, 1981). Se estableció la línea que presente mayor distancia entre las orillas de la laguna y que sea perpendicular a la línea de la longitud máxima (Wetzel, 1981). La profundidad máxima mediante la batimetría se determinó el lugar que presente mayor profundidad (Wetzel, 1981). La profundidad media se determinó a través del volumen dividido por el área superficial (Wetzel, 1981). El perímetro se estableció mediante la cartografía de las lagunas utilizando el programa Arc Gis 9.3.

1.2.3 Zooplancton

Las muestras de zooplancton fueron tomadas a tres profundidades: superficial, fótica y afótica mediante la botella de Van Dorn en las estaciones del centro de la laguna y superficialmente en las orillas. Para colectar los individuos se utilizaron redes de zooplancton las cuales fueron elaboradas con seda fina para que la porosidad de la tela no sea mayor a 120 micras, se filtraron 8 litros de agua por muestra, la cual se almaceno en frascos de 100 ml con formol al 4%. La identificación se realizó colocando la muestra en una caja Petri cuadriculada y con la ayuda del microscopio invertido se realizó el conteo e identificación de los individuos (Vicente, et al, 2005). Para la identificación se utilizó las claves proporcionadas en el curso de introducción al zooplancton Alonso (2010).

1.2.4 Macroinvertebrados

La toma de muestras de macroinvertebrados se realizó con la red de mano directamente en el afluente y el efluente ubicando los lugares que presenten mayor cantidad de hábitats para los macroinvertebrados. Consistió en remover con los pies el sustrato del fondo de las quebradas y recoger todo el material con la red a contracorriente, el cual se depositó en una bandeja plástica y con la ayuda de pinzas se colectaron los macroinvertebrados en frascos de 100 ml con alcohol para conservarlos hasta su identificación. Para la identificación se utilizaron los libros: “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” y “Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología” (Roldan, 1996; Domínguez y Fernández, 2009).

1.2.5 Clorofila

Las muestras de clorofila se obtuvieron colectando agua directamente de la laguna a tres profundidades: superficial, fótica y afótica mediante la botella de Van Dorn en las estaciones del centro y superficialmente en las orillas, almacenándolas en botellas oscuras debido a que la clorofila reacciona con la luz y modifica la muestra. En el laboratorio las muestras fueron filtradas utilizando filtros Whatman GF/F de 55 mm los cuales se depositaron en tubos de ensayo con 10 ml de acetona y se dejaron reposar

para que reaccione. Luego de esto la muestra se centrifuga a 3000 rpm durante 10 minutos y se procede a la lectura en el espectrofotómetro (Wetzel, 1991).

1.2.6 Análisis Físico-químico

1.2.6.1 Conductividad, pH y temperatura: estos parámetros se determinaron directamente en el campo mediante equipos portátiles (pH-metro, conductímetro y termómetro).

1.2.6.2 Disco Secchi: se dejó caer directamente el disco en la laguna para medir la profundidad de la zona fótica anotando los valores de profundidad cuando se deja de ver el disco y reaparece. Esta medición se realizó entre las 11:30 y 12:30 del día (Roldán, 1992).

1.2.6.3 Solidos totales, DQO, hierro, nitratos, fósforo y amonio: se determinaron en el laboratorio de química de la Universidad del Azuay a través de métodos estandarizados (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

1.2.6.4 Metales pesados (zinc, cadmio, cobre, plomo): se determinaron en el laboratorio de química de la Universidad del Azuay a través de polarografía.

1.2.7 Caudal

El caudal de afluente y efluente de la laguna se midió tomando medidas de profundidad (Bi) mediante un palo graduado a intervalos regulares (Ai) de 10 cm, sumando la longitud de estos intervalos se obtuvo el ancho de la quebrada y con los datos de profundidad se obtuvo la profundidad media. Estos valores determinan el área de la quebrada.

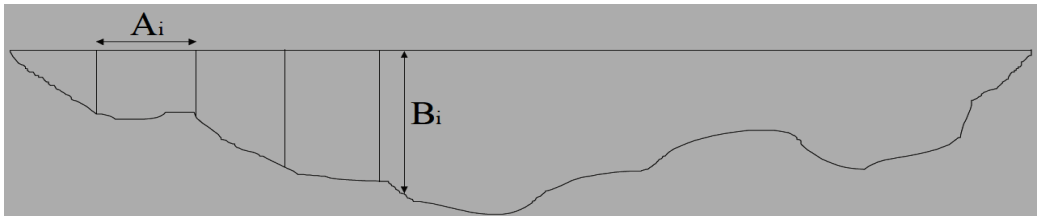


Figura 4. Método para tomar profundidad en ríos

Fuente: Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA)

Además se debe obtener la velocidad del flujo utilizando el método del flotador, dejando caer un objeto sobre la superficie que seguirá río abajo hasta una distancia conocida, en este caso 10 m, tomando el tiempo que transcurre entre que el objeto cae en el agua y llega hasta el lugar de destino. Se tomaron 5 medidas de velocidad y se promediaron para tener una velocidad más acertada. Finalmente se aplica la siguiente fórmula: $Q = A * V$, dónde: Q = caudal (m^3 / s) y A = área m^2 (Prat et al, 2004)

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

2.1 Batimetría y variables morfométricas de la laguna Curiquingue

En la figura 5 se ilustra el levantamiento batimétrico de la laguna Curiquingue con las profundidades divididas en estratos de dos metros. A partir de la batimetría se calcularon las principales variables morfométricas que son: volumen, área, perímetro, longitud máxima, ancho máximo, profundidad máxima y profundidad media.

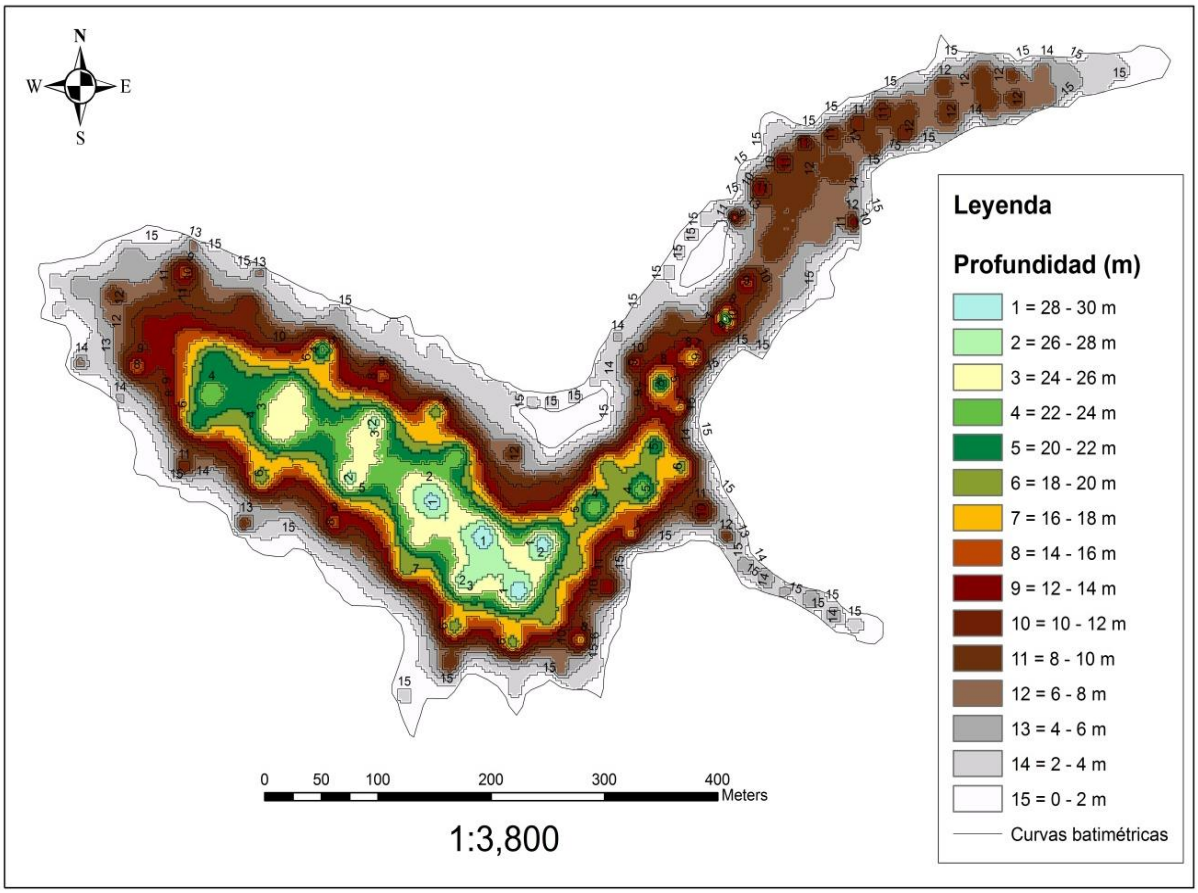


Figura 5. Mapa batimétrico de la laguna Curiquingue

La laguna Curiquingue presenta un perímetro de 3335.72 m, una superficie de 172688.2 m², tiene una longitud máxima de 742.85 m y un ancho máximo de 582.02 m, también presenta una profundidad máxima de 30 m y una profundidad media de 9.94 m, con un volumen total de 1 717 011 m³. Estos datos fueron calculados mediante el programa Arcgis 9.3.

Tabla 1. Variables morfométricas de la laguna Curiquingue

Curvas de nivel (m)	Área (m²)	Volumen (m³)
0-2	145375.67	317672
2-4	121520.26	266540
4-6	104490.96	225797
6-8	86671.95	190885
8-10	70522.37	156917
10 -12	59964.48	130344
12-14	50335.47	110160
14-16	42591.27	92819
16-18	34012.13	76443
18-20	25117.29	58905
20-22	17441.49	42326
22-24	10870.04	28054
24-26	4135.53	14474
26-28	984.81	4759
28-30	90.87	917
Volumen total		1717011 m³
Longitud máxima		742,85 m
Anchura máxima		582,02 m
Profundidad máxima		30 m
Profundidad media		9,94 m
Perímetro		3335,72 m
Área		172688.2 m²

2.2 Área de aporte hídrico de la laguna Curiquingue

A través del área de aporte podemos conocer y evaluar las características físicas y geomorfológicas de la cuenca y analizar la escorrentía y obtener caudales. La figura 6 muestra el área de aporte hídrico de la laguna Curiquingue la cual fue determinada mediante curvas de nivel de la zona, cubre un área de 4 724 589.93 m^2.

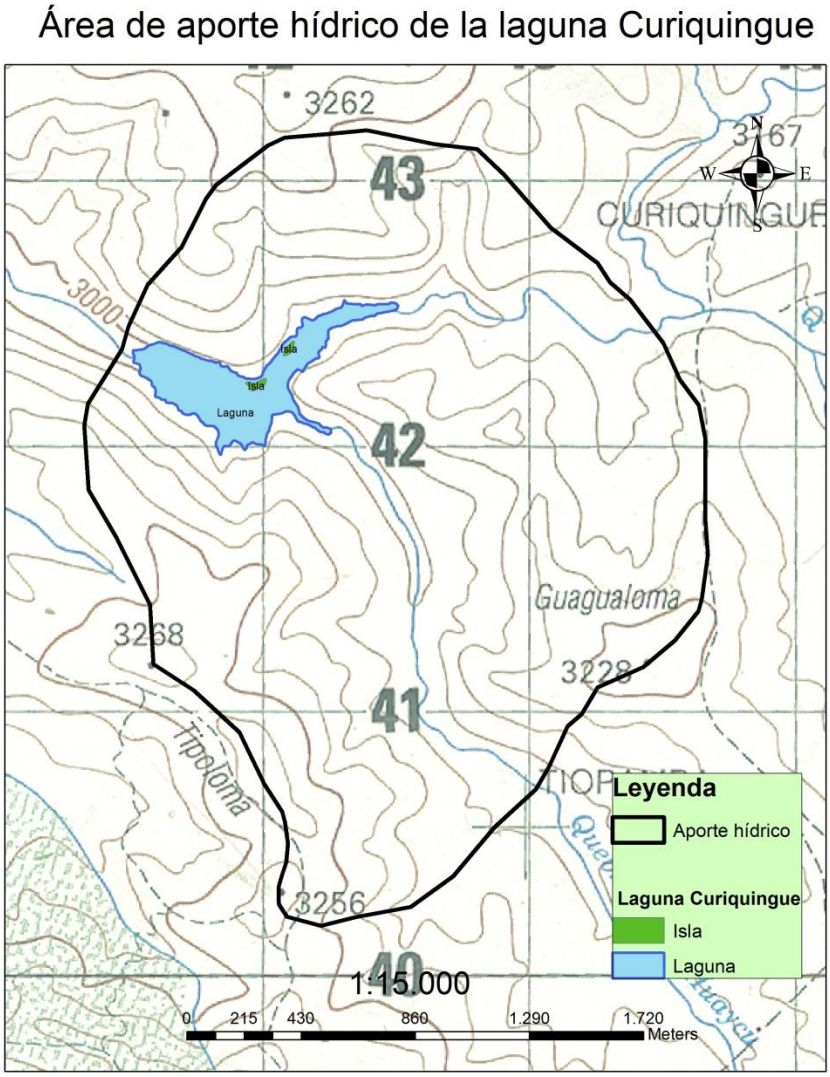


Figura 6. Mapa del área de aporte hídrico de la laguna Curiquingue

2.3 Zooplancton

En la laguna Curiquingue se encontraron 3 especies de zooplancton, de las cuales, el 42.70 % de los organismos están representados por copépodos ciclopoides, seguidos

de los Nauplius (estado inmaduro de ciclopoide) con el 40.95 %, en total los copépodos representan el 83.65 % del zooplancton, son menos representativos los rotíferos constituidos por el género *Keratella* con el 15.53 %, y el grupo con menos organismos son los cladóceros con un 0.82 % representados por la familia Bosminidae.

Tabla 2. Porcentaje de los grupos de zooplancton en la laguna Curiquingue

Orden		Porcentaje (%)
Cladóceros	Bosminidae	0,82
Copepodos	Ciclopoide	42,70
	Nauplius	40,95
Rotíferos	*Keratella*	15,53

2.4 Macroinvertebrados

En la quebrada Curiquingue se encuentra una gran variedad de grupos taxonómicos, que se identificaron hasta el nivel de género, la mayor parte de los grupos que se encontraron pertenecen a la clase insecta, además se encontró un pequeño grupo de: oligoquetos, moluscos, arácnidos, turbelarios, hirudineos, gastropodos y bivalvos. En el estudio se determinó un total de 13 órdenes, 35 familias, 50 especies y 5345 individuos colectados.

2.4.1 Afluente

En las dos estaciones del afluente el mayor componente de fauna relacionado con el número de individuos es la clase Insecta con el 88.94%, seguido por Oligochaeta que se presenta el 6.39%. Los grupos restantes están presentes con un bajo número de individuos, que representan: Hidracarina, 2.24%; Turbellaria, 1.98%; Gastrópoda, 0.34%, Amphipoda, 0.05% y entre Hirudinea y Bivalvia, 0.05%

Dentro de los insectos se encuentra una gran variedad; el grupo más abundante es Coleóptera con 35.96%, seguido en orden por Ephemeróptera con 32.73%, Trichóptera con 20.98%, Díptera con 9.23%, Plecóptera con 1.07% y Odonata con 0.03%.

Tabla 3. Número de individuos y porcentajes de las familias de macroinvertebrados correspondiente a la clase Insecta del afluente de la laguna Curiquingue

ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Trichoptera	Polycentropodidae	7	0,21
	Helicopsychidae	26	0,77
	Hydrobiosidae	262	7,77
	Hydropsychidae	4	0,12
	Hydroptilidae	18	0,53
	Leptoceridae	314	9,32
	Odontoceridae	61	1,81
	Xyphocentronidae	9	0,27
	Glossosomatidae	6	0,18
Diptera	Tipulidae	33	0,98
	Ceratopogonidae	1	0,03
	Blepharoceridae	9	0,27
	Simuliidae	144	4,27
	Tabanidae	2	0,06
	Chironomidae	122	3,62
Ephemeroptera	Leptohyphidae	645	19,14
	Leptophlebiidae	188	5,58
	Baetidae	270	8,01
Coleoptera	Lutrochidae	154	4,57
	Ptilodactylidae	37	1,1
	Elmidae	988	29,32
	Scirtidae	32	0,95
	Psephenidae	1	0,03
Plecoptera	Perlidae	18	0,53
	Gripopteryguidae	18	0,53
Odonata	Aeschnidae	1	0,03

En cuanto a las familias de los diferentes órdenes en el afluente se encuentra que el 35.96% del total de insectos son Coleópteros con 5 familias, el grupo que le sigue en importancia es Ephemeróptera con 32.73% del total de insectos y presenta 3 familias, Trichóptera presenta el mayor número de familias 9 en total, Díptera presenta 6 familias.

En total se encontraron 33 géneros dentro de la clase Insecta en el afluente, de los cuales los más representativos por el porcentaje del número de individuos son: *Heterelmis* correspondiente a la familia Elmidae con 17.21%, seguido por: *Tricorythodes* de la familia Leptohyphidae con 13.47%, *Atopsyche* perteneciente a la familia Hydrobiosidae con 7.77%, *Leptohyphes* también de la familia Leptohyphidae con 5.67%, ver anexo 5.

2.4.2 Efluente

En las dos estaciones del efluente el mayor componente de fauna relacionado con el número de individuos es la clase Insecta con el 87.92%, seguido por Oligochaeta que se presenta el 6.62%. Los grupos restantes están presentes con un bajo número de individuos, que representan: Gastrópoda, 4.43%; Turbellaria, 0.90%; e Hidracarina, 0.13%.

Dentro de los insectos, se encuentra una gran variedad; el grupo más abundante es Díptera con 46.86%, seguido en orden por Ephemeróptera con 33.41%, Trichóptera con 14.91%, Coleóptera con 4.75%, y Plecóptera con 0.07%.

En cuanto a las familias de los diferentes órdenes en el efluente se encuentra que el 46.86% del total de insectos son dípteros con 7 familias, el grupo que le sigue en importancia es ephemeróptera con 33.41% del total de insectos y presenta 2 familias, trichóptera presenta 5 familias y coleóptera presenta 3 familias.

En total se encontraron 27 géneros dentro de la clase Insecta en el efluente, de los cuales los más representativos por el porcentaje del número de individuos son: la familia Chironomidae con 31.51%, seguido por: *Americobaetis* de la familia Baetidae con 13.38%, *Dactylobaetis* perteneciente a la familia Baetidae con 12.79%, *Gigantodax* de la familia Simuliidae con 10.16% e *Hydroptila* de la familia Hydroptilidae con 8.04%, ver anexo 5.

Tabla 4. Número de individuos y porcentajes de las familias de macroinvertebrados correspondiente a la clase Insecta del efluente de la laguna Curiquingue

ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Trichoptera	Polycentropodidae	14	1,02
	Hydrobiosidae	61	4,46
	Hydroptilidae	110	8,04
	Leptoceridae	1	0,07
	Glossosomatidae	18	1,32
Diptera	Tipulidae	3	0,22
	Ceratopogonidae	2	0,15
	Muscidae	64	4,68
	Blepharoceridae	1	0,07
	Simuliidae	139	10,16
	Tabanidae	1	0,07
	Chironomidae	431	31,51
Ephemeroptera	Leptohyphidae	54	3,95
	Baetidae	403	29,46
	Elmidae	61	4,46
Coleoptera	Staphylinidae	2	0,15
	Scirtidae	2	0,15
Plecoptera	Gripopteryguidae	1	0,07

2.5 Riqueza de especies

La figura 7 muestra la curva de acumulación y el estimador Chao 2 de especies de macroinvertebrados de la laguna Curiquingue para lo cual se utilizó el programa Species Diversity and Richness (V2.65) se observó que existe una tendencia de estabilización cuando se encontraron alrededor de 50 especies, revelando así que el esfuerzo de muestreos realizados tuvieron una significancia.

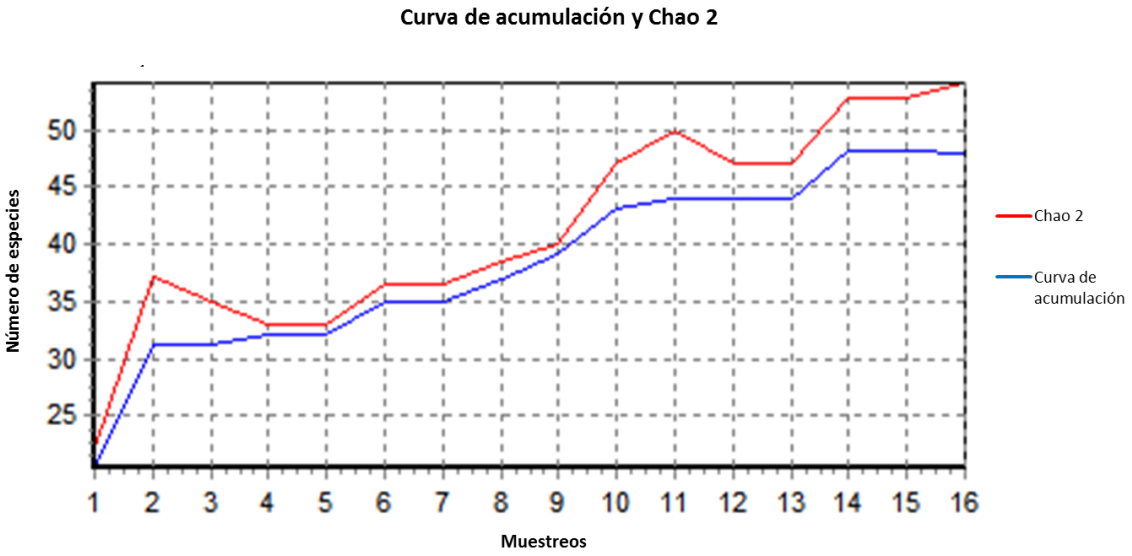


Figura 7. Curva de acumulación de especies y estimador Chao 2 de macroinvertebrados de la laguna Curiquingue

2.6 Índices de calidad de agua

Después de identificar las muestras de macroinvertebrados y asignarles el valor del Andean Biotic Index (ABI), se comparó el valor total obtenido con la tabla de calidad de agua establecida para este método:

Tabla 5. Calidad de agua, valores BMWP/ABI, significados y color

Calidad	BMWP/ABI	Significado	Color
Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA)

Tabla 6. Calidad de agua de la laguna Curiquingue mediante el método ABI

Calidad de agua utilizando el método ABI				
	Efluente A	Efluente B	Afluente A	Afluente B
Primer muestreo	58	43	97	97
Segundo muestreo	24	24	102	119
Tercer muestreo	54	43	115	125
Cuarto muestreo	35	45	119	118

Según el método ABI en la laguna Curiquingue se distingue dos patrones de calidad de agua, el afluente presenta una calidad de agua que va desde aguas muy limpias a ligeramente contaminadas, mientras en el efluente la calidad del agua va desde aguas moderadamente contaminadas a aguas muy contaminadas.

2.7 Índice de Shannon Weiner

La utilización de este índice no da información acerca de la distribución espacial de las especies, aunque sí intenta incluir la riqueza y la equitabilidad, se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema (Yánez, 2010). Se calculó utilizando el programa Species Diversity and Richness (V2.65). El afluente muestra puntajes superiores a 3, mientras en el efluente muestra puntajes de 2.3 y 2.4, que significa que el afluente tiene mayor diversidad que el efluente, como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 7. Puntaje de Shannon en el afluente y efluente de la Laguna Curiquingue

	Shannon
Afluente A	3.01
Afluente B	3.02
Efluente A	2.40
Efluente B	2.30

Tabla 8. Representación del puntaje del índice de Shannon

Diversidad	Índice de Shannon
Alta diversidad	3 – 5
Media diversidad	1,5 a 3
Baja diversidad	0 a 1,5

Fuente: Yánez, 2010

2.8 Clorofila

Es una variable biológica indicadora de la biomasa de las algas (Wetzel, 2001). La Tabla 9 muestra los valores registrados en las estaciones del centro de la laguna en los meses de realización del estudio, el valor promedio de clorofila de 5.077 mg/m^3 con un pico máximo de 10.151 mg/m^3.

Tabla 9. Valores de clorofila registrados en la laguna Curiquingue

Parámetro	mg/m³
Promedio Clorofila a	5.077
Máximo Clorofila a	10.151

2.9 Caudal

Tabla 10. Caudal obtenido por estación de muestreo

CAUDAL DE LA LAGUNA CURIQUINGUE				
	Muestreo 1 (Julio 2012)	**Muestreo 2 (Septiembre 2012)**	**Muestreo 3 (noviembre 2012)**	**Muestreo 4 (Enero 2013)**
	m3/s			
Afluente	0.583	0.303	0.493	0.481
Efluente	0.541	0.389	0.467	0.466

Se puede observar en la tabla 10 que de los cuatro meses muestreados julio es el más caudaloso, en el mes de septiembre existe menor caudal y en los meses de noviembre y enero los caudales se mantienen constantes.

2.10 Química del agua

Para el análisis de los resultados físico químicos se utilizó el método: Water Quality Index, una vez obtenido el valor de cada estación de muestreo se compara con la siguiente tabla:

Tabla 11. Calidad de agua de la laguna Curiquingue utilizando el método WQI

Muestras	WQI
C1 superficie	73
C1 fótica	74
C1 afótica	74
C2 superficie	74
C2 fótica	75
C2 afótica	74
Orilla 1	73
Orilla 2	74
C1 integral	74
C2 integral	74
Afluente A	74
Afluente B	75
Efluente A	73
Efluente B	72

Tabla 12. Rangos de calidad de agua del método WQI

Rango	Calidad
90-100	Excelente
70-90	Buena
50-70	Media
25-50	Mala

Fuente: Oram (2013). www.water-reseach.net/watrqualindex.

Después de comparar los resultados obtenidos con la tabla de calidad de agua para este método, se determinó que todas las muestras presentan agua de buena calidad.

2.10.1 Potencial hidrógeno (pH)

La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico cuando existe nutriente (Payeras, 2011). Los valores de pH encontrados en las diferentes estaciones de la laguna Curiquingue no difieren demasiado entre ellos, presentando valores entre 5.34 y 6.75 es decir tienen tendencia a la acidez.

2.10.2 Temperatura

Los valores no difieren demasiado entre las estaciones ni a las tres profundidades muestreadas, los valores se encuentran entre 13.5 y 16.3 °C. Además los datos no varían entre estaciones del año.

2.10.3 Sólidos totales

La concentración de sólidos totales guarda una relación positiva con la productividad de las lagunas, el promedio de sólidos totales para los ríos ha sido estimada en alrededor de 120 ppm, en cuanto a los resultados obtenidos en el laboratorio en los cuatro muestreos realizados ningún valor supera 1 mg/l.

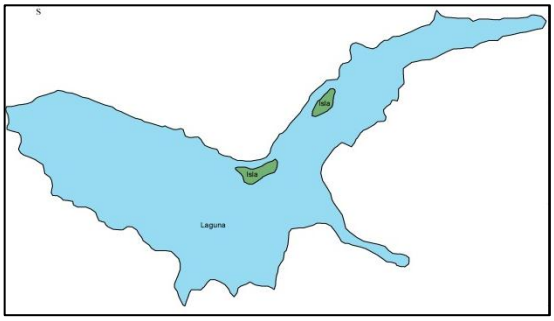
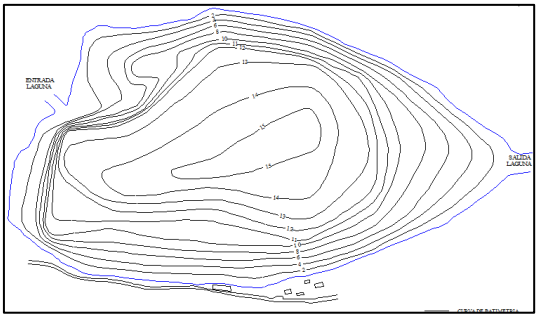
Además en este estudio se realizaron análisis de fósforo, amonio, nitratos, hierro, demanda química de oxígeno y metales pesados (zinc, cadmio, plomo y cobre) con el objetivo de determinar si existe contaminación por fertilizantes, uso de pesticidas y plaguicidas, contaminación agrícola en general y metales pesados, pero todos estos parámetros presentan valores bajo el límite de detección es decir que se encuentran en pequeñas cantidades. Ver anexo 6.

CAPÍTULO 3

DISCUSIONES

Según los resultados obtenidos en la batimetría, se muestra que la laguna Curiquingue es más profunda alcanzando 30 metros, con un volumen de 1717011 m^3, mientras que en la laguna Llaviuco la profundidad máxima es de 15 metros, con un volumen de 1624467 m^3. A pesar de que existe diferencia en la profundidad el volumen es similar debido a que las zonas profundas en la laguna Curiquingue abarcan áreas muy pequeñas, como se observa en la figura 5. Según Wetzel (1981) las formas de las lagunas varían de acuerdo a su origen, la laguna de Llaviuco de origen glacial y la laguna Curiquingue formada por deslizamiento de terreno, esta es la razón por la que no hay similitudes en las variables morfométricas.

Tabla 13. Forma y variables morfométricas de las lagunas Curiquingue y Llaviuco

Laguna Curiquingue		**Laguna Llaviuco**	
			
Volumen total	1717011	**Volumen total**	1624467
Longitud máxima	742,85 m	**Longitud máxima**	650 m
Anchura máxima	582,02 m	**Anchura máxima**	360 m
Profundidad máxima	30 m	**Profundidad máxima**	15 m
Profundidad media	9,94 m	**Profundidad media**	9,04 m
Área	172688.2 m^2	**Área**	180100m^2

En la laguna Curiquingue tras seis años de formación se encontraron tres géneros de zooplancton con una mayor abundancia de copépodos y rotíferos, en la laguna Llaviuco que se encuentra en recuperación se encontraron 5 géneros: *Ceriodaphnia*, *Daphnia* y *bosmina* correspondientes a cladóceros; *Boeckella* y *Metaciclops* correspondientes a copépodos (Barros y Carrasco, 2006). Debido a que existen dos géneros de diferencia entre estas dos lagunas se puede establecer que la laguna de Curiquingue está en etapa de colonización. Además los lagos ecuatorianos son pobres en especies de zooplancton. En la mayoría de lagos ecuatorianos en los Andes, se ha encontrado que la comunidad está formada típicamente por un máximo de dos especies de copépodos, tres especies de cladóceros y cuatro especies de rotíferos (Steinitz, 1979).

Contrario a lo propuesto por varios autores que exponen que los rotíferos dominan las comunidades del zooplancton en lagunas y embalses tropicales y subtropicales (Sendacz et al. 2006), en este caso los copépodos dominan durante casi todo el período de estudio. Al respecto, (Santos y Rocha, 2007) señalan que esto se puede deber al largo tiempo de residencia de las aguas, lo cual favorece a las especies con un tiempo de desarrollo relativamente largo como el de los copépodos. Los cuales son característicos del zooplancton dulceacuícola tropical y ha sido considerado una especie asociada con ambientes eutróficos o perturbados (Sampaio et al. 2002).

Al comparar nuestros resultados con los de la comunidad de zooplancton del lago de Catemaco, la laguna Curiquingue es típica de un ambiente eutrófico (Torres, 1998). Algunas de las especies citadas por Gannon y Stemberger (1978) como indicadores de eutrofia se encuentran presentes en el estudio durante todos los muestreos realizados. Ejemplos de ellos son los rotíferos *Brachionus angularis, B. quadridentatus , Keratella cochlearis , Filinia longiseta, Polyarthra vulgaris, Trichocerca capucina* y *Conochilus dossuarius* y el cladocero *Bosmina longirostris*. En la laguna Curiquingue encontramos los géneros *Keratella* y *Bosmina.*

.

La laguna Llaviuco en 1997 presentó un promedio de clorofila a de 5.2 mg/m^3, un máximo de clorofila a de 11.2 mg/m^3 y una transparencia de 3.3 m, los valores dados se deben a que en ese año existía una piscícola que originó el crecimiento de fitoplancton, clasificándola como una laguna mesotrófica (Barros y Carrasco, 2006). Estos valores son similares a los obtenidos en la laguna Curiquingue con un máximo de clorofila a de 10.2 mg/m^3, promedio de clorofila a de 5.1 mg/m^3 y una transparencia de 2,5 m.

Tabla 14. Clasificación de trofismo según transparencia y clorofila a

		Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Curiquingue	Llaviuco
Clorofila "a" (mg/m3)	**Máxima**	< 8	8 - 25	25 - 75	10,2	11,2
	Promedio	< 2,5	2,5 - 8	8 - 25	5,1	5,2
Transparencia Ds (m)		> 6	6 - 3	3 - 1,5	2,5	3,3

Fuente: Wetzel, 1998.

En las dos lagunas el grupo más representativo de macroinvertebrados es la clase insecta, encontrando en todas las estaciones de muestreo los órdenes: díptera, ephemeróptera y trichóptera. En cuanto al índice de calidad de agua ABI se obtuvo como resultados que en la laguna Llaviuco está entrando y saliendo aguas muy limpias, pero en la laguna Curiquingue entran aguas muy limpias o ligeramente contaminadas y salen aguas moderadamente a muy contaminadas, se puede corroborar con el índice de diversidad de Shannon, esto se debe a que en la laguna Curiquingue existe cierto grado de eutrofización. Según Wetzel (1981) las lagunas formadas por deslizamiento de terreno inundan porciones de tierra donde existía vegetación por lo que existe acumulación de materia orgánica en el fondo. Al acumularse la materia orgánica ésta tiende a oxidarse, agotando el oxígeno presente en la zona, además Zárate (2014) menciona que la materia orgánica se acumula en la salida de agua de las lagunas debido a la corriente y al viento, lo que puede ser una razón para la contaminación presente en el efluente.

CONCLUSIONES

Se puede establecer que la laguna Curiquingue se encuentra en etapa de colonización al ser de reciente formación y presentar pocos géneros de zooplancton, además los estudios realizados por Steinitz (1979) muestran que las comunidades de zooplancton en lagunas de Los Andes del Ecuador a pesar de que son pobres presentan una clara diferencia con respecto a la laguna Curiquingue.

Se puede concluir que la laguna Curiquingue se encuentra en un estado mesotrófico debido a la presencia de: *Keratella, Bosmina y* copépodos los cuales son indicadores de este fenómeno además de los valores obtenidos de clorofila a y transparencia.

Esta investigación permitió aportar con conocimiento de la laguna Curiquingue como parámetros morfométricos, calidad de agua de afluente y efluente y una base de datos de macroinvertebrados encontrados en la zona.

RECOMENDACIONES

Para conocer mejor como se desarrolla una laguna es necesario seguir monitoreando realizando estudios mensuales a lo largo del año, ya que las comunidades biológicas varían su composición en un espacio temporal (Wetzel, 2001).

Para entender mejor el comportamiento de cada grupo estudiado es necesario realizar investigaciones más específicas de cada uno de estos, nuestro estudio sirve como base preliminar ya que tiene una visión general de la laguna Curiquingue.

Realizar una batimetría utilizando un sonar y GPS de precisión, esto nos ayudará a tener datos más precisos de las profundidades de la laguna.

Ubicar una estación meteorológica en la zona de la laguna Curiquingue, para determinar los meses lluviosos y de estiaje, y poder desarrollar estudios temporales de las comunidades biológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, F. Caracterización del zooplancton de lagunas en la llanura inundable del río Ichilo. Cochabamba. Bolivia. 2005.

- ALONSO, M. Curso de introducción al zooplancton. Universidad de Cuenca. Ecuador. 2010.

- APHA. AWWA. WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos. Edición 17. España. 1992.

- BARROS, S. CARRASCO, M. Estudio limnológico en la laguna Toreadora, parque Nacional "Cajas". ETAPA – DGA. Ecuador. [s.a.]

- BARROS, S. CARRASCO, M. Estudio limnológico de la laguna Surocucho. ETAPA – DGA. Ecuador. 2006.

- CARRASCO, M. Estudio limnológico y de macroinvertebrados bentónicos en la zona de Surocucho, área nacional de recreación. Universidad del Azuay. Ecuador. 1996.

- DOMINGUEZ, E. FERNANDEZ, H. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Argentina. 2009.

- GANNON, J. STEMVERGER, R. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. 1978.

- GORDILLO, O. Ecología del Ecuador. http://ogordillo.blogspot.com /2008/09/ecologa-para-estudiantes-de-turismo.html. 2009. [Consultada en septiembre del 2013].

- LONGO, M. ZAMORA, H. GUISANDE, C. RAMÍREZ, J. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): respuesta a los cambios estacionales de caudal. Universidad del Cauca. Colombia. 2010.

- MEICHTRY, N. PESO, J. GARRIDO, G. VOGLER, R. Sucesión espacio-temporal del plancton y bentos en periodos posteriores al llenado del embalse Yacyretá. Asociación interciencia. Venezuela. 2010.

- MENA, P. JOSSE, C. MEDINA, G. El páramo como fuente de recursos hídricos. Ecuador. 2000.

- MERAYO, S. GONZÁLEZ, E. Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. Venezuela. 2010.

- MORALES, N. MEDINA, H. GODOY, G. HERNANDEZ, J. Estudio de la comunidad del zooplancton en la laguna Sinamaica. Maracaibo. Venezuela. 2001.

- ÑIQUE, M. Biodiversidad: Clasificación y Cuantificación. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 2010.

- OLMOS, L. REUTER, F. PILAN, M. FARIAS, D. ACOSTA, C. Estudio batimétrico de un embalse de montaña de morfología compleja. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 2011.

- ORAM, B. Calculating NSF Water Quality Index. www.water-reseach.net /watrqualindex. 2013.

- PANTALEON, B. ACEVES, G. CASTELLANOS, I. Distribución y abundancia de zooplancton del complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca, México. México. 2005.

- PAYERAS, A. Parámetros de calidad de las aguas de riego. 2011

- PRAT, N. RIOS, B. ACOSTA, R. RIERADEVALL, M. Un protocolo para determinar el estado ecológico de los ríos andinos. Universidad de Barcelona. España. 2004

- PRAT, N. RIOS, B. ACOSTA, R. RIERADEVALL, M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de aguas. Argentina. [s.a.]

- ROLDÁN, G. Fundamentos de limnología neotropical. Primera edición. Universidad de Antioquia. Colombia. 1992.

- ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Colombia. 1996.

- ROLDÁN, G. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Universidad de Antioquia. Posgrado de Biología. Colombia. 1999.

- ROLDÁN, G. RAMÍREZ, J. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Universidad de Antioquia. Universidad Católica de Oriente. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, Colombia. 2008.

- ROSENBERG, D. RESH, V. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall. Inglaterra. 1993.

- ROSERO, D. FOSSATI, O. Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta. FONAG. Ecuador. 2009.

- SAMPAIO, E. ROCHA, O. MATSUMURA, T. TUNDISI, J. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River. Brasil. 2002.

- SANTOS, M. ROCHA, O. Spatial distribution and secondary production of Copepoda in a tropical reservoir. Brasil. 2007.

- SARMIENTO, F. Diccionario de Ecología. Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. 2000.

- SENDACZ, S. CALEFFI, S. SANTOS, J. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of Sao Paulo. Brasil. 2006.

- STEINITZ, M. Compartive limnology of ecuadorian lakes: A study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos Islands and the Equatorial Andes. Ph. D. Tesis, Universidad de Ohio. Estados Unidos 1979.

- TORRES, F. Desarrollo y Aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 2009.

- TORRES, R. OROZCO, B. ZANATTA, S. Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, México. Mexico. 1998.

- VÁSCONEZ, P. HOFSTEDE, R. Los páramos ecuatorianos. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. 2006.

- VICENTE, E. HOYOS, C. SANCHEZ, P. CAMBRA, J. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Ministerio de Medio Ambiente. España. 2005.

- VICUÑA, Z. Estudio de las comunidades de macrófitas en las lagunas Toreadora, Illancocha y Surocucho con relación a las características físico-químicas del agua y sedimentos. Cantón Cuenca. Provincia del Azuay. Universidad del Azuay. Ecuador. 2001.

- WETZEL, R. Limnología. Ediciones Omega, S. A. España. 1981.

- WETZEL, R. Limnological Analyses. Second Edition. USA. 1991.

- WETZEL, R. Limnology. Lakes and River Ecosystems. Third Edition. USA. 2001.

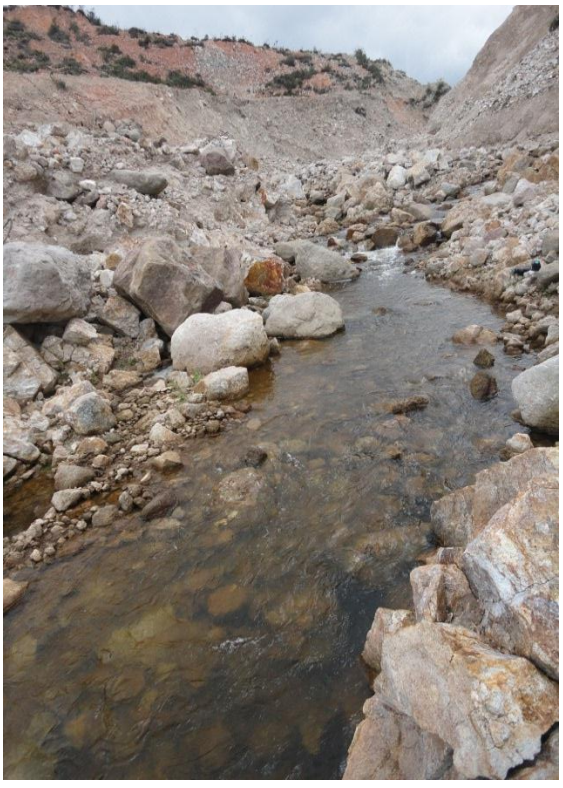
- YÁNEZ, P. Diversidad y su análisis. Maestría en agroecología tropical andina. Ecuador. 2010.

ANEXOS

Anexo 1. Vista de las zonas de muestreo de la laguna Curiquingue

Laguna Curiquingue

Afluente



Efluente

Anexo 2. Fotografías de macroinvertebrados encontrados en la laguna Curiquingue

Aeschnidae

Alluaudomyia

Americobaetis

Anacroneuria

Anchytarsus

Andesiops

Atanatolica

Atopsyche

Austrelmis

Baetodes

Blepharoceridae

Chironomidae

Chrysops

Cylloepus

Dactylobaetis

Disersus

Dugesia

Ecuaphlebia

Gigantodax

Glossiphonidae

Gripopteryguidae

Grumichella

Gyraulus

Helicopsyche

Heterelmis

Hexatoma

Hyalella

Hydroptila

Leptohyphes

Leptonema

Limnophora

Limonia

Lispe

Lutrochus

Macrelmis

Marilia

Mideopsidae

Molophilus

Mortoniella

Oligochaeta

Pheneps

Pisidium

Polycentropodidae

Probezzia

Scirtidae

Staphylinidae

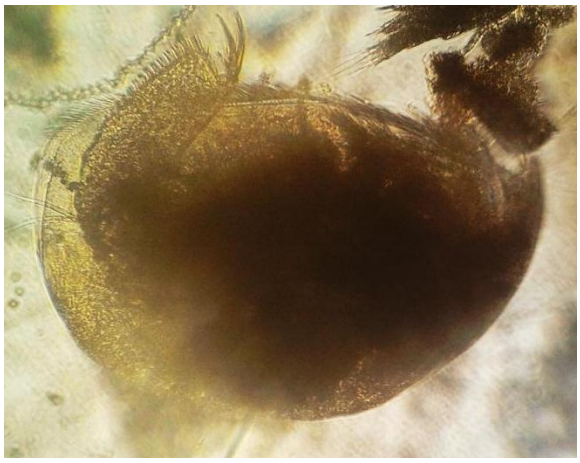
Tabanus

Thraulodes

Tricorythodes

Xiphocentron

Anexo 3. Fotografías de especies de zooplancton encontradas en la laguna Curiquingue.



Cladócero - Bosminidae

Rotífero – Keratella

Copépodo – Nauplius

Copépodo – Ciclopoide

Anexo 4. Lista de taxones y puntaje ABI

Orden	Familia	ABI	Orden	Familia	ABI
Turbellaria		5	**Trichoptera**	Helicopsychidae	10
Hirudinea		3		Calamoceratidae	10
Oligochaeta		1		Odontoceridae	10
Gasterópoda	Ancylidae	6		Leptoceridae	8
	Physidae	3		Polycentropodidae	8
	Hydrobiidae	3		Hydroptilidae	6
	Limnaeidae	3		Xiphocentronidae	8
	Planorbidae	3		Hydrobiosidae	8
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Glossosomatidae	7
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydropsychidae	5
Ostracoda		3		Anomalopsychidae	10
Hydracarina		4		Philopotamidae	8
Ephemeróptera	Baetidae	4		Limnephilidae	7
	Leptophlebiidae	10	**Díptera**	Blepharoceridae	10
	Leptohyphidae	7		Simuliidae	5
Odonata	Aeshnidae	6		Tabanidae	4
	Gomphidae	8		Tipulidae	5
	Libellulidae	6		Limoniidae	4
	Coenagrionidae	6		Ceratopogonidae	4
	Calopterygidae	8		Dixidae	4
	Polythoridae	10		Psychodidae	3
Plecóptera	Perlidae	10		Dolichopodidae	4
	Gripopterygidae	10		Stratiomyidae	4
Heteróptera	Veliidae	5		Empididae	4
	Gerridae	5		Chironomidae	2
	Corixidae	5		Culicidae	2
	Notonectidae	5		Muscidae	2
	Belostomatidae	4		Ephydridae	2
	Naucoridae	5		Athericidae	10
Coleóptera	Ptilodactylidae	5		Syrphidae	1
	Lampyridae	5	**Lepidóptera**	Pyralidae	4
	Psephenidae	5			
	Scirtidae (Helodidae)	5			
	Staphylinidae	3			
	Elmidae	5			
	Dryopidae	5			
	Gyrinidae	3			
	Dytiscidae	3			
	Hydrophilidae	3			
	Hydraenidae	5			

Anexo 5. Número de individuos y porcentajes de los géneros de macroinvertebrados del afluente y efluente de la laguna Curiquingue

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO/ESPECIE	EFLUENTE	%	AFLUENTE	%
Trichoptera	Polycentropodidae	*Morfoespecie 1*	14	0,9	7	0,18
	Helicopychidae	*Helicopsyche sp1*			26	0,69
	Hydrobiosidae	*Atopsyche sp1*	61	3,92	262	6,91
	Hydropsychidae	*Leptonema sp1*			4	0,11
	Hydroptilidae	*Hydroptila sp1*	110	7,07	18	0,48
	Leptoceridae	*Grumichella sp1*			156	4,12
		Atanatolica sp1	1	0,06	158	4,17
	Odontoceridae	*Marilia sp1*			61	1,61
	Xyphocentronidae	*Xiphocentron sp1*			9	0,24
	Glossosomatidae	*Mortoniella sp1*	18	1,16	6	0,16
Diptera	Tipulidae	*Limonia sp1*	3	0,19	13	0,34
		Molophilus sp1			4	0,11
		Hexatoma sp1			16	0,42
	Ceratopogonidae	*Probezzia sp1*	1	0,06	1	0,03
		Alluaudomyia sp1	1	0,06		
	Muscidae	*Limnophora sp1*	63	4,05		
		Lispe sp1	1	0,06		
	Blepharoceridae	*Morfoespecie 1*	1	0,06	9	0,24
	Simuliidae	*Gigantodax*	139	8,93	144	3,8
	Tabanidae	*Tabanus sp.1*			2	0,05
		Chrysops sp1	1	0,06		
	Chironomidae	*Morfoespecie 1*	431	27,7	122	3,22
Ephemeroptera	Leptohyphidae	*Leptohyphes sp1*	9	0,58	191	5,04
		Tricorythodes sp1	45	2,89	454	11,98
	Leptophlebiidae	*Thraulodes sp1*			130	3,43
		Ecuaphlebia sp1			58	1,53
	Baetidae	*Americobaetis sp1*	183	11,76	147	3,88
		Andesiops sp1	17	1,09	30	0,79
		Baetodes sp1	28	1,8	44	1,16
		Dactylobaetis sp1	175	11,25	49	1,29
Coleoptera	Lutrochidae	*Lutrochus sp1*			154	4,06
	Ptilodactylidae	*Anchytarsus sp1*			37	0,98
	Elmidae	*Cylloepus sp1*	39	2,51	143	3,77
		Heterelmis sp1	20	1,29	580	15,31
		Macrelmis sp1	2	0,13	84	2,22

		Disersus sp1			174	4,59
		Austrelmis sp1			7	0,18
	Staphylinidae	*Morfoespecie 1*	2	0,13		
	Scirtidae	*Morfoespecie 1*	2	0,13	32	0,84
	Psephenidae	*Pheneps sp1*			1	0,03
Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria sp1*			18	0,48
	Gripopteryguidae	*Morfoespecie 1*	1	0,06	18	0,48
Odonata	Aeschnidae	*Morfoespecie 1*			1	0,03
Oligoqueta			103	6,62	242	6,39
Hydracarina	Mideopsidae	*Morfoespecie 1*	2	0,13	85	2,24
Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp1*			2	0,05
Turbellaria	Dugesiidae	*Dugesia sp1*	14	0,9	75	1,98
Hirudinea	Glossiphonidae	*Morfoespecie 1*			1	0,03
Gastropoda	Planorbidae	*Gyraulus sp1*	69	4,43	13	0,34
Bivalvia	Sphaeriidae	*Pisidium sp1*			1	0,03

Anexo 6. Límites de detección de los análisis de laboratorio de la Universidad del Azuay

	Límite de detección
Fósforo	11.75 ppm
Amonio	2.49 ppm
Nitratos	4.60 ppm
Hierro	2.67 ppm
DQO	83.18 ppm
Zinc	8 ppb
Cadmio	4ppb
Plomo	5.50ppb
Cobre	7.50 ppb