

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y  
SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO,  
POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y  
PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**JORGE LUIS BILBAO SARMIENTO**

Director del proyecto:

**MSc. Katty Verónica Coral Carrillo**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Quito, 28 de julio de 2017

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, JORGE LUIS BILBAO SARMIENTO, con cédula de identidad # 110417701 - 7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

  
FIRMA  
1104177017

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y  
SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO,  
SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN  
Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**JORGE LUIS BILBAO SARMIENTO**

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Ha sido dirigido por el profesor

**MSc. KATTY VERONICA CORAL CARRILLO**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



**MSc. Katty Verónica Coral Carrillo  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**MIGUEL MARTINEZ-FRESNEDA**

**EMMA IVONNE CARRILLO**

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador

PhD. Miguel Martínez Fresneda Mestre  
**REVISOR 1**

MSc. Emma Ivonne Carrillo Paredes  
**REVISOR**

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

24/7/2017 10:53

Para someter a:

To be submitted:

**Elaboración de la línea base para aguas, suelos y sedimentos mediante la detección de Ca, Mg, Na, K, Cr y Hg con fines de conservación y preservación de la Reserva Biológica de Limoncocha.**

Jorge Bilbao<sup>1</sup>, Katty Coral<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MSc. Katty Verónica Coral Carrillo, Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

Teléfono: 0983084617; email: [katty.coral@uisek.edu.ec](mailto:katty.coral@uisek.edu.ec)

Título corto o Running title: Evaluación de la línea base para aguas, suelos y sedimentos

**Resumen.**

El medio ambiente es un sistema muy complejo y frágil, en el que juegan un papel importante, tanto de forma natural como antropogénica, los diferentes elementos o compuestos químicos, los cuales no han sido evaluados responsablemente en el Ecuador, pudiendo ocasionar daños a la salud de la población. El presente trabajo establece una línea base respecto a la presencia de metales pesados como el Cromo y el Mercurio y de los cationes mayoritarios (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio), en la Reserva Biológica de Limoncocha así como en sus áreas circundantes y afluentes superficiales, como son los ríos Pishira y Playayacu.

Para la medición de los metales, se siguieron diferentes procesos avalados por la US EPA, tanto para aguas, suelos y sedimentos en cationes mayoritarios y metales pesados, Espectrometría de Absorción Atómica con Llama, Horno de Grafito y Generador de Hidruros, el método empleado dependió del contenido de metales en la muestra y del elemento a analizar.

Con el fin de analizar la contaminación producida en la reserva, y mediante los resultados obtenidos de los análisis de los metales, se establecen límites comparando con la normativa ambiental vigente ecuatoriana; Acuerdo Ministerial 097 – A, así como con la normativa internacional para sedimentos; siendo esta, una mediana entre la Normativa EPA, la Normativa de Canadá y CCME – Normativa Columbia Británica.

Mediante estos resultados se establecieron los fondos geoquímicos de cromo y mercurio para aguas en 0,0087262 mg/L y 0,0000028481 mg/L respectivamente. En el caso de suelos fueron 0,0439488 mg/kg para cromo y 0,0004098 mg/kg para mercurio y finalmente, para sedimentos se reportaron para cromo y mercurio los valores de 0,010525 mg/kg y 0,000324 mg/kg respectivamente.

También se determinó que las concentraciones tanto de cromo y mercurio tanto en aguas, suelos y sedimentos de la RBL, no superan los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa Legal Ecuatoriana e internacional.

Palabras clave: contaminantes ambientales, metales pesados, cationes mayoritarios

**Abstract.**

The environment is a very complex and fragile system, in which the different elements or chemical compounds play an important role, both naturally and anthropogenically, which have not been evaluated responsibly in Ecuador and causing damage to the health of the population. The present work establishes a base line regarding the presence of heavy metals such as Chromium and Mercury and the major cations (Calcium, Magnesium, Sodium and Potassium) in the Limoncocha Biological Reserve as well as in their surrounding areas and tributaries, such as the Pishira and Playayacu rivers.

For the measurement of metals, different processes supported by the US EPA were followed in water, soils and sediments for majority cations and heavy metals. The Flame Atomic Absorption Spectrometry, Graphite Furnace and Hydride Generator, the method employed depended by the concentration of metals in the sample and the element to be analyzed.

In order to analyze the pollution produced in the reserve, and through the results obtained from the different metals, a limit is established with the current Ecuadorian environmental regulations; Ministerial Agreement 097 - A, as well as with the international regulation for sediments; being this, a median between the EPA Regulation, the Canada Regulations and CCME - British Columbia Regulations.

By these results, the chromium and mercury geochemical bottoms were established for water at 0,0087262 mg/L and 0,0000028481 mg/L respectively. In soils, the geochemical bottom were 0,0439488 mg/kg for chromium and 0,0004098 mg/kg for mercury and finally, for sediments the geochemical bottom were reported for chromium and mercury values of 0,010525 mg/kg and 0,000324 mg/kg respectively.

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

It was also determined that the concentrations of both, chromium and mercury, in water, soil and sediment of the RBL do not exceed the maximum permissible limits established in the Ecuadorian and International Legal Norms.

Key words: Environmental pollutants, heavy metals, major cations

### **Introducción.**

Debido a la falta de análisis adecuado de los diferentes elementos o compuestos químicos, los cuales no han sido evaluados responsablemente, se han ocasionado daños a la salud de la población (Arnau, Rivera, & Frarques, 2001), por lo cual, ha ido aumentando la preocupación ecológica y mundial por la salud pública asociada a la contaminación ambiental distribuida en la pérdida de la calidad del aire, del recurso hídrico y de los suelos disponibles por las diferentes actividades antropogénicas mal controladas (Galán & Romero, 2008).

Los metales pesados se definen como elementos metálicos que tienen una densidad relativamente alta en comparación con el agua. Debido a la pesadez y la toxicidad, los diferentes compuestos están interrelacionados, como es el caso del mercurio, que es un metal pesado capaz de inducir toxicidad a bajo nivel de exposición (Tchounwou, Yedjou, Patlolla, & Sutton, 2006). Para evaluar dichos contaminantes, hay que tener en cuenta el medio, ya que estos pueden adsorberse en diferentes compuestos naturales y materia orgánica a nivel del suelo o sedimento, es así, que su capacidad de adsorción y liberación dependen, fundamentalmente del medio, el pH y de las condiciones redox (Fuentes, Astudillo, Díaz, & Martínez, 2010).

La biodisponibilidad de los metales tanto en aguas, suelos o sedimentos depende en gran parte de la especiación química del metal (Hseu, 2006). La movilidad, transporte y distribución de metales traza en sistemas terrestres y acuáticos naturales son función de la forma química del elemento y dependen de las características fisicoquímicas y biológicas del sistema ambiental (Pazos, 2007).

Para identificar la presencia de los metales, se debe conocer su movilidad, con el fin de prevenir sus efectos tóxicos en los diferentes ambientes (Gismera et al., 2004) por lo tanto, es necesario saber la concentración de los metales que pueden ser movilizados o quedar retenidos en el agua, suelo o sedimento, mediante diferentes mecanismos biológicos o químicos (Solano, 2005).

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

A pesar de saber los efectos contaminantes que se producen, cabe recalcar que su uso y concentración en el ambiente ha ido aumentando de forma natural (Wu et al., 2016), es así que a través de la historia ha existido un importante aumento de la contaminación por trazas de metales, generalmente asociada a la parte antropogénica, en especial en zonas industrializadas y urbanizadas (Rangel, Baptista, Fonseca, McAlister, & Smith, 2011).

El cromo es un metal de transición que se genera de forma natural y se encuentra en rocas, tierra, polvo y gases volcánicos, esto hace que se pueda encontrar este metal en diversos estados de oxidación (desde +2 hasta +6) que se caracterizan por su capacidad para formar complejos aniónicos y catiónicos, los más comunes son los que tienen valencia 3+ (crómico) y los de valencia 6+ (cromatos); siendo estas últimas valencias mucho más estables que las de valencia 3+ (Irigoyen, 2000).

*El cromo hexavalente ( $Cr^{6+}$ ) y el cromo en estado fundamental ( $Cr^0$ ) son especies que se obtienen por lo general en procesos industriales, es así, que el cromo metálico, que es la forma de  $Cr^0$ , se usa en la fabricación de acero, por otro lado, el  $Cr^{6+}$  se usa en el cromado, colorantes y pigmentos, curtido de cuero y preservación de la madera (Gómez, 2010).*

De forma natural, el cromo trivalente ( $Cr^{3+}$ ) es el estado de oxidación predominante en los organismos vivos, por lo tanto, es un elemento residual necesario para mantener una buena condición de salud, ya que ayuda al cuerpo a emplear los azúcares, grasas y las proteínas en sus procesos biológicos (Alvarado, Blanco, & Mora, 2002).

*Gran parte del mercurio que actualmente se encuentra en la atmósfera es consecuencia del desarrollo de actividades antropogénicas (minería de mercurio, combustión de combustibles fósiles, industria química y metalúrgica, etc.). Se cree que estas actividades han multiplicado los niveles generales de mercurio en la atmósfera de 2 a 10 veces en el último siglo (López, Sierra, Rodríguez, & Millán, 2010)*

El mercurio es un elemento no esencial, por lo que en un medio acuoso puede encontrarse como mercurio divalente o metálico. En los sedimentos, el mercurio metálico puede transformarse en dimetil-mercurio; este compuesto es muy tóxico y tiene capacidad de

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA encontrarse en las cadenas alimenticias (Betancourt, Barriga, Davée, Cueva, & Betancourt, 2012).

*De acuerdo al Programa Nacional de Riesgos Químicos (2007), el Mercurio es un elemento que está presente en forma natural en la corteza de la Tierra en la que se lo encuentra comúnmente como sulfuro (Cinabrio – HgS, más del 80% de Mercurio), con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metalcinabrio negro.*

En el Ecuador, en los últimos 40 años, la actividad extractiva en la Amazonía ha sido la mayor fuente de ingresos económicos del país, por lo que sus contaminantes asociados pueden ser orgánicos como compuestos derivados de hidrocarburos, inorgánicos como las sales de las aguas de formación, los cuales contienen altos niveles de sales y metales pesados de los que se pueden generar distintas enfermedades (Pérez et al., 2015), por lo tanto los análisis de los metales pesados en los últimos años, ha constituido una excelente herramienta para estudiar la contaminación del medio tanto en aguas, suelos como en sedimentos.

*Los últimos estudios realizados sobre el análisis de la calidad de los diferentes ecosistemas son escasos con unas pocas excepciones como en la región Litoral o Costa, donde se han analizado metales pesados en sedimentos en los ríos de la zona costera como el estero el Salado (Guayas), y el río Cañas (Manta), entre otros (Fernández, Andrade, Silva, & De la Iglesia, 2014).*

El estudio de la deposición y acumulación de metales pesados en los sedimentos, es cada vez más importante debido a que estos pueden tener consecuencias negativas para la salud humana y el ambiente, pueden entrar en los ecosistemas acuáticos a partir de fuentes antropogénicas, como son las descargas de aguas residuales industriales, las aguas residuales urbanas, la combustión por combustibles fósiles y por deposición atmosférica por lo tanto, se hace necesario estudiar la composición del sedimento para conocer las fuentes potenciales de contaminación.

Los metales pesados tienen gran afinidad por los ácidos húmicos, arcillas orgánicas y óxidos cubiertos de materia orgánica. La adsorción elimina el metal del agua y lo almacena en el acuífero mientras la desorción los devuelve al agua, favoreciendo su movilización, aspectos regulados por cambios de salinidad y pH (Matteoda, Blarasin, Damilano, & Cabrera, 2009), es

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA por eso que el índice de geoacumulación, explicado por Müller en 1969, se utiliza para cuantificar el grado de contaminación antropogénica en base al límite de fondo geoquímico establecido (Gupta, Jena, Matic, Kapralova, & Solanki, 2014).

La Amazonía ecuatoriana alberga una alta diversidad de especies de fauna y flora que coexisten dentro de varios ecosistemas que son muy frágiles ante la presencia y actividad humana (Armas & Lasso, 2011). Específicamente en la Reserva Biológica Limoncocha donde se encuentra la Estación Científica Limoncocha, perteneciente a la Universidad Internacional SEK desde 1998, las investigaciones de carácter ambiental así como social han permitido que se establezcan datos para los análisis de investigación para así poder otorgar un diagnóstico del estado de la RBL.

La Reserva es un ecosistema que alberga uno de los humedales más antiguos de esta Región: la laguna de Limoncocha. Esta laguna es sujeto de una elevada influencia antrópica. En este cuerpo hídrico se depositan aguas residuales domésticas. Adicionalmente, existe contaminación producto de la actividad agrícola en las cabeceras de los ríos que tienen influencia directa con en este humedal (Armas & Lasso, 2011). Para evaluar este tipo de problemática de gran interés, es imperativo realizar estudios de línea de base y un cálculo del índice de fondo geoquímico para determinar la calidad del agua en los sistemas tanto hídricos como terrestres, ya que constituyen una herramienta muy importante en la detección de anomalías, por lo que facilitan la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos. Esta línea base e índice hicieron referencia a Ca, Mg, Na, K, Cr y Hg, ya que estos metales son fundamentales para una futura preservación y conservación de la reserva, por lo cual deben ser manejados con acciones que tiendan hacia el desarrollo sustentable y sostenible de sus recursos.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, la hipótesis de la presente investigación fue que los valores de Cr y Hg en la RBL serían inferiores a los establecidos en la normativa ambiental vigente del Ecuador y al no tener valores límites de normativa legal, los resultados de la línea

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA  
base sobre los cationes mayoritarios, permitirían realizar comparaciones posteriores, para determinar el nivel de afectación antropogénica en los estudios de la reserva.

Los metales pesados forman parte de los compuestos más tóxicos y perjudiciales para los ecosistemas naturales y el hombre. Sus características, su complejidad para ser removidos de los sistemas y el alcance de su expansión, son factores de gran importancia para considerarlos como objetivo del presente estudio.

Para generar los diferentes resultados esperados, hay que tomar en cuenta que la tendencia de acumulación de un elemento en organismos de sistemas acuáticos depende en particular de la capacidad del sedimento de retener al metal de interés. Esta capacidad de retención puede debilitarse en sistemas agua-sedimentos sobrecargados (Pazos, 2007), es así que los resultados esperados para esta investigación fue que, en los puntos del Rio Napo, Pozo Laguna, Pozo Jivino y Pozo Antiguo se encontraría un mayor nivel de Cr y Hg por la cercanía a las aguas de formación de los campos petroleros de la RBL, en los puntos de suelos y sedimentos, se esperaba encontrar que los niveles de los mayoritarios fueran superiores por la formación de compuestos como la brucita, la calcita, la magnesita, la dolomita, entre otros y en los puntos Blanco, Estación e Instituto se esperaba encontrar niveles trazas de los metales pesados por ser lugares de gran protección por parte del Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.

### **Metodología**

La RBL, localizada en el cantón Shushufindi, Provincia de Sucumbíos, al nororiente de la Amazonía Ecuatoriana (Figura 1), se encuentra a una altura promedio de 230 msnm y una extensión de 4613,25 ha. Por su superficie y su categorización, la RBL constituye uno de los ecosistemas más importantes del Ecuador, el cual debe ser manejado con acciones que tiendan hacia el desarrollo sustentable y sostenible de sus recursos en armonía con las comunidades establecidas en la zona de influencia, y con el objetivo primordial de gestionar y conservar los recursos de la Reserva Biológica Limoncocha (Armas & Lasso, 2011).

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA



Figura 1: Mapa de ubicación de la RBL (Agurto, 2016)

### ***Metodología de Campo***

Tanto los puntos de muestreo dentro de la Laguna como los puntos de muestreo de suelos fueron seleccionados utilizando la metodología “a criterio” en base a las actividades antropogénicas principales dentro de la RBL y a estudios previos realizados en dicha reserva.

Para iniciar la toma de muestras tanto de aguas, suelos o sedimentos, se elaboró un diseño de muestreo para el periodo comprendido entre septiembre del 2016 a mayo del 2017, siendo un muestreo mensual para aguas y bimensual para suelos y sedimentos. Los puntos comprenden: 5 puntos en la Laguna, 3 puntos que conforman el total de ríos afluentes a la Laguna y 6 puntos para suelos.

De los 5 puntos de la laguna, 2 puntos son parte de las Desembocaduras de los dos ríos afluentes y los 3 puntos restantes atienden a una distribución transversal en la Laguna, por otro lado, los puntos de suelos es donde se destaca, mediante estudios previos, una gran influencia tanto natural como antropogénica por parte de la parroquia de Limoncocha y de los campos petroleros más característicos de la reserva.

Los puntos de muestreo para aguas y sedimentos (Figura 2) dentro de la reserva son:

- Caño

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

- Muelle
- Zona Profunda
- Desembocadura Pishira
- Desembocadura Playayacu
- Rio Napo
- Rio Pishira
- Rio Playayacu

<i>Aguas y Sedimentos</i>	<i>Coordenadas UTM</i>			
	<b>Punto</b>	<b>Zona</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<i>Caño</i>	A1	18M	319258	9950788
<i>Desembocadura Pishira</i>	A2	18M	318794	9959490
<i>Desembocadura Playayacu</i>	A3	18M	317589	9957679
<i>Zona Profunda</i>	A4	18M	322450	9957026
<i>Muelle</i>	A5	18M	319828	9954858
<i>Rio Napo</i>	A6	18M	320464	9955756
<i>Rio Pishira</i>	A7	18M	321523	9957107
<i>Rio Playayacu</i>	A8	18M	320315	9956422

Tabla 1: Puntos de muestreo de Aguas y Sedimentos en la RBL

Los puntos de muestreo para suelos (Ilustración 2) dentro de la reserva son:

- Pozo Laguna
- Pozo Jivino
- Estación
- Instituto
- Pozo Antiguo
- Blanco o Sendero “El Caimán”

<i>Suelos</i>	<i>Coordenadas UTM</i>			
	<b>Punto</b>	<b>Zona</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<i>Pozo Antiguo</i>	S1	18M	322661	9954913
<i>Pozo Laguna</i>	S2	18M	320055	9956277
<i>Pozo Jivino</i>	S3	18M	319673	9954996

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

<b>Instituto</b>	S4	18M	319717	9955425
<b>Estación</b>	S5	18M	319303	9954281
<b>Blanco o Sendero Caimán</b>	S6	18M	320526	9957796

Tabla 2: Puntos de Muestreo de Suelos en la RBL

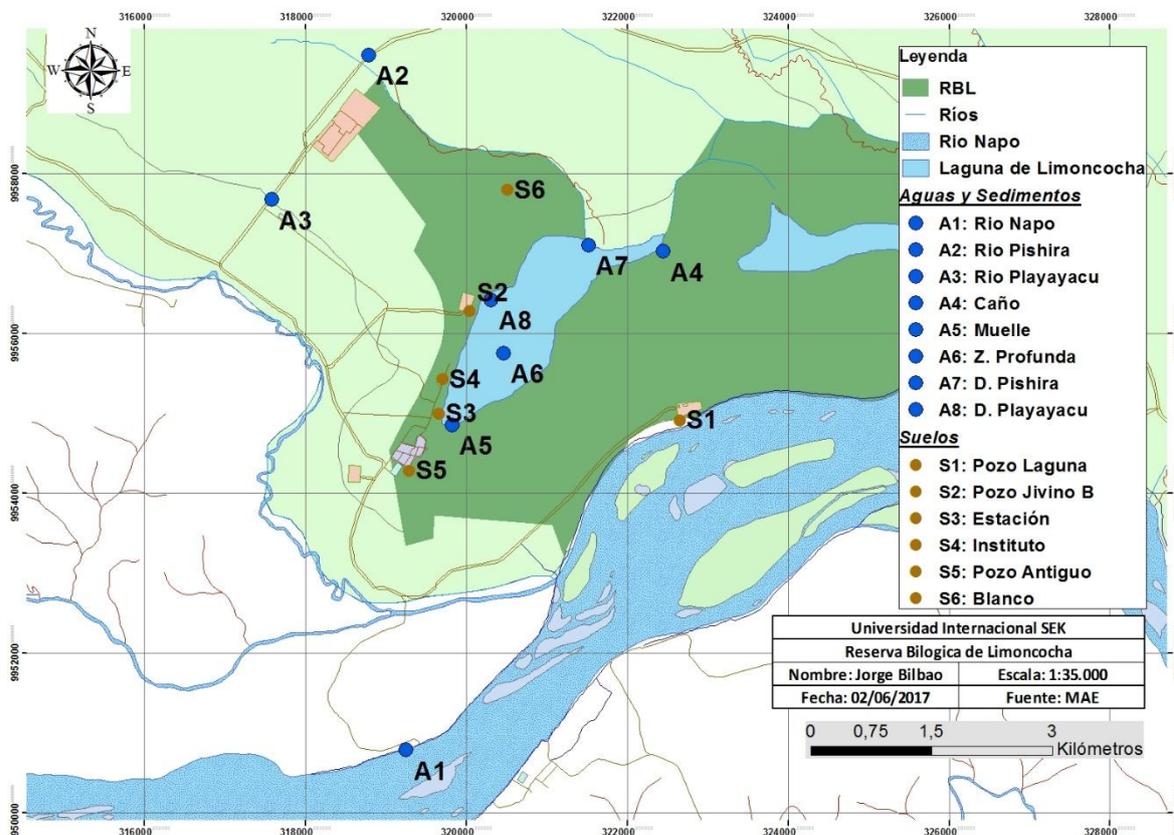


Figura 2: Ubicación de los puntos de muestreo (Aguas, Suelos y Sedimentos)

### Metodología de Laboratorio

El proceso previo a los análisis de resultados para Cr y Hg, es la digestión de las muestras, ya sean en aguas, suelos o sedimentos.

Para el proceso de digestión de muestras de aguas, se usó el *Standard Methods 3030E: Nitric Acid Digestion of Metals*. Esta técnica de digestión consiste en colocar 100 mL de muestra en un vaso de precipitación y añadir 5 mL de ácido nítrico concentrado. El vaso de precipitación se coloca sobre una plancha de calentamiento a 105°C hasta obtener un volumen de muestra de 10 a 20 mL. Una vez terminado el proceso de digestión y con las disoluciones de las muestras frías, se afora a 100 mL (AWWA, APHA, & WEF, 2005).

## ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Para el proceso de digestión de muestras, tanto de suelos como sedimentos, se siguió el procedimiento *Standard Methods 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils*. Esta técnica de obtención de la muestra, consiste en colocar 1 g de muestra, previamente preparada (en una estufa por un lapso de 24 horas a una temperatura de 90°C para posteriormente realizar un proceso de molienda para disgregar así los terrones formados en el proceso de secado hasta obtener una textura homogénea) en un matraz Erlenmeyer con 5 mL de ácido nítrico. A continuación se coloca la muestra en un sistema de digestión de flujo abierto (matraz Erlenmeyer sobre una plancha a 95°C), colocando sucesivos volúmenes de 5 mL de peróxido de hidrógeno hasta completar la digestión, la cual se evidencia por un aclaramiento y transparencia en el color de la muestra. Una vez terminado el proceso de digestión y con las disoluciones de las muestras frías, se filtran y se afora la preparación a 100 mL (AWWA et al., 2005).

Para los análisis y lectura de resultados, se utilizó el equipo de Espectroscopia de Absorción Atómica en llama o el equipo de Horno de Grafito para los cationes mayoritarios (Ca, Mg, Na y K) así como el Cr, dependiendo de su concentración y el Generador de Hidruros para el análisis del Hg (AWWA et al., 2005).

### Resultados y Discusión

Los límites de detección dentro de la normativa Ecuatoriana, dentro de su Acuerdo Ministerial 097 – A , afirma que los valores máximos permisibles para aguas y suelos son los mostrados en la Tabla 3 (Ministerio de Ambiente, 2015), por otro lado, la normativa de sedimentos fue tomada de la Normativa EPA, Normativa de Canadá y CCME – Normativa Columbia Británica siendo una mediana de estas (Tabla 4).

Normativa	Metal	Agua (µg/L)	Suelo (µg/kg)
Acuerdo Ministerial 097 – A	Cr	32	54000
	Hg	0,2	100

Tabla 3: Límites máximos permisibles de acuerdo a la normativa legal ecuatoriana

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Normativa	Metal	Sedimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
EPA, Canadá y Columbia Británica	Cr	53971,5
	Hg	328

Tabla 4: Límites máximos permisibles de acuerdo a la normativa internacional

**Cromo**

De acuerdo a los valores registrados para cromo (ver ANEXO A – 1), en los resultados de aguas (Ilustración 1), el punto de mayor interés se encuentra en Zona Profunda, siendo en septiembre de 2016 y abril de 2017 los valores más altos registrados; otros puntos de interés se encuentran en los últimos meses (abril y mayo de 2017) en Rio Playayacu y Desembocadura Pishira, por presentar valores superiores al límite del fondo geoquímico (8,7262  $\mu\text{g}/\text{L}$ ). Aunque los demás valores registrados no superan el valor de fondo geoquímico, es necesario tomar en cuenta para sus próximos análisis ya que son valores cercanos al límite legal ecuatoriano (32  $\mu\text{g}/\text{L}$ ).

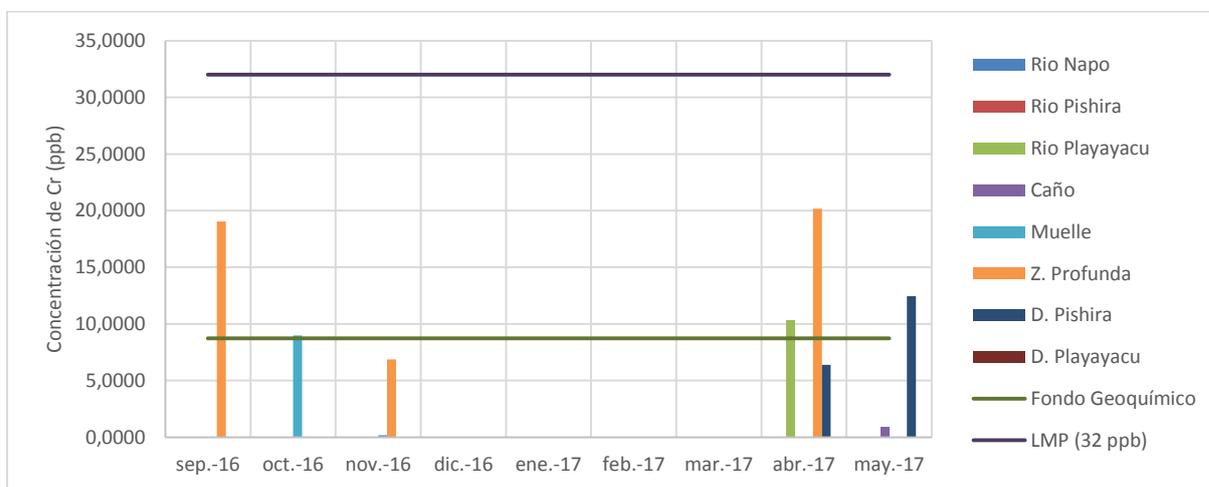


Ilustración 1: Evolución del Cr en aguas

De acuerdo a los valores obtenidos (ver ANEXO A – 1), en los resultados de suelos obtenidos (Ilustración 2), al ser valores mínimos, pueden ser explicados debidos a procesos naturales, gracias a que los valores no superan el valor de fondo geoquímico (43,9488  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), es en el último mes (mayo de 2017) donde se puede evidenciar presencia del metal al nivel del

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA fondo geoquímico en todas sus muestras, aunque estos valores aún se encuentran muy por debajo del límite legal ecuatoriano de 54000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

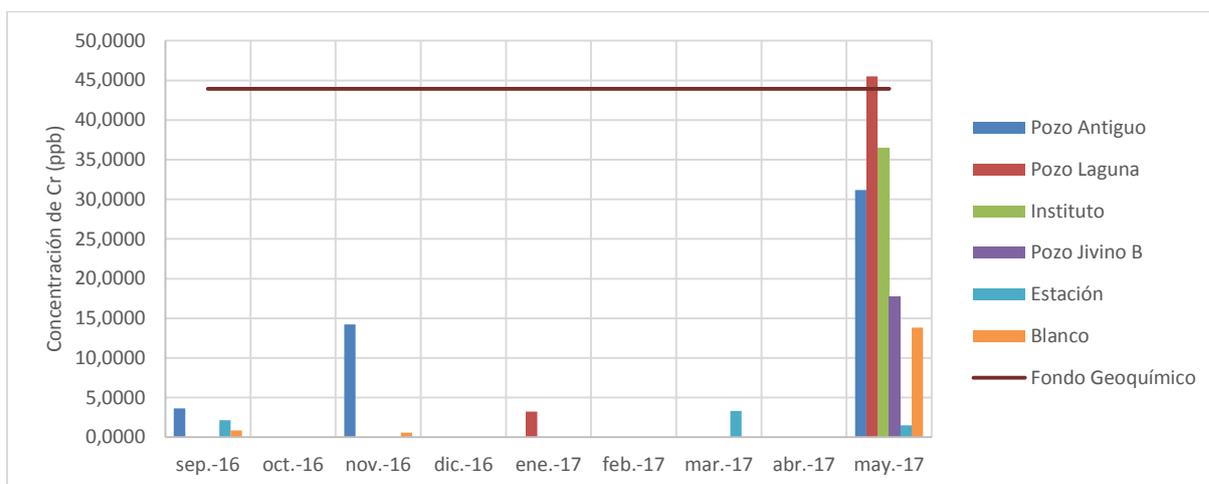


Ilustración 2: Evolución del Cr en suelos

De acuerdo a los valores obtenidos (ver ANEXO A – 1), los resultados de Cr en sedimentos (Ilustración 3) superan el nivel de fondo geoquímico (10,525  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en su mayoría, siendo el mes de noviembre de 2016 y mayo de 2017 donde sus valores son los más altos registrados, aunque aún se encuentran muy lejanos al valor permisible internacional (53971,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

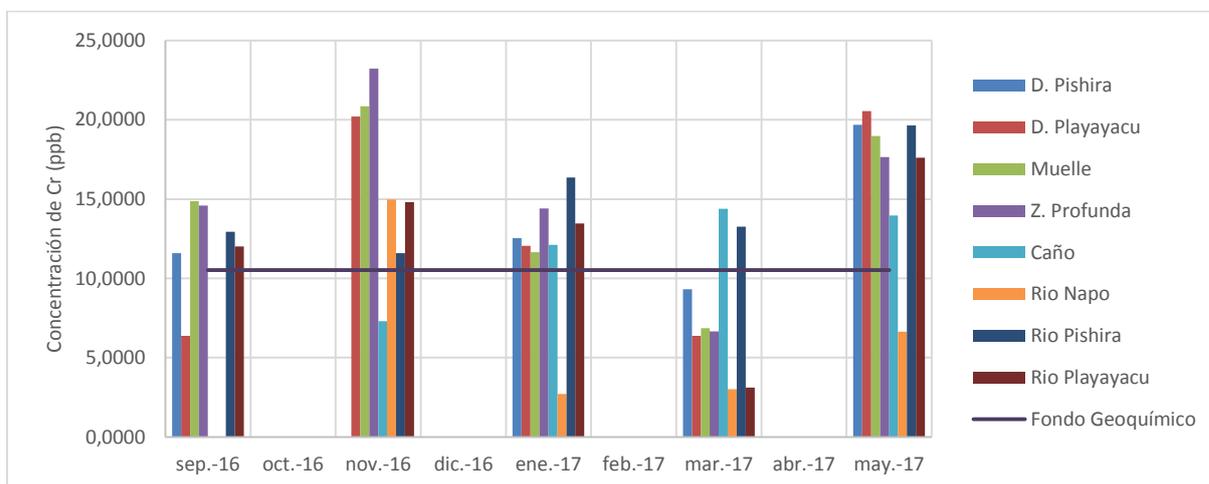


Ilustración 3: Evolución del Cr en sedimentos

### Mercurio

De los valores de mercurio obtenidos (ver ANEXO A – 2), los resultados en aguas (Ilustración 4) presentan valores de gran interés desde el mes de enero y febrero, donde se

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA empezó a registrar valores ya detectables, aunque manteniéndose constante a través del tiempo hasta los últimos análisis del mes de mayo de 2017. A pesar de que todos sus valores son superiores al valor de fondo geoquímico ( $0,0028 \mu\text{g/L}$ ) en todos sus puntos desde el mes de enero de 2017, estos aún son inferiores al límite establecido en la normativa legal ecuatoriana ( $0,2 \mu\text{g/L}$ ).

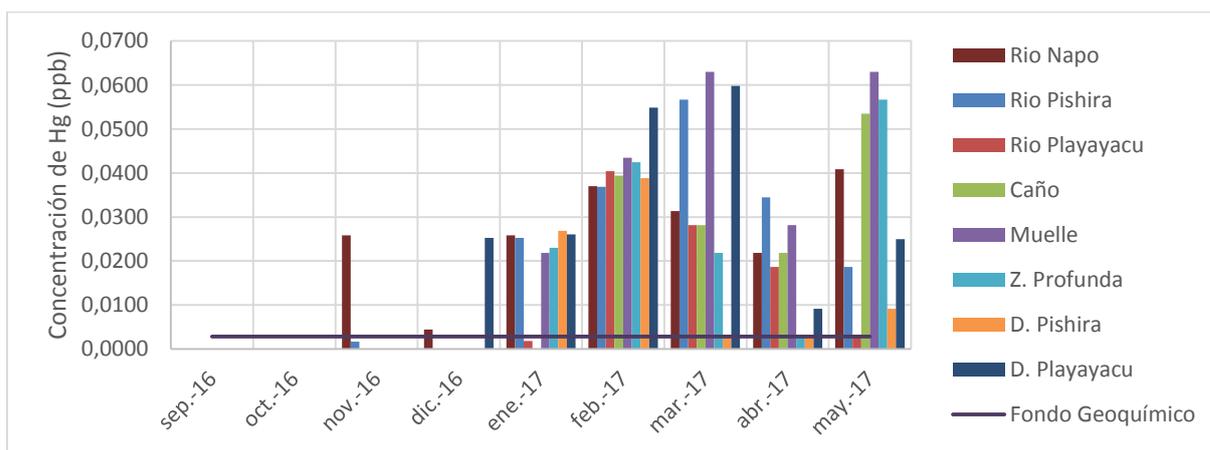


Ilustración 4: Evolución del Hg en aguas

De los valores de mercurio obtenidos (ver ANEXO A – 2), los resultados registrados para suelos (Ilustración 5), el valor más representativo se registró en septiembre de 2016 en el punto de Instituto, y aunque en todos los puntos se supera el valor de fondo geoquímico establecido ( $0,4098 \mu\text{g/kg}$ ), estos valores aún se encuentran muy por debajo del LMP de la normativa legal ecuatoriana ( $100 \mu\text{g/kg}$ ), siendo en el último mes (mayo del 2017) los valores más bajos registrados.

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

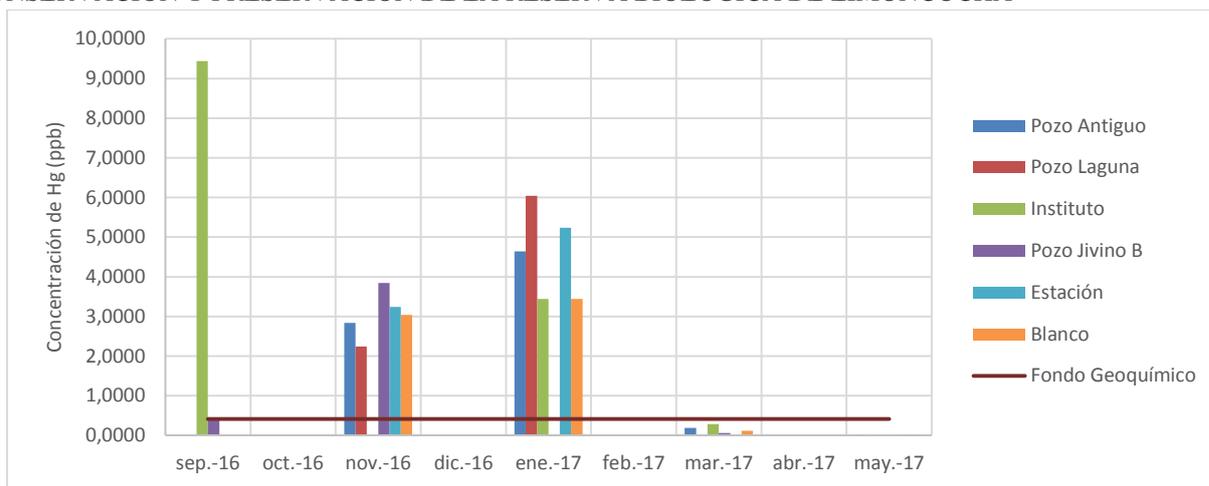


Ilustración 5: Evolución del Hg en suelos

Los valores de mercurio obtenidos (ver ANEXO A – 2), en cuanto a sedimentos (Ilustración 6), presentan valores de interés desde enero de 2017, ya que se presentan concentraciones muy por encima tanto de los demás valores muestreados como del valor de fondo geoquímico establecido (0,324  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en todos sus puntos, disminuyendo para los últimos análisis (mazo y mayo de 2017). Aunque todos los valores ya son superiores al valor de fondo geoquímico, estos aún se encuentran muy por debajo de su límite internacional establecido (328  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

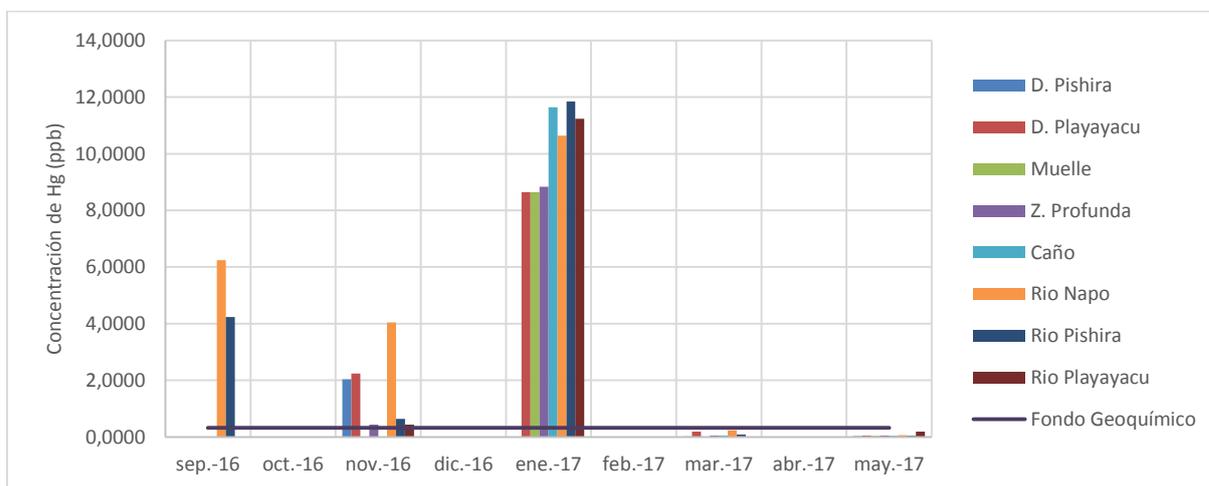


Ilustración 6: Evolución del Hg en sedimentos

**Calcio**

De acuerdo a los valores de calcio obtenidos (ver ANEXO A – 3), de los resultados en aguas (Ilustración 7) se puede inferir que; el mayor valor de mediana se encuentra en Río Napo con

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

2,8910 ppm, dejando a Rio Pishira como el valor más bajo registrado (1,092 ppm), por otro lado, la mayor desviación estándar se encuentra en el punto de Caño (1,3135 ppm) y la menor en el punto de Rio Pishira con 0,6624 ppm.

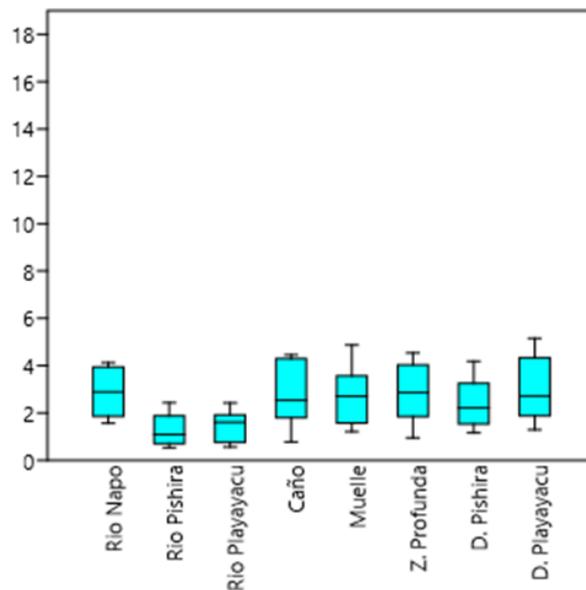


Ilustración 7: Gráfico boxplot del Ca en aguas en función de los puntos de muestreo

De los resultados de suelos obtenidos (Ilustración 8) basados a los valores de calcio registrados (ver ANEXO A – 3), se puede decir que los valores estadísticos muestran que en Pozo Laguna con 2,057 ppm presenta un valor de mediana más alto y al punto Blanco como mayor valor de desviación estándar (1,3206 ppm), dejando con 0,143 ppm de Pozo Jivino B como el valor de mediana más bajo y al punto de Instituto como el menor valor de desviación estándar (0,223 ppm).

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

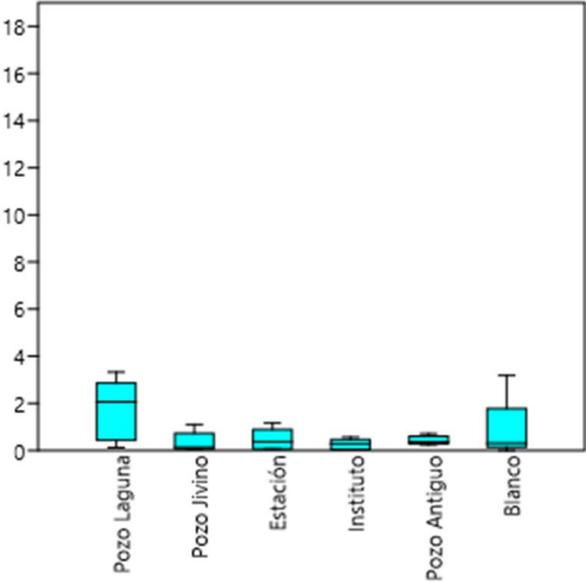


Ilustración 8: Gráfico boxplot del Ca en suelos en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para sedimentos (Ilustración 9) basados en los valores de calcio (ver ANEXO A – 3), son los valores estadísticos descriptivos, muestran el valor de mediana más alto en Desembocadura Pishira con 1,842 ppm, dejando a Rio Playayacu como el menor valor (0,403 ppm). Por otro lado la desviación estándar de Desembocadura Pishira (1,3326 ppm) es la más alta registrada, dejando a Zona Profunda como la más baja (0,3449 ppm).

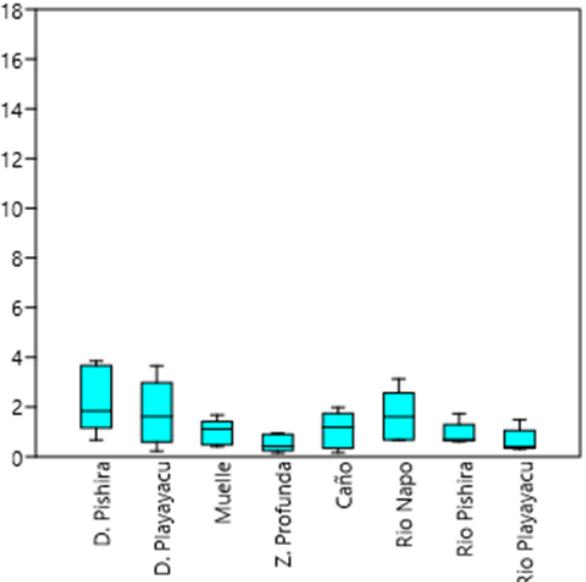


Ilustración 9: Gráfico boxplot del Ca en sedimentos en función de los puntos de muestreo

### **Magnesio**

De los resultados obtenidos de aguas (Ilustración 10) basados en los valores de magnesio registrados (ver ANEXO A – 4), en base al análisis de los valores estadísticos descriptivos, el mayor valor de mediana por punto se encontró en Zona Profunda (4,232 ppm) y a Rio Napo como el valor más bajo registrado (2,462 ppm), por otro lado de acuerdo a los valores de desviación estándar, es en Rio Playayacu donde se presenta un valor de 2,4952 ppm registrado como el más alto y con 1,2802 ppm como el más bajo, registrado en Rio Napo.

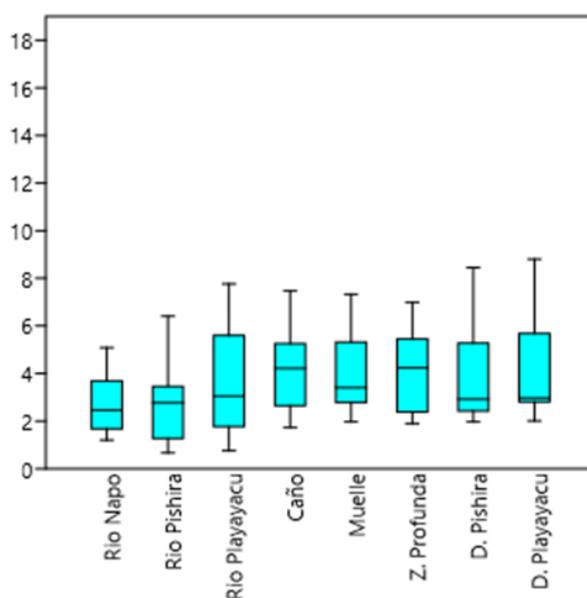


Ilustración 10: Gráfico boxplot del Mg en aguas en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para suelos (Ilustración 11) basados en los valores de magnesio registrados (ver ANEXO A – 4), en base a los resultados estadísticos descriptivos muestran; que las desviaciones estándar, tanto más alta como más baja, se registraron en Instituto (5,8478 ppm) y Blanco (3,6158 ppm) respectivamente. De acuerdo a los valores de medianas, en Pozo Laguna, con 10,09 ppm se registró la más alta, dejando a Instituto con 5,17 ppm como el valor más bajo.

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

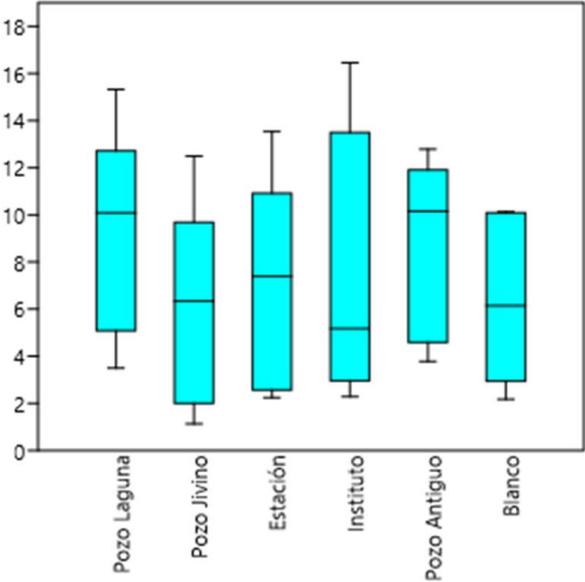


Ilustración 11: Gráfico boxplot del Mg en suelos en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para sedimentos (Ilustración 12) basados en los valores de magnesio registrados (ver ANEXO A – 4), muestran que sus valores más altos, se presentan tanto para la mediana y desviación estándar, en Rio Napo (16,27 ppm) y Caño (7,6563 ppm). Los valores más bajos registrados se encuentran para la mediana en Muelle (8,64 ppm) y con 4,9271 ppm para desviación estándar en Desembocadura Playayacu.

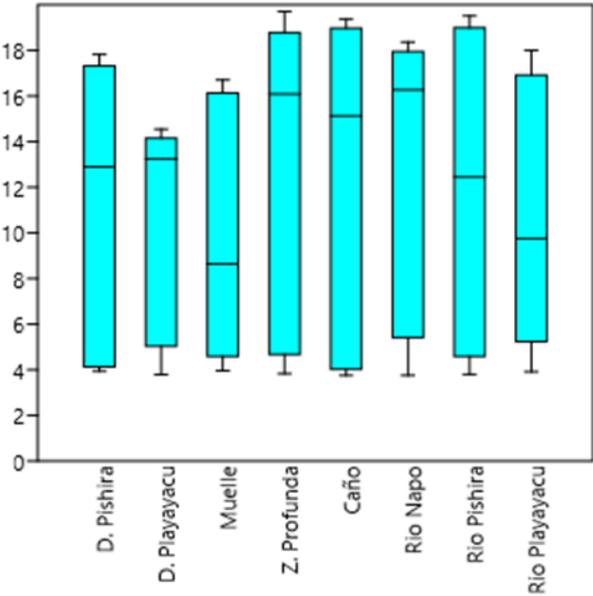


Ilustración 12: Gráfico boxplot del Mg en sedimentos en función de los puntos de muestreo

### **Sodio**

Los resultados obtenidos para aguas (Ilustración 13) basados en los valores de sodio registrados (ver ANEXO A – 5), muestran que los mayores valores están en Zona Profunda, con 7,14 ppm y con 3,9572 ppm para la mediana y desviación estándar respectivamente, presentando valores atípicos para Muelle (15,538 mg/L), Desembocadura Pishira (16,07 mg/L) y Desembocadura Playayacu (16,53 mg/L). Los valores más bajos registrados se encuentran para la mediana en Rio Napo (3,865 ppm) y en desviación estándar 1,6556 ppm en Rio Pishira.

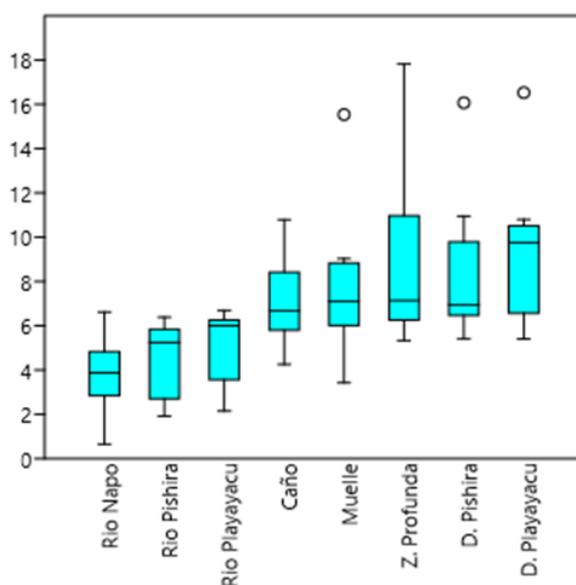


Ilustración 13: Gráfico boxplot del Na en aguas en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para suelos (Ilustración 14) basados en los valores de sodio registrados (ver ANEXO A – 5), presentan; los valores de mediana tanto más alta como más baja en 2,784 ppm para Pozo Laguna y con 1,538 ppm para Instituto. Para los valores de desviación estándar, son en Pozo Laguna (2,7122 ppm) el más alto y el más bajo en Blanco (1,6176 ppm).

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

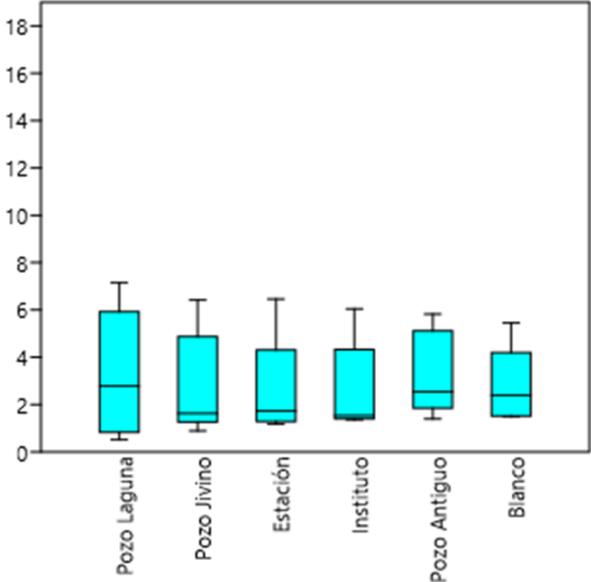


Ilustración 14: Gráfico boxplot del Na en suelos en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para sedimentos (Ilustración 15) basados en los valores de sodio registrados (ver ANEXO A – 5), muestran sus mayores valores registrados tanto para la mediana y desviación estándar, 5,704 ppm para Zona Profunda y 1,9391 ppm para Rio Napo respectivamente. Los valores más bajos registrado se encuentran para la mediana en Rio Napo (2,039 ppm) y para la desviación estándar 1,3779 ppm en Zona Profunda.

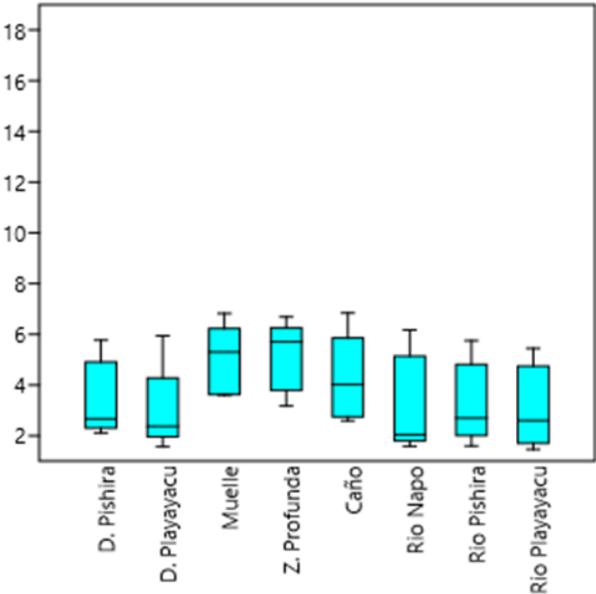


Ilustración 15: Gráfico boxplot del Na en sedimentos en función de los puntos de muestreo

### **Potasio**

Los resultados obtenidos para aguas (Ilustración 16) basados en los valores de potasio registrados (ver ANEXO A – 6), presentan sus mayores valores registrados tanto para la mediana como para la desviación estándar en Rio Pishira (2,136 ppm) y con 0,7721 ppm en Desembocadura Pishira respectivamente. Los valores más bajos registrados se encuentran para la mediana en Rio Napo (1,38 ppm) y 0,5468 ppm en Zona Profunda para la desviación estándar.

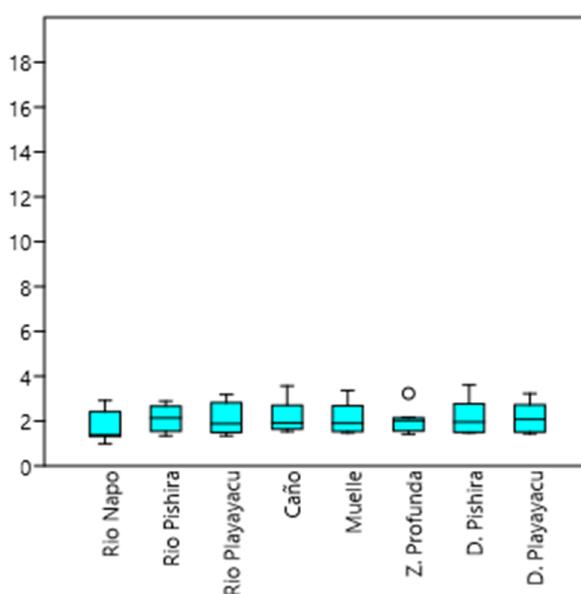


Ilustración 16: Gráfico boxplot del K en aguas en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para suelos (Ilustración 17) basados en los valores de potasio registrados (ver ANEXO A – 6), presentan sus mayores valores registrados tanto para la mediana como para la desviación estándar, con 4,091 ppm y con 1,1998 ppm, respectivamente para Pozo Laguna. Los valores más bajos registrados se encuentran para la mediana en Estación (1,278 ppm) y para desviación estándar 0,392 ppm en Instituto.

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

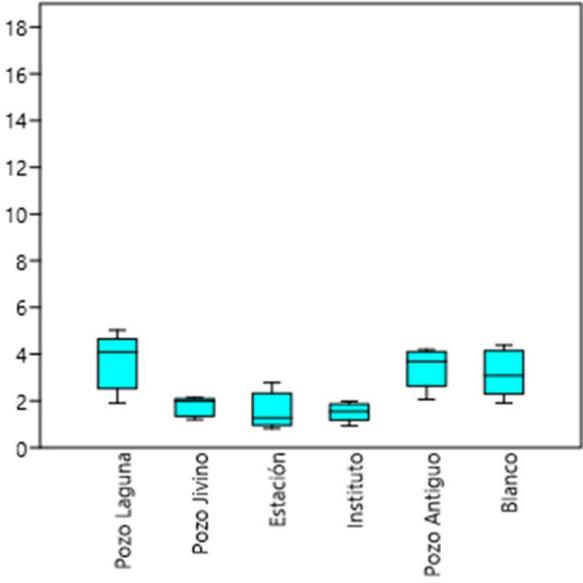


Ilustración 17: Gráfico boxplot del K en suelos en función de los puntos de muestreo

Los resultados obtenidos para sedimentos (Ilustración 18) basados en los valores de potasio registrados (ver ANEXO A – 6), presentan sus mayores valores registrados en sedimentos en Mulle con 4,691 ppm y 1,5183 ppm tanto para mediana y desviación estándar respectivamente. Los valores más bajos registrados, es para la mediana con 2,368 ppm y con 0,5398 ppm para desviación estándar, ambos en Rio Pishira.

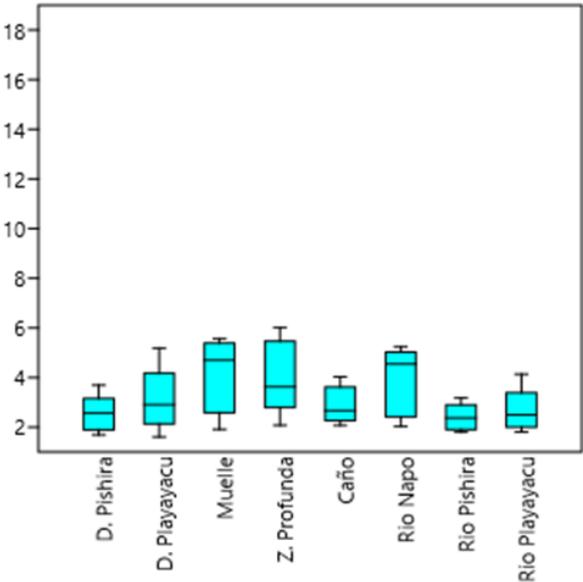


Ilustración 18: Gráfico boxplot del K en sedimentos en función de los puntos de muestreo

### **Índice de Geoacumulación**

Para determinar el grado de contaminación, es necesario establecer una categorización de acuerdo a los valores del índice de geoacumulación (Tabla 5). La fórmula para determinar el grado de contaminación, basado en el valor de fondo geoquímico establecido para sedimentos, es:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 * B_n}$$

Ecuación 1: Índice de Geoacumulación

Dónde: Cn es la concentración medida, Bn es el valor de fondo geoquímico y el factor de corrección para litogénicos es de 1,5 (Gupta et al., 2014).

Valor de Igeo	Clases de Igeo	Grado de contaminación
0	$I_{geo} < 0$	No contaminado
1	$0 < I_{geo} < 1$	Poco contaminado
2	$1 < I_{geo} < 2$	Moderada
3	$2 < I_{geo} < 3$	Moderada
4	$3 < I_{geo} < 4$	Fuerte
5	$4 < I_{geo} < 5$	Fuerte
6	$I_{geo} > 5$	Muy Fuerte

Tabla 5: Categorización del Índice de Geoacumulación (Gupta et al., 2014)g

### **IG – Metal: Cromo**

De acuerdo a los valores de cromo establecidos en el ANEXO A – 1, los resultados de la aplicación del índice de geo-acumulación en las muestras de sedimentos analizadas, como se observa en la tabla 6, muestran que todos los puntos se encuentran en la categoría de Poco Contaminado, aunque estos valores aún se encuentran muy por debajo de la normativa internacional establecida.

Punto	Mes de muestreo	Cr (µg/kg)	IG
<b>D. Pishira</b>	Mayo 2017	19,6815	0,3181
	Noviembre 2016	20,2100	0,3682
<b>D. Playayacu</b>	Mayo 2017	20,5465	0,3329
	Noviembre 2016	20,8400	0,3329
<b>Muelle</b>	Mayo 2017	18,9743	0,3590
	Noviembre 2016	23,2200	0,3590
<b>Z. Profunda</b>	Mayo 2017	17,6568	

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

<b>Rio Pishira</b>	Enero 2017	16,3500	0,1828
	Mayo 2017	19,6409	
<b>Rio Playayacu</b>	Mayo 2017	17,6093	0,1576

Tabla 6: Índice de Geoacumulación de Cr

**IG – Metal: Mercurio**

De acuerdo a los valores de mercurio establecidos en el ANEXO A – 2, los resultados de la aplicación del índice de geo-acumulación en las muestras de sedimentos analizadas, como se observa en la tabla 7, muestran que los puntos de Desembocadura Pishira y Rio Pishira se encuentran en la categoría de Moderadamente Contaminado, por otro lado, el resto de puntos se encuentran en la categoría de Fuertemente Contaminada, pero estos valores, aún se encuentran muy por debajo de la normativa internacional establecida.

<b>Punto</b>	<b>Mes de muestreo</b>	<b>Hg (µg/kg)</b>	<b>IG</b>
<b>D. Pishira</b>	Noviembre 2016	2,0400	2,0695
	Noviembre 2016	2,2400	
<b>D. Playayacu</b>	Enero 2017	8,6400	3,1782
	Enero 2017	8,6400	
<b>Muelle</b>	Enero 2017	8,8400	4,1520
<b>Z. Profunda Caño</b>	Enero 2017	11,6400	4,5820
	Septiembre 2016	6,2400	
<b>Rio Napo</b>	Noviembre 2016	4,0400	3,7301
	Enero 2017	10,6400	
<b>Rio Pishira</b>	Septiembre 2016	4,2400	2,7096
	Noviembre 2016	0,6400	
<b>Rio Playayacu</b>	Enero 2017	11,8400	4,5315
	Enero 2017	11,2400	

Tabla 7: Índice de Geoacumulación de Hg

**Valores de correlación y diagrama de Piper**

De acuerdo a los valores de correlación (Tabla 8), se presentan valores muy significativos en su mayoría para el punto de Zona Profunda tanto para Ca – Mg, Mg – K y Na – K. Para Rio Napo, se registró el mayor valor de correlación (0,82367) establecido para Calcio – Magnesio.

	<b>Ca - Mg</b>	<b>Mg - Na</b>	<b>Mg - K</b>	<b>Na - K</b>
<b>Rio Napo</b>	0,8237			
<b>Rio Pishira</b>		-0,7175		
<b>Z. Profunda</b>	0,6102		-0,5834	0,5195
<b>D. Playayacu</b>		-0,6138		

Tabla 8: Valores de correlación entre Aguas – Cationes mayoritarios

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

De acuerdo al Diagrama de Piper realizado (Ilustración 19) utilizando valores de cationes y aniones tanto mayoritarios como minoritarios, la composición del agua es bicarbonatada cálcica y/o magnésica.

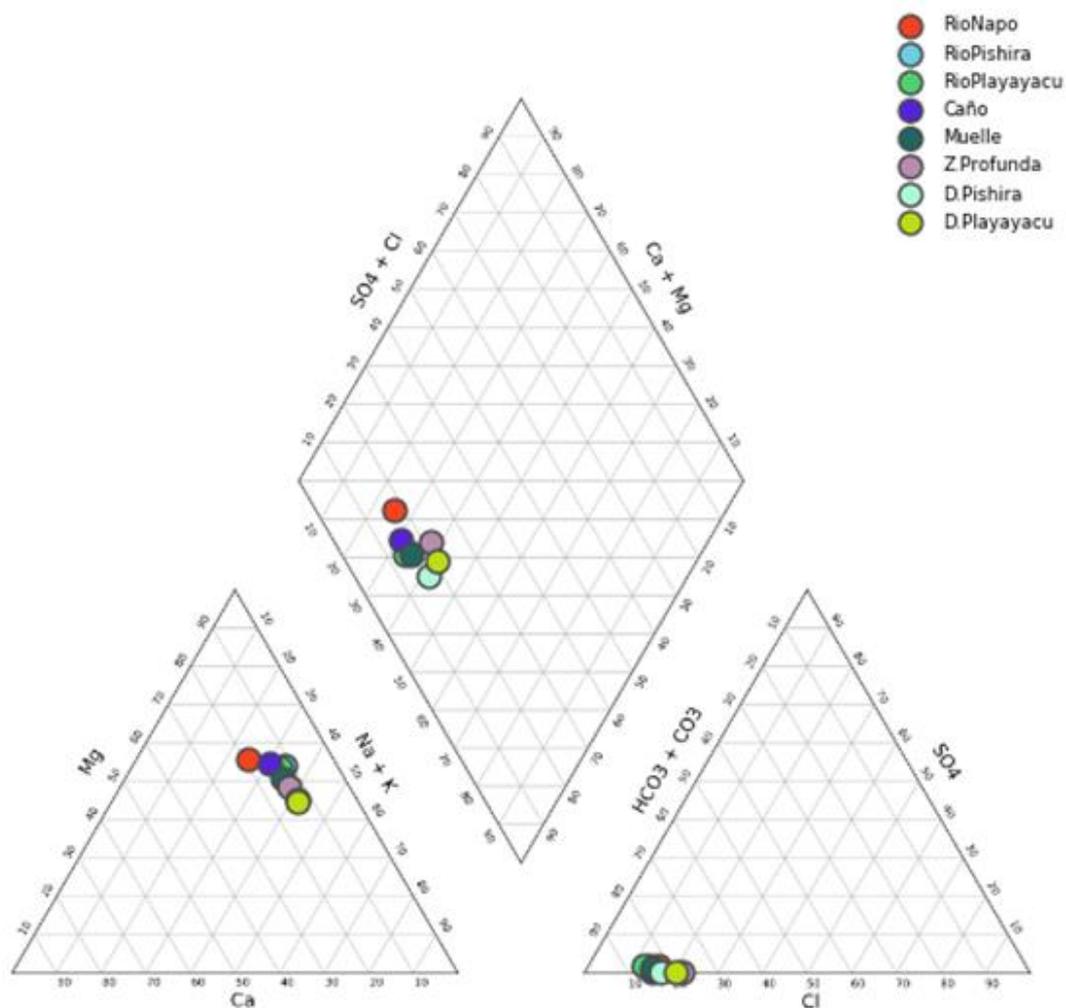


Ilustración 19: Gráfico de Piper

## Conclusiones

En el caso de las correlaciones, a partir de los datos estadísticos descriptivos, se puede decir que:

- No se presentan correlaciones significativas entre los parámetros físico – químicos (pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura, Oxígeno Disuelto y Red – Ox) y las concentraciones de los metales analizados (Ca, Mg, Na, K, Cr y Hg).

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

- Existe una estrecha correlación entre Ca y Mg, Mg y Na, Mg y K y Na y K; en los valores de aguas analizados tanto de la laguna como de los ríos de la RBL analizados.

Se establecieron los valores de las concentraciones de los fondos geoquímicos por medio del valor de la mediana de los datos de concentración registrados desde el año 2015, tomando como referencia el Punto de Blanco o Sendero “El Caimán” para suelos y “Zona Profunda” para aguas y sedimentos. Estos valores se detallan a continuación:

- El fondo geoquímico de mercurio en aguas, suelos y sedimentos de la RBL es de 0,0028 µg/L; 0,4098 µg/kg y 0,324 µg/kg respectivamente.
- El fondo geoquímico de cromo en aguas, suelos y sedimentos de la RBL es de 8,7262 µg/L; 43,9488 µg/kg y 10,525 µg/kg respectivamente.

Al comparar los valores analizados y el valor de fondo geoquímico, se determinó que:

- En los valores de aguas se presentan valores muy cercanos al límite establecido por la normativa legal ecuatoriana tanto en cromo como en mercurio. Para cromo es en zona profunda donde se registró su mayor valor, siendo explicado este por actividades naturales que liberan Cr en el ambiente, ya que se analiza, tanto el micronutriente ( $\text{Cr}^{3+}$ ) como el cromo tóxico ( $\text{Cr}^{6+}$ ), por otro lado, los valores de mercurio aún son inferiores al límite legal establecido.
- En los valores de suelos para cromo no se supera el valor de fondo geoquímico, por otro lado, para mercurio en sus primeros análisis se supera el fondo geoquímico, por lo que se puede decir que existen aportes antropogénicos o geoquímicos, aunque aún muy inferiores al LMP de la normativa legal ecuatoriana.
- Para los valores de sedimentos en mercurio, se presentaron valores muy superiores al fondo geoquímico únicamente en enero del 2017 aunque aún inferiores al LMP establecido por normativa internacional. Para cromo, aunque la mayoría de sus

valores presenta superioridad al fondo geoquímico, sus valores son aún muy inferiores al límite presentado por la normativa internacional.

Los análisis de las medianas y desviación estándar establecida, muestran que:

- Únicamente existe una desviación estándar muy evidente en los suelos y sedimentos de Mg.
- Para los valores de medianas, se presenta una gran fluctuación para suelos en Mg, para aguas en Na y para suelos en K.
- Únicamente para aguas en Na, se presentaron valores poco comunes, registrados en septiembre de 2016.

De los valores del índice de geoacumulación se concluye que:

- El mayor valor de cromo en cuanto al índice, se encuentra en el punto de Desembocadura Playayacu con 0,3682, siendo este valor dentro de la categoría de Poco Contaminado.
- El mayor valor de mercurio, se encuentra en el punto de Caño con 4,5820, pero aunque este valor está en la categoría de Contaminación Fuerte, pero su valor aún se encuentra muy por debajo del límite legal permitido.

### **Recomendaciones**

Es necesario realizar investigaciones únicamente del Cromo<sup>6+</sup>, debido a que es el más tóxico en comparación con el micronutriente Cr<sup>3+</sup>.

Continuar con los estudios de la reserva con relación a los cationes mayoritarios, tomando en cuenta la línea base establecida en el presente estudio, esto debido a la capacidad que poseen los metales de ser bioacumulados a través de la cadena trófica.

Realizar estudios que permitan determinar las fuentes de los aportes de metales pesados en los componentes bióticos y abióticos de la reserva, para así poder controlarlos y evitar una

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA futura contaminación por sobrepasar los valores máximos permisibles de la normativa ambiental ecuatoriana.

Medir los parámetros físico-químicos, en las muestras de suelo y sedimento con el fin de determinar posibles correlaciones con las concentraciones de los metales pesados y el aumento de cationes mayoritarios.

Continuar aplicando metodologías que sean internacionalmente reconocidas y validadas para el muestreo, pre-tratamiento y análisis de las muestras con el objetivo de que estos procedimientos puedan ser replicables.

### **Agradecimientos.**

A mi familia porque todo lo que soy se lo debo a ellos y todo lo que seré reflejara lo que ellos hicieron por mí.

A mis padres, Soraya y Gustavo, por ser el pilar fundamental de mi vida y por los que agradezco que me hayan construido como la persona que soy hoy en día y sobre todo por ser el mejor ejemplo de integridad, amor y generosidad así como de esfuerzo e indeterminable dedicación a sus hijos.

A mis hermanas, Majo y Mafer, por compartir nuestra vida en fraternidad, apoyándonos mutuamente para alcanzar nuestros éxitos y por el protegido amor propio de hermanos que siempre conservaremos.

A mis amigos por siempre permitirse compartir los momentos de alegría y desconsuelo en mi vida, por valorarme por la persona que soy y siempre expresar su sincero cariño y preocupación.

A mis profesores por ser esa mano que nos guía a través del conocimiento y que nos señala el camino correcto para alcanzar nuestras metas, por enseñarnos a ser mejores personas y construir ese sentimiento de respeto y amistad entre nosotros.

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Un especial agradecimiento a Katty Coral, Miguel Martínez-Fresneda e Ivonne Carrillo por permitirme alcanzar este éxito, apoyarme a través de la elaboración de este trabajo de titulación y por confiar en mí todos estos años a través de mi formación como Ingeniero Ambiental.

Por último un notable agradecimiento a Jendry y todos los miembros de la familia Moya por su invaluable apoyo y extraordinario recibimiento en las instalaciones de la Estación Científica Limoncocha.

### **Bibliografía**

- Alvarado, A., Blanco, R., & Mora, E. (2002). El cromo como elemento esencial en los humanos. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 23, 55–68. Retrieved from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-29482002000100006](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-29482002000100006)
- Armas, M., & Lasso, S. (2011). *Plan de manejo de la Reserva Biología de Limoncocha*. MAE. Quito: MAE. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+manejo+de+la+Reserva+Limoncocha.pdf/bf9eb887-e71f-4d35-bb0a-019fc8ac9432>
- Arnau, R., Rivera, A., & Frarques, J. M. (2001). La contaminación y el deterioro de los recursos naturales. *Módulo de Sensibilización Ambiental*, 19–33.
- AWWA, APHA, & WEF. (2005). *Standard Methods*. (A. Eaton, L. Clesceri, E. Rice, & A. Greenberg, Eds.) (21st ed.). Washintong DC: Centennial Edition.
- Betancourt, Ó., Barriga, R., Davée, J., Cueva, E., & Betancourt, S. (2012). *Impacts on Environmental Health of Small-Scale Gold Mining in Ecuador. Ecohealth Research in Practice*.
- Fernández, J. C., Andrade, S., Silva, C. L., & De la Iglesia, R. (2014). Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin*, 82(1–2), 221–226.

- Fuentes, M., Astudillo, L. R., Díaz, A., & Martínez, G. (2010). Distribución de metales pesados en los sedimentos superficiales del Saco del Golfo de Cariaco, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(SUPPL. 3), 129–140.
- Galán, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Macla*, 10, 48–60.
- Gismera, J., Lacal, J., Da Silva, P., García, R., Sevilla, T., & Procopio, J. (2004). Study of metal fractionation in river sediments. A comparison between kinetic and sequential extraction procedures. *Environmental Pollution*, 127(2), 175–182.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.08.004>
- Gómez, A. (2010). Medidas de inmisión para partículas totales suspendidas y metales pesados en muestras de aire en el sector de las canteras en Pomasqui, Distrito Metropolitano de Quito. *UISEK*, 50.
- Gupta, S., Jena, V., Matic, N., Kapralova, V., & Solanki, J. (2014). Assessment of geo-accumulation index of heavy metal and source of contamination by multivariate factor analysis. *International Journal of Hazardous Materials*, 2(2), 18–22.
- Hseu, Z.-Y. (2006). Concentration and Distribution of Chromium and Nickel Fractions Along a Serpentinic Toposequence. *Soil Science*, 171(4), 341–353.  
<https://doi.org/10.1097/01.ss.0000209354.68783.f3>
- Irigoyen, G. (2000). Evaluación de la bioacumulación de bario, cromo, níquel y zinc en las macrofitas acuáticas “*pistia str4tiotics*” y “*eichhornia crassipes*” de la laguna de Limoncocha. *UISEK*, 63.
- López, I., Sierra, M., Rodríguez, J., & Millán, R. (2010). Estudio de la Absorción y Distribución del Mercurio en *Nerium Oleander L.* en la Ribera del Rio Valdeazogues (Estación de Chillón - Almadén). *Informes Técnicos Ciemat*.

Matteoda, E., Blarasin, M., Damilano, G., & Cabrera, A. (2009). Cromo en aguas subterráneas y superficiales en el entorno de una curtiembre , relación con valores de fondo natural .

Elena , Córdoba . Argentina. *Boletín Geológico Y Minero*, 4, 617–630.

Ministerio de Ambiente. (2015). *TULSMA*. (MAE, Ed.), *Decreto Ejecutivo 3516* (4th ed.).

Quito: Decreto Ejecutivo 3516.

Pazos, P. (2007). Biodisponibilidad De Cromo En Sedimentos Marinos De La Ría De Arousa.

*Universidad de Santiago de Compostela*, 417.

Pérez, C., Maurice, L., Ochoa, V., López, F., Egas, D., Lagane, C., & Besson, P. (2015).

Determinación de elementos mayores en sedimentos provenientes de zonas afectadas por actividades petroleras en Ecuador. *Avances En Ciencias E Ingenierías*, 7, C95–C115.

Programa Nacional de Riesgos Químicos. (2007). Mercurio: Cartilla de Información.

*Movimiento Mundial Para El Cuidado de La Salud Libre de Mercurio*, 31. Retrieved from <http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/mercurio.pdf>

Rangel, C. M. A., Baptista, A., Fonseca, E. M., McAlister, J., & Smith, B. J. (2011). Study of

heavy metal concentration and partitioning in the Estrela River: Implications for the pollution in Guanabara Bay-SE Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 83(3), 801–815. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000020>

Solano, A. M. (2005). Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales

afectados por la hidrometalurgia del cinc., 141–190. Retrieved from <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/190>

Tchounwou, P., Yedjou, C., Patlolla, A., & Sutton, D. (2006). Heavy Metals Toxicity and the

Environment. *Nih*, 100(June), 365–396. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8338-1>

Wu, Q., Zhou, H., Tam, N. F. Y., Tian, Y., Tan, Y., Zhou, S., ... Leung, J. Y. S. (2016).

Contamination, toxicity and speciation of heavy metals in an industrialized urban river: Implications for the dispersal of heavy metals. *Marine Pollution Bulletin*, 104(1–2), 153–

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA  
DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE  
CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

161. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.043>

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

ANEXOS

ANEXO A – I

		Concentración de Cromo (Cr)																		
		ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	
Aguas (µg/L)	Río Napo	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,6283	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	Río Pishira	16,1549	2,5903	N.D.	0,9743	N.D.	N.D.	16,0979	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	Río Playayacu	N.D.	N.D.	N.D.	9,6768	N.D.	20,1850	5,9415	1,9962	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	10,3680	N.D.	
	Caño	N.D.	17,3193	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,9220
	Muelle	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	13,2984	20,4847	N.D.	N.D.	8,9800	0,1800	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	Z. Profunda	5,0570	0,8973	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8,7262	N.D.	19,0400	N.D.	6,8600	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	25,1711	N.D.
	D. Pishira	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,3878	12,4619
	D. Playayacu	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	13,4648	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Valor bajo el límite de detección

		Concentración de Cromo (Cr)														
		ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	sep-16	nov-16	ene-17	mar-17	may-17	
Suelo (µg/kg)	Pozo Antiguo	44,6910	44,0636	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	33,1796	35,2043	3,6200	14,2100	N.D.	N.D.	31,1787	
	Pozo Laguna	55,5228	52,8754	41,3355	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	33,1463	30,6796	N.D.	N.D.	3,2300	N.D.	45,4943	
	Instituto	43,2176	43,4410	33,5884	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	40,9648	27,3479	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	36,4943	
	Pozo Jivino B	39,5437	35,5228	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	17,4382	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	17,6948	
	Estación	57,3574	N.D.	47,0437	N.D.	N.D.	N.D.	50,4895	47,0437	50,7937	2,1600	N.D.	N.D.	3,3000	1,5161	
	Blanco	46,5446	44,6495	43,9448	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	43,9448	46,1787	0,8500	0,5700	N.D.	N.D.	13,8165	
Sedimento (µg/kg)	D. Pishira	2,1829	9,1790	3,3226	N.D.	4,9598	N.D.	3,3761	N.D.	N.D.	11,5900	N.D.	12,5300	9,3100	19,6815	
	D. Playayacu	4,3927	0,0107	1,2043	N.D.	4,5104	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,3800	20,2100	12,0500	6,3700	20,5465	
	Muelle	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,5404	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14,8700	20,8400	11,6400	6,8500	18,9743	
	Z. Profunda	N.D.	4,4836	3,0016	N.D.	N.D.	5,6661	N.D.	N.D.	N.D.	14,5900	23,2200	14,4000	6,6500	17,6568	

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

	Caño	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7,3100	12,1200	14,3900	13,9543
	Rio Napo	5,7089	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14,9800	2,7100	3,0200	6,6444
	Rio Pishira	4,6228	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12,9300	11,5800	16,3500	13,2600	19,6409
	Rio Playayacu	11,3055	1,0272	1,4713	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12,0100	14,8000	13,4600	3,1200	17,6093

N.D.: Valor bajo el límite de detección

ANEXO A – 2

Concentración de Mercurio (Hg)																					
		abr-15	jun-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	
Aguas (µg/L)	Rio Napo	0,0038	0,0019	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0006	N.D.	N.D.	N.D.	0,0258	0,0044	0,0258	0,0370	0,0313	0,022	0,0408	
	Rio Pishira	0,0025	0,0014	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0006	N.D.	N.D.	N.D.	0,0016	N.D.	0,0252	0,0368	0,0566	0,034	0,0187	
	Rio Playayacu	0,0037	0,0029	0,0005	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0004	0,0004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0018	0,0404	0,0282	0,019	0,0028	
	Caño	N.D.	N.D.	N.D.	0,0004	N.D.	0,0017	N.D.	N.D.	0,0031	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0394	0,0282	0,022	0,0535	
	Muelle	0,0027	0,0015	N.D.	0,0218	0,0434	0,063	0,028	0,063												
	Z. Profunda	0,0029	0,0018	0,0005	N.D.	N.D.	0,0028	N.D.	N.D.	0,0023	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0230	0,0424	0,0218	0,003	0,0566	
	D. Pishira	0,0005	0,0018	0,0005	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0033	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0268	0,0388	0,0028	0,003	0,0092	
	D. Playayacu	0,0030	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0024	N.D.	0,0004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0252	0,0260	0,0548	0,0598	0,009	0,025	

N.D.: Valor bajo el límite de detección

Concentración de Mercurio (Hg)																	
		abr-15	jun-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	sep-16	nov-16	ene-17	mar-17	may-17	
Suelo (µg/kg)	Pozo Antiguo	N.D.	0,8477	0,1465	1,7255	0,0619	N.D.	0,4636	0,7542	0,0022	0,0546	N.D.	2,8400	14,6400	0,1864	0,025	
	Pozo Laguna	N.D.	N.D.	N.D.	0,2150	0,2071	N.D.	0,1679	0,4170	0,1185	0,4943	N.D.	2,2400	16,0400	0,0199	0,0141	
	Instituto	N.D.	N.D.	0,0715	0,5280	N.D.	0,3491	0,3125	0,5088	0,3066	0,0181	9,4400	N.D.	13,4400	0,2872	0,0182	
	Pozo Jivino B	N.D.	N.D.	0,0000	0,2392	0,1407	N.D.	0,4231	0,6321	N.D.	N.D.	0,4400	3,8400	N.D.	0,0606	0,0095	
	Estación	N.D.	0,0682	0,1421	0,6436	1,7239	0,0057	1,7098	0,9415	0,7948	0,5792	N.D.	3,2400	10,2400	0,0156	0,0224	
	Blanco	0,4098	N.D.	0,7523	0,3347	0,1676	0,3539	0,4943	0,8248	0,2635	1,8485	N.D.	3,0400	13,4400	0,1116	0,0272	

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

<b>Sedimento (µg/kg)</b>	<b>D. Pishira</b>	0,4295	N.D.	0,1994	0,8396	0,5930	1,3935	0,3730	0,7053	0,1495	0,3201	N.D.	2,0400	N.D.	0,0218	0,0282
	<b>D. Playayacu</b>	1,7988	0,1839	0,0000	0,3930	0,3704	0,2638	0,5629	0,8520	0,1140	0,8035	N.D.	2,2400	8,6400	0,1896	0,0566
	<b>Muelle</b>	0,9545	N.D.	0,0581	0,2637	0,5896	0,5190	0,4201	0,9284	0,3046	0,0737	N.D.	N.D.	8,6400	0,0092	0,044
	<b>Z. Profunda</b>	N.D.	N.D.	0,3240	N.D.	0,1439	0,3433	0,7246	0,8359	0,1326	0,2777	N.D.	0,4400	8,8400	0,0503	0,0566
	<b>Caño</b>	0,3604	0,5229	0,0702	1,4688	0,6461	0,6394	1,7460	0,5166	0,4455	1,2857	N.D.	N.D.	11,6400	0,0535	0,0377
	<b>Rio Napo</b>	0,3203	N.D.	0,2046	N.D.	0,0191	0,1294	0,1096	0,4637	0,1064	0,1426	6,2400	4,0400	10,6400	0,237	0,063
	<b>Rio Pishira</b>	0,0136	0,4548	0,1314	1,2431	0,2550	0,0814	0,4177	0,6414	0,1414	0,1481	4,2400	0,6400	11,8400	0,082	0,0377
	<b>Rio Playayacu</b>	1,0851	0,3648	N.D.	0,5474	0,4768	0,3359	0,7692	0,6614	0,1460	N.D.	N.D.	0,4400	11,2400	0,006	0,1864

N.D.: Valor bajo el límite de detección

**ANEXO A – 3**

		<b>Concentración de Calcio (Ca)</b>									
		<b>sep-16</b>	<b>oct-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>dic-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>feb-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>abr-17</b>	<b>may-17</b>	
<b>Aguas (mg/L)</b>	<b>Rio Napo</b>	1,8490	1,8590	1,5660	4,1130	2,8910	4,1180	1,8710	3,1110	3,7670	
	<b>Rio Pishira</b>	0,7030	0,7130	2,4440	1,8320	1,0920	1,9180	0,5350	0,9880	1,6360	
	<b>Rio Playayacu</b>	0,7520	0,7620	2,4290	1,9120	1,9230	1,9150	0,5730	1,0540	1,6130	
	<b>Caño</b>	0,7810	4,4610	4,4580	4,1330	2,8870	2,5380	1,8970	1,6890	2,2370	
	<b>Muelle</b>	1,2060	1,5670	4,8690	4,2610	2,8770	2,8580	1,5830	2,0770	2,7100	
	<b>Z. Profunda</b>	0,9510	2,8620	4,5380	4,4880	3,5730	2,9390	1,7540	1,9530	2,2810	
	<b>D. Pishira</b>	1,4860	1,5840	4,1770	3,9710	2,5210	2,5440	1,1600	1,6080	2,2100	
	<b>D. Playayacu</b>	2,4690	1,2940	5,1520	5,1270	3,5490	2,6920	1,2910	2,7240	3,4960	

		<b>Concentración de Calcio (Ca)</b>				
		<b>sep-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>may-17</b>
<b>Suelo (mg/kg)</b>	<b>Pozo Laguna</b>	2,0570	2,3990	3,3180	0,7500	0,1200
	<b>Pozo Jivino B</b>	0,3590	0,1430	0,0590	1,0950	0,0650

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

	<b>Estación</b>	0,3700	0,6160	0,0610	1,1560	0,0720
	<b>Instituto</b>	0,3630	0,0400	0,0540	0,5720	0,2700
	<b>Pozo Antiguo</b>	0,2390	0,3590	0,7240	0,5010	0,3050
	<b>Blanco</b>	0,3800	0,3120	0,0030	0,2880	3,1810
<b>Sedimento (mg/kg)</b>	<b>D. Pishira</b>	1,8420	3,4840	1,6400	0,6680	3,8470
	<b>D. Playayacu</b>	1,6220	3,6570	2,2920	0,2200	0,9710
	<b>Muelle</b>	1,1590	1,1080	0,5520	0,4030	1,6750
	<b>Z. Profunda</b>	0,3310	0,8540	0,9450	0,1460	0,4200
	<b>Caño</b>	0,1640	1,4990	1,1930	0,5280	1,9800
	<b>Rio Napo</b>	3,1290	1,6120	0,6990	0,6560	2,0000
	<b>Rio Pishira</b>	0,6720	1,7330	0,6930	0,8530	0,6120
	<b>Rio Playayacu</b>	0,3680	1,4800	0,4030	0,6330	0,3050

*ANEXO A – 4*

		<b>Concentración de Magnesio (Mg)</b>								
		<b>sep-16</b>	<b>oct-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>dic-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>feb-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>abr-17</b>	<b>may-17</b>
<b>Aguas (mg/L)</b>	<b>Rio Napo</b>	1,1960	1,2060	2,1540	5,0800	3,4200	3,9500	2,1400	3,1800	2,4620
	<b>Rio Pishira</b>	0,6730	0,6830	3,1460	2,3500	3,6500	3,2700	1,8700	6,4100	2,7690
	<b>Rio Playayacu</b>	0,7630	0,7730	3,0480	7,7600	3,7600	3,2900	2,7550	7,4400	2,8420
	<b>Caño</b>	1,7250	5,2630	5,2600	5,0800	4,2100	2,4000	4,1600	7,4700	2,8910
	<b>Muelle</b>	1,9710	3,7230	5,4500	5,1800	3,4100	2,6400	2,9200	7,3300	2,9520
	<b>Z. Profunda</b>	1,8930	4,2320	4,8800	5,6500	1,9100	5,2400	3,1800	6,9800	2,8670
	<b>D. Pishira</b>	2,0030	2,9210	4,7000	5,8600	1,9700	2,8500	2,8800	8,4500	3,4510
	<b>D. Playayacu</b>	2,0140	2,8160	5,3700	5,9800	2,9400	2,7900	2,9650	8,8000	3,4010

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Concentración de Magnesio (Mg)						
		sep-16	nov-16	ene-17	mar-17	may-17
<b>Suelo (mg/kg)</b>	<b>Pozo Laguna</b>	6,6640	10,0900	10,1010	15,3200	3,4970
	<b>Pozo Jivino B</b>	1,1320	6,8700	6,3400	12,4900	2,8700
	<b>Estación</b>	2,9020	8,2900	7,3900	13,5300	2,2370
	<b>Instituto</b>	2,2760	5,1700	10,5400	16,4500	3,6540
	<b>Pozo Antiguo</b>	5,4010	12,7800	11,0400	10,1600	3,7790
	<b>Blanco</b>	2,1720	6,1400	10,1300	10,0400	3,7170
<b>Sedimento (mg/kg)</b>	<b>D. Pishira</b>	4,3230	12,8900	16,8200	17,8200	3,9440
	<b>D. Playayacu</b>	6,2680	13,2400	14,5400	13,7500	3,7940
	<b>Muelle</b>	5,1950	16,7000	8,6400	15,5500	3,9600
	<b>Z. Profunda</b>	5,5000	19,7000	17,8500	16,0800	3,8300
	<b>Caño</b>	4,2920	15,1300	19,3700	18,5700	3,7520
	<b>Rio Napo</b>	7,0650	16,2700	18,3600	17,5400	3,7640
	<b>Rio Pishira</b>	5,3800	12,4500	18,4600	19,5100	3,7950
	<b>Rio Playayacu</b>	6,5370	9,7600	18,0000	15,8200	3,9190

ANEXO A – 5

Concentración de Sodio (Na)										
		sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17
<b>Aguas (mg/L)</b>	<b>Rio Napo</b>	3,9220	3,8320	4,9340	6,6190	0,6540	2,7900	3,8650	4,7270	2,8950
	<b>Rio Pishira</b>	5,2430	5,2530	6,3820	2,8320	1,9110	2,5650	5,3950	6,2940	4,3360
	<b>Rio Playayacu</b>	5,9860	5,9960	6,0820	2,7540	2,1450	6,4250	6,6900	6,0890	4,3720
	<b>Caño</b>	10,7900	6,6770	6,6740	6,6190	4,2630	9,6050	7,2270	6,5790	5,0210
	<b>Muelle</b>	15,5380	7,7520	6,6570	7,1000	3,4320	9,0300	8,6300	7,0110	5,3730
	<b>Z. Profunda</b>	17,8180	11,5570	7,1400	6,3930	6,1290	10,0100	10,3750	6,5270	5,3310

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

	<b>D. Pishira</b>	16,0700	8,6310	6,7350	6,9530	6,5040	10,9500	8,0450	6,4360	5,4220
	<b>D. Playayacu</b>	16,5300	9,8010	6,4110	7,3250	10,2260	9,7450	10,7950	6,7070	5,3960

<b>Concentración de Sodio (Na)</b>						
		<b>sep-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>may-17</b>
<b>Suelo (mg/kg)</b>	<b>Pozo Laguna</b>	2,7840	4,6930	0,5180	7,1500	1,1400
	<b>Pozo Jivino B</b>	1,6340	3,3190	1,6290	6,4150	0,8890
	<b>Estación</b>	2,1580	1,1820	1,7310	6,4580	1,3890
	<b>Instituto</b>	1,5380	2,6130	1,4190	6,0380	1,3640
	<b>Pozo Antiguo</b>	2,5410	4,4030	2,3140	5,8180	1,3940
	<b>Blanco</b>	1,5470	2,4010	2,9280	5,4460	1,4860
<b>Sedimento (mg/kg)</b>	<b>D. Pishira</b>	2,6740	4,0500	2,4960	5,7730	2,1040
	<b>D. Playayacu</b>	2,3640	2,6060	1,5630	5,9360	2,3680
	<b>Muelle</b>	5,3030	5,6360	3,6410	6,8200	3,6000
	<b>Z. Profunda</b>	4,4060	5,7040	5,8180	6,6860	3,1680
	<b>Caño</b>	4,0160	4,8700	2,8960	6,8420	2,5930
	<b>Rio Napo</b>	2,0390	4,1050	2,0030	6,1690	1,5790
	<b>Rio Pishira</b>	2,4190	3,8830	2,6880	5,7510	1,5870
	<b>Rio Playayacu</b>	1,9370	4,0380	2,5960	5,4440	1,4580

**ANEXO A – 6**

<b>Concentración de Potasio (K)</b>										
		<b>sep-16</b>	<b>oct-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>dic-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>feb-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>abr-17</b>	<b>may-17</b>
<b>Aguas (mg/L)</b>	<b>Rio Napo</b>	2,9060	2,9160	0,9850	1,9060	1,3800	1,3760	1,2660	1,3380	1,8000
	<b>Rio Pishira</b>	2,8830	2,8430	2,2720	2,4780	1,7440	1,7590	1,3440	1,3540	2,1360

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

	<b>Rio Playayacu</b>	3,1690	3,1790	1,8780	2,4700	1,5850	1,5680	1,3350	1,4010	2,1530
	<b>Caño</b>	3,2070	1,9080	1,9050	2,0350	3,5600	1,7190	1,5300	1,5480	2,2040
	<b>Muelle</b>	3,3560	1,4730	1,9000	1,9870	2,1890	1,7020	1,5030	1,5550	3,1750
	<b>Z. Profunda</b>	3,2320	1,6850	2,0500	2,0220	2,1100	1,5990	1,4170	1,5140	2,1670
	<b>D. Pishira</b>	3,1330	1,5040	1,9580	1,9940	3,6070	1,6410	1,4650	1,5120	2,4110
	<b>D. Playayacu</b>	3,0450	1,4430	2,0700	2,0910	3,2200	1,6610	1,4690	1,5580	2,3960

<b>Concentración de Potasio (K)</b>						
		<b>sep-16</b>	<b>nov-16</b>	<b>ene-17</b>	<b>mar-17</b>	<b>may-17</b>
<b>Suelo (mg/kg)</b>	<b>Pozo Laguna</b>	5,0260	4,0910	4,2840	1,9120	3,1440
	<b>Pozo Jivino B</b>	2,1530	2,0290	1,2040	1,9920	1,4950
	<b>Estación</b>	2,7790	1,0920	0,8230	1,8710	1,2780
	<b>Instituto</b>	1,9850	1,5510	0,9370	1,7390	1,4210
	<b>Pozo Antiguo</b>	4,0090	4,1930	3,6850	2,0640	3,2020
	<b>Blanco</b>	4,3790	3,9040	2,6670	1,9100	3,0800
<b>Sedimento (mg/kg)</b>	<b>D. Pishira</b>	3,6870	2,6230	2,5590	1,6860	2,1010
	<b>D. Playayacu</b>	3,1660	2,9010	5,1810	1,6060	2,6570
	<b>Muelle</b>	4,6910	5,1940	5,5650	1,9080	3,2480
	<b>Z. Profunda</b>	6,0080	3,6270	4,9240	2,0730	3,5080
	<b>Caño</b>	4,0230	3,2000	2,4630	2,0760	2,6740
	<b>Rio Napo</b>	5,2310	4,5470	4,8120	2,0220	2,7930
	<b>Rio Pishira</b>	3,1710	2,6180	2,3680	1,7910	2,0100
	<b>Rio Playayacu</b>	4,1310	2,1870	2,4930	1,8080	2,6420

ANEXO A – 7

Índice de Geoacumulación de Cromo (Periodo 2016 – 2017)

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

		sep-16	nov-16	ene-17	mar-17	may-17
<b>Sedimento</b>	<b>D. Pishira</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,3181
	<b>D. Playayacu</b>	N.D.	0,3563	N.D.	N.D.	0,3801
	<b>Muelle</b>	N.D.	0,4006	N.D.	N.D.	0,2653
	<b>Z. Profunda</b>	N.D.	0,5566	N.D.	N.D.	0,1614
	<b>Caño</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	<b>Rio Napo</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	<b>Rio Pishira</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,3151
	<b>Rio Playayacu</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,1576

N.D.: Valor no detectado

*ANEXO A – 8*

<b>Índice de Geoacumulación de Mercurio (Periodo 2016 – 2017)</b>					
		nov-16	ene-17	mar-17	may-17
<b>Sedimento</b>	<b>D. Pishira</b>	2,0695	N.D.	N.D.	N.D.
	<b>D. Playayacu</b>	2,2045	4,1520	N.D.	N.D.
	<b>Muelle</b>	N.D.	4,1520	N.D.	N.D.
	<b>Z. Profunda</b>	N.D.	4,1850	N.D.	N.D.
	<b>Caño</b>	N.D.	4,5820	N.D.	N.D.
	<b>Rio Napo</b>	3,0553	4,4524	N.D.	N.D.
	<b>Rio Pishira</b>	0,3971	4,6066	N.D.	N.D.
	<b>Rio Playayacu</b>	N.D.	4,5315	N.D.	N.D.

N.D.: Valor no detectado

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**ANEXO B - 1**

• **Datos estadísticos descriptivos**

Temperatura (°C)

	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número Máximo</i>	<i>Número Mínimo</i>
<i>Rio Napo</i>	25,20	0,87	25,00	26,40	24,00
<i>Rio Pishira</i>	25,60	1,31	25,00	28,10	24,00
<i>Rio Playayacu</i>	25,63	0,58	25,80	26,50	24,90
<i>Caño</i>	28,13	1,13	28,00	29,70	26,90
<i>Muelle</i>	28,44	2,44	28,20	31,40	23,10
<i>Zona Profunda</i>	28,74	1,09	27,80	30,50	27,20
<i>Desembocadura Pishira</i>	27,26	1,24	26,90	29,70	25,50
<i>Desembocadura Playayacu</i>	28,39	1,51	27,60	30,00	25,70

**ANEXO B – 2**

Potencial de Hidrogeno (pH)

	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número Máximo</i>	<i>Número Mínimo</i>
<i>Rio Napo</i>	7,51	0,47	7,48	8,35	6,93
<i>Rio Pishira</i>	7,55	0,48	7,61	8,23	6,55
<i>Rio Playayacu</i>	7,47	0,36	7,34	8,16	6,86
<i>Caño</i>	7,46	0,41	7,38	8,15	6,80
<i>Muelle</i>	7,81	0,47	7,61	8,53	7,11
<i>Zona Profunda</i>	8,04	0,83	7,46	9,44	6,96
<i>Desembocadura Pishira</i>	7,96	0,59	7,44	8,65	7,27
<i>Desembocadura Playayacu</i>	8	8,18	0,61	7,79	9,10

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**ANEXO B – 3**

Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número Máximo</i>	<i>Número Mínimo</i>
<i>Rio Napo</i>	73,44	12,71	71,70	97,90	58,60
<i>Rio Pishira</i>	99,20	16,99	103,30	116,40	70,90
<i>Rio Playayacu</i>	110,70	13,82	117,30	123,80	80,00
<i>Caño</i>	137,19	22,56	118,20	161,80	110,30
<i>Muelle</i>	146,48	29,22	126,80	188,00	108,50
<i>Zona Profunda</i>	169,69	51,56	133,30	280,70	116,90
<i>Desembocadura Pishira</i>	139,35	23,23	117,40	168,10	112,20
<i>Desembocadura Playayacu</i>	176,99	44,86	155,20	263,00	125,20

**ANEXO B – 4**

Red-Ox (mV)

	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número Máximo</i>	<i>Número Mínimo</i>
<i>Rio Napo</i>	297,73	41,26	325,20	359,30	237,30
<i>Rio Pishira</i>	259,49	36,59	265,30	322,10	221,10
<i>Rio Playayacu</i>	261,99	47,74	309,90	322,10	197,50
<i>Caño</i>	305,14	32,10	309,50	374,40	272,30
<i>Muelle</i>	204,21	158,54	287,10	297,80	-176,30
<i>Zona Profunda</i>	233,79	67,42	289,50	319,30	129,80
<i>Desembocadura Pishira</i>	235,96	114,88	304,80	344,80	-16,40
<i>Desembocadura Playayacu</i>	224,06	74,76	287,30	328,70	130,00

ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS MEDIANTE LA DETECCIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO, CROMO Y MERCURIO CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**ANEXO B – 5**

Oxígeno Disuelto (mgO<sub>2</sub>/L)

	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número Máximo</i>	<i>Número Mínimo</i>
<i>Rio Napo</i>	7,29	0,18	7,22	7,55	7,00
<i>Rio Pishira</i>	6,44	0,21	6,51	6,89	6,23
<i>Rio Playayacu</i>	6,06	0,51	5,95	6,81	5,32
<i>Caño</i>	5,86	1,92	4,89	9,28	3,29
<i>Muelle</i>	7,34	4,12	5,03	13,99	2,67
<i>Zona Profunda</i>	9,43	3,77	7,22	16,22	4,88
<i>Desembocadura Pishira</i>	6,79	3,42	5,43	10,54	0,75
<i>Desembocadura Playayacu</i>	7,74	4,59	5,63	15,27	0,02