UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

"EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, COBRE, HIERRO Y VANADIO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA, PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE 2015-2017, CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN."

Realizado por:

JAIRO MANUEL OCHOA VACA

Director del proyecto:

MSc. Katty Verónica Coral Carrillo

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 28 de julio de 2017

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, JAIRO MANUEL OCHOA VACA, con cédula de identidad No. 172055693-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a 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.

172055693-3

FIRMA Y CÉDULA

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

"EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, COBRE, HIERRO Y VANADIO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA, PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE 2015-2017, CON FINES DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN."

Realizado por:

JAIRO MANUEL OCHOA VACA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por la profesora

KATTY CORAL CARRILLO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MIGUEL MARTINEZ-FRESNEDA

IVONNE CARRILLO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

FIRMA

FIRMA

Quito, 14 de JULIO de 2017

DEDICATORIA

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento en el que me he visto inmerso, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro. Por lo que este trabajo lo dedico a mi padre, a mi madre, y a mis hermanos por sus consejos, paciencia y amor.

AGRADECIMIENTO

A **mi familia** por sus consejos y apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado.

A **mis profesores**, que cada día inculcan la educación y la enseñanza.

A **mis amigos, y a mí enamorada** por su compañía, consejos, y su apoyo

A **Jendry Moya y su familia**, por su gran acogida, apoyo y atención prestada en la Estación Científica Amazónica Limoncocha.

Índice

Resumen. 2
Abstract. 3
Introducción. 4
Materiales y Métodos. 12
Área de estudio 12
Diseño del muestreo 12
Aguas y Sedimentos (8 puntos de muestro) 13
Suelos (6 puntos de muestreo) 14
Diseño experimental 15
Aguas 15
Suelos y sedimentos 16
Equipo de espectrofotometría de absorción atómica simple o llama (EAA). 17
Equipo de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS). 18
Fondo Geoquímico 19
Índice de Geo acumulación 20
Análisis ANOVA 21
Marco Legal 21
Acuerdo Ministerial 097 A 21
Decreto Ejecutivo RAOHE 1215 22
Normativa Internacional para sedimentos 22
Resultados 22
Aguas 22
Sedimentos 27
Suelos 31
Resultados con el índice de Geo-acumulación (IG) para Sedimentos. 34
Análisis Diagrama de Caja y Bigotes (PAST) 35
Análisis ANOVA 39
Discusión de Resultados 42
Conclusiones 45
Referencia bibliográfica 47
Anexos 50
Anexo A: 50

Anexo B:.....50
Anexo C.....53
Anexo D.....54
Anexo E.....55
Anexo F.....55
Anexo G.....57
Anexo H.....60
Anexo I.....64

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Para someter a: *Rev. Int. Scientia Agropecuaria*
To be submitted*: Rev. Int. Scientia Agropecuaria*

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Jairo Ochoa, Katty Coral[*]

[1] Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

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

Teléfono: +593-9-83084617; email: katty.coral@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, con fines de conservación y preservación.

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Resumen.

La contaminación ambiental es un problema de escala global, principalmente el impacto de industrias petroleras, mineras, y en general de actividades antropogénicas, por lo que la presente investigación consistió en evaluar la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL) ubicada en el Ecuador, para establecer una línea base en el periodo 2015-2017, con fines de conservación y preservación de la misma. Para la determinación de estos metales, se realizó un muestreo en aguas (8 puntos), suelos (6 puntos), y sedimentos (8 puntos), la elección de los puntos de muestreo se basó en el criterio de que estos sean antropogénicamente intervenidos. Se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS), y la espectrometría de absorción atómica con llama (EAA) para el análisis químico de los factores ambientales. Los datos obtenidos de concentración de estos metales pesados fueron comparados con la normativa legal Ecuatoriana e internacional. Los resultados para aguas en Al el límite detección es inferior al lector del equipo (GFAAS), para Cu, y Fe los valores obtenidos superan el límite máximo permisible de la normativa y para V los valores son inferiores, es decir no supera la normativa. Para suelos y sedimentos, los valores obtenidos de Cu superan la normativa y para los demás metales no existe una normativa, por lo que se comparan con valores obtenidos de fondo geoquímico. Estos datos permitirán establecer la línea base de la RBL, que servirá de referencia para determinar la gestión más apropiada para esta reserva natural.

Palabras Clave: Contaminación, metal pesado, actividades antropogénicas, conservación, preservación, Ecuador.

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Abstract.

Environmental pollution is a global scale problem, mainly the impact of oil, mining, and in general anthropogenic activities, so the present investigation consisted in evaluating the concentration of aluminum, copper, iron and vanadium in water, soils and Sediments of the Limoncocha Biological Reserve (RBL) located in Ecuador, to establish a baseline in the period 2015-2017, for conservation and preservation purposes. For the determination of these metals, a sampling in water (8 points), soils (6 points), and sediments (8 points) was made, the selection of the sampling points was based on the criterion that they are anthropogenically intervened. We used graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GFAAS), and flame atomic absorption spectrometry (AAS) for the chemical analysis of environmental factors. The obtained data of concentration of these heavy metals were compared with the Ecuadorian and international legal regulations. The results for water in Al the detection limit is lower than the equipment reader (GFAAS), for Cu and Fe the values obtained exceed the maximum permissible limit of the normative and for V the values are inferior, that is to say it does not surpass the normative. For soils and sediments, the values obtained of Cu exceed the norm and for the other metals there is no regulation, so they are compared with values obtained from a geochemical background. These data will allow establishing the baseline of the RBL, which will serve as a reference to determine the most appropriate management for this natural reserve.

Key words: Pollution, heavy metal, anthropogenic activities, conservation, preservation, Ecuador.

Introducción.

En la actualidad el planeta afronta una serie de problemas que afectan al ambiente, siendo la contaminación el principal factor que influye sobre el desarrollo de organismos y calidad de vida de las personas.

Las actividades industriales y antropogénicas, en general, son causantes de la polución ambiental, debido a que, entre otras, las empresas mineras y petroleras, realizan descargas de contaminantes que contienen metales pesados como cobre, zinc, plomo, cadmio, cromo, níquel, mercurio, cobalto, plata, oro y radionúclidos[1] (uranio, torio) en el ambiente (Vullo, 2003).

La región Amazónica alberga una alta biodiversidad de flora y fauna, además de la presencia de pueblos indígenas. Se asume que los impactos generados por la extracción petrolera pueden ser controlados por la tecnología y solo permanecen mientras dura un proyecto, pero estudios han determinado que el destino ambiental del petróleo permanece por un periodo extenso de tiempo al igual que la toxicidad en organismos (Bravo, 2007). La contaminación se puede presentar en aguas superficiales, suelos, sedimentos, aire, y en la alteración de organismos.

Las aguas superficiales están comprendidas por los arroyos, ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, por lo que el recurso natural agua es una fuente de fácil contaminación,

[1] Según el diccionario de la Real Academia Española, los radionúclidos se refiere a un isótopo radiactivo que caracterizamos por su símbolo químico y su número másico.

debido a que es utilizado en el mundo hasta un 80 %, por varios sectores (industrial, agricultura, ganadera, consumo humano e incluso se puede usar para generar energía renovable). Por lo que es importante mencionar que después de utilizar este recurso, retorna a los ecosistemas sin ningún tipo de tratamiento, la mayoría de las veces, deduciendo que existe un gran desperdicio y contaminación del medio al que se reintegra (El Universal, 2017).

La contaminación del agua puede ser de múltiples formas, según la procedencia de los desechos; por sedimentos, materia orgánica, biosidas, metales pesados y otros elementos tóxicos que provocan distintos grados de impactos sobre las características físico-químicas propias del agua, sobre la flora, la fauna y el hombre (Gómez, 1995).

La explotación de los recursos naturales en la Amazonía por parte de las industrias así como las actividades antropogénicas, han ocasionado una serie de cambios, en la contaminación del aire, agua, y suelo, por lo que desconcierta el bienestar del ser humano y de otros seres vivos que habitan en diferentes ecosistemas amazónicos, afectando a la biodiversidad y poblaciones indígenas (Gómez, 1995).

La importancia de la Amazonía radica en desempeñar un papel ecológico a nivel mundial, ya que equivale a un tercio del total de los bosques tropicales del planeta y sus ríos constituyen la quinta parte del agua dulce que circula por la corteza terrestre. Además de poseer la mayor diversidad ecológica a través de su flora y fauna, esta región permite la regulación de oxígeno y gas carbónico para Sudamérica y el Mundo (Veyrunes, 2008).

El Ecuador tiene una gran variedad de flora y fauna en su territorio amazónico, por lo que han sido varios los reconocimientos internacionales por su biodiversidad, uno de ellos es formar parte de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional

(Convención de RAMSAR) desde enero de 1991. Esta convención certificó a la Reserva Biológica Limoncocha como un sitio RAMSAR a nivel mundial, el 10 de julio de 1998. Su importancia se fundamenta en la conservación y almacenamiento de agua, mitigando inundaciones, controlando la erosión, además de servir para cargar y descargar acuíferos (SNAP, 2015). Así mismo es de gran importancia mencionar que la Reserva Biológica Limoncocha es reconocido como una área de importancia para la conservación de las aves (Armas & Lasso, 2011).

El Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas protegidas (SNAP) de 1999, define a una Reserva Biológica como "*áreas de extensión variable que se hallan en cualquiera de los ámbitos, terrestre o acuático, destinadas a la preservación de la vida silvestre. Sus objetivos están orientados a la conservación de los procesos naturales, haciendo posible la ejecución de investigación científica, educación y conservación de los recursos genéticos*" (Armas & Lasso, 2011).

Armas & Lasso (2011), señalan que *"la Reserva Biológica Limoncocha consiste en varios tributarios del Río Napo y la Laguna Limoncocha; entre las cuencas principales podemos encontrar el río Capacuy (Laguna Limoncocha), río Jivino, río Itaya, río Napo y río Indillana. Las cabeceras de estos ríos, generalmente, se localizan en zonas intervenidas fuera de la Reserva Biológica Limoncocha, por lo tanto, existen fuentes potenciales de contaminación que incluyen aguas servidas de zonas urbanas y población dispersa, actividades petroleras y agricultura"*

Los efluentes o cuerpos de agua que no han sido tratados correctamente y que son parte de la contaminación ambiental, se ven afectados por condiciones químicas y bacteriológicas del agua, es decir por la evacuación de aguas negras y grises. La

contaminación en los ríos debido a las descargas de aguas servidas tiene una probabilidad de ocurrencia baja y la duración del impacto alto, por lo que afecta en mayor medida a esteros, ríos de poco caudal, lagunas y pantanos (Armas & Lasso, 2011).

Adicionalmente, no solo las actividades del hombre contaminan las aguas superficiales, sino que también existe una aportación de aguas lluvia así como los componentes inorgánicos del suelo, es decir que las características de las aguas varía de acuerdo a la composición de los suelos que la rodean, por lo que se encuentran presentes elementos de origen natural, entre los más comunes están: calcio, magnesio, sulfatos, nitratos, sodio y potasio (Orellana, 2005).

En el caso particular de los suelos, la contaminación generada de manera antropogénica en el desarrollo económico industrial, mediante vertidos de afluentes al suelo afecta directamente en su fertilidad, incluyendo lixiviaciones que contaminan a acuíferos subterráneos (Vullo, 2003).

Los suelos se ven afectados por la contaminación debido a que existe una alteración química en su composición, por la dispersión de contaminantes como derrames de productos químicos, pesticidas, hidrocarburos y procesos de lixiviación que se generan durante la descomposición de materiales biodegradables. La calidad de los suelos se puede ver afectada en zonas donde se realicen actividades antrópicas "agricultura, ganadería, procesos industriales" (Armas & Lasso, 2011).

La contaminación afecta al ambiente, esencialmente a componentes de la naturaleza como el agua, suelo, aire, flora, fauna, etc. Estas alteraciones producidas por la contaminación pueden ser leves o graves, dependiendo la destrucción de ecosistemas, por lo que se debe tomar en cuenta que la contaminación está relacionada con el factor tiempo,

debido a que este puede ser temporal o continuo, impidiendo la recuperación del ambiente (Orellana, 2005). Es por esto que se realiza la siguiente investigación con el fin de evaluar la concentración de metales pesados (aluminio, cobre, hierro y vanadio) en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL), para establecer una la línea base, cuyo objetivo es conservar y preservar la biodiversidad del lugar de estudio, además de establecer una metodología base que permita el monitoreo y muestreo para determinar la concentración de los metales pesados ya mencionados en los factores ambientales indicados de la misma reserva, a fin de poder comparar los valores obtenidos con la Normativa Ambiental Vigente en el Ecuador, así como con normas internacionales.

La contaminación tiene múltiples orígenes y fuentes, se puede decir que es causante de la alteración no solo del ambiente, sino también de la afectación a la salud del ser humano. La contaminación puede ser tanto local como regional, incluso global, por lo que varios grupos de personas muestran preocupación frente a estos problemas, para poder tomar medidas de control, inclusive han participado diferentes países para crear protocolos, uno de ellos es el Protocolo de Montreal, cuyo objetivo es la reducción de la producción y uso de los CFC´s en todo el mundo (Lilian, 2000).

A continuación se citan dos ejemplos del estudio de metales pesados como contaminantes en Latinoamérica y como afectan a diversos factores (agua, suelo, sedimentos, flora, fauna).

En Perú se realizó un estudio acerca de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche, ubicado en la Libertad, donde se determinaron la concentración de: Fe, Cu, Cd, Pb, Zn y As, utilizando la metodología de espectrofotometría de absorción atómica. Para el muestreo de aguas y suelos se siguió los métodos y técnicas propuestas por

el Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) de Lima Perú; para el agua, se tomaron tres muestras por estación durante las tres épocas avenida, transición y estiaje, en frascos blancos estériles de polietileno de un litro de capacidad, las que fueron refrigeradas para su transporte al laboratorio. Las muestras de suelos fueron obtenidas con un muestreador de suelos tipo barreno de la capa arable (1 kg por muestra) y las muestras de cultivos correspondieron a raíz de *Manihot esculentus* "yuca", infrutescencia de *Ananas comosus* "piña" y tallo de *Saccharum officinarum* "caña de azúcar". Por lo que se concluyó, que los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en el Cuenca Alta durante el año de 1980: hierro (557.500 ppm), plomo (100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca Baja para el año 1980: hierro (83.400 mg/kg); plomo (0.820 mg/kg); cadmio (0.012 mg/kg); cobre (1.240 mg/kg); zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg). Siendo la yuca (*Manihot esculentus*) la especie más contaminada, en un rango de hierro (0.6525 mg/kg, (Huaranga, Méndez & Quilcat 2012).

En Ecuador se han realizado estudios tendientes a la evaluación de la contaminación por metales pesados relacionados a la actividad antropogénica, específicamente la hidrocarburífera. Entre estos estudios se indica: ¨Determinación de metales pesados en el medio biótico y abiótico en tres cuerpos de agua receptores de los efluentes del Complejo Industrial Shushufindi (CIS), por lo que este estudio determina la concentración de metales pesados (Hg, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Pb y Zn) en aguas, sedimentos y peces de tres sitios con influencia directa y uno con influencia indirecta de las actividades petroleras del CIS.

Las muestras se recolectaron mediante metodologías sugeridas por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) y el US Geological Survey (USGS). La cuantificación de metales se realizó mediante espectroscopia de absorción atómica (López, 2013).

Agurto, Carrillo y Cerón, en el año 2016 participaron en la línea de investigación "Conservación y Biodiversidad de la Reserva Biológica Limoncocha", de la Universidad Internacional SEK (UISEK), con un aporte a la evaluación de la concentración de metales pesados (arsénico, manganeso, aluminio, cobre, mercurio, cadmio y níquel), en aguas, suelos y sedimentos de la RBL para establecer línea base 2015-2016.

Para la presente investigación se tomaron en cuenta ciertas preguntas, que nos ayudarán a entender causas y efectos que podrían ocasionarse en el medio ambiente y en los seres humanos, como por ejemplo ¿Qué son los metales pesados?, ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación y generación de estos metales pesados? ¿Qué efectos tiene respecto a la salud?

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como por ejemplo el plomo que se utiliza en baterías y el cadmio en pilas, el aluminio se utiliza en el diseño de partes metálicas de instrumentos mecánicos. Las principales fuentes de contaminación y generación de metales pesados son de origen natural o antropogénica. Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido (Eróstegui, 2009).

Con respecto a la salud, la contaminación por la presencia de metales pesados afecta a diferentes órganos del cuerpo humano, por ejemplo el cobre irrita la nariz, la boca y los

ojos, produce vómitos y diarreas, daño al hígado y los riñones (Granero, 2015); el exceso de hierro en el organismo puede provocar hemosiderósis (un aumento de hierro en el tejido sin alteración de su estructura o función), o hemocromatosis (daña el tejido) (Amatrain, 2000); el aluminio en concentraciones significantes puede causar daño al sistema nervioso central, demencia, pérdida de memoria; en cambio los efectos del vanadio son irritación de pulmones, garganta, ojos, cavidades nasales, daño cardiaco y vascular, inflamación del estómago e intestinos, daño al sistema nervioso, sangrado del hígado y de los riñones (Lenntech, 2017).

Cabe mencionar que la Reserva Biológica Limoncocha se encuentra en una región rodeada de campos petroleros, está ubicada dentro de un bloque de producción hidrocarburífera de Petroamazonas EP (ECOLAP y MAE, 2007).

La actividad económica de la población está basada en la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca en un 40,01 %; construcción en un 18,71 % y explotación de minas y canteras en un 12,09 %; las otras actividades son poco significativas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Limoncocha, 2015). Alrededor de 113,1 hectáreas han sido ocupadas para la agricultura, siendo los principales, en función de la superficie total cultivada, el cacao (*Caryodendron orinocense*) 36 hectáreas, el maíz (*Zea mays*) 24,5 hectáreas, el plátano verde (*Musa paradisiaca*) 19,5 hectáreas, la yuca (*Manihot esculenta*) 17,25 hectáreas y el café (*Coffea sp*.) 15,25 hectáreas. De éstos, la yuca es el principal producto de subsistencia y se cultiva en una superficie promedio de 0,5 hectáreas por propiedad. La yuca junto al pescado y la carne de monte constituyen su alimentación diaria. Los restantes productos se utilizan para la venta. El 64 % de los agricultores de la zona no utilizan químicos para mejorar el rendimiento de sus cultivos y el 36 % restante utiliza ciertos químicos para combatir plagas y sobre todo abonos naturales (Neira et al., 2006).

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

El presente estudio tiene gran importancia en el ámbito ambiental, al determinar contaminantes como los metales pesados ya mencionados, localizados en aguas, suelos y sedimentos, en una parte trascendental de la Amazonía "Reserva Biológica Limoncocha", debido a que la actividad antropogénica del sector ha ido alterando el estado natural de cuerpos hídricos y la fertilidad del suelo. Es importante mencionar como la presencia de estos contaminantes no solo alteran a ecosistemas, sino también a las actividades que realizan las comunidades indígenas locales.

Materiales y Métodos.

Área de estudio

La Reserva Biológica Limoncocha se encuentra ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha y está compuesta principalmente por la Laguna de Limoncocha, las zonas aledañas y la Laguna Negra, también conocida como Yanacocha, con una superficie de 4.613,25 hectáreas, constituyendo uno de los ecosistemas más importantes en el Ecuador (ECOLAP y MAE, 2007). (Ver Anexo A). Además consta de un espejo de agua de 370 hectáreas, con una longitud máxima de tres kilómetros por uno de ancho, una profundidad promedio de 2,3 m y una profundidad máxima de 3,10 m (Madera, 2011).

Diseño del muestreo

Para el monitoreo se establecieron seis puntos de muestreo de suelo y ocho puntos de muestreo de agua y sedimento, registrándose coordenadas UTM mediante un GPS.

Los muestreos de agua y sedimento se llevaron a cabo en la Laguna de Limoncocha así como en sus afluentes superficiales los ríos Pishira y Playayacu, que podrían presentar

presencia de metales, ya sea por acción natural o antropogénica. También se tomó en consideración un punto de muestreo en el río Napo debido a que la Laguna de Limoncocha es de origen fluvial, habiéndose formado por un brazo del río mencionado (Agurto, 2016).

Aguas y Sedimentos (8 puntos de muestro)

En la RBL se tomaron en consideración ocho puntos de muestreo, estos permitieron generar datos representativos para el levantamiento de la Línea Base, dichos puntos se muestran en la tabla 1.

Tabla1. Coordenadas UTM mediante GPS para aguas y sedimentos

NO.	PUNTOS	ESTE	NORTE	msnm
1	Caño	322277	9956972	227
2	Zona Profunda	320450	9955796	227
3	Muelle	319854	9954875	227
4	D. Pishira	321458	9957198	227
5	D. Playayacu	320343	9956403	227
6	Rio Pishira	318816	9959482	230
7	Rio Playayacu	317593	9957681	230
8	Rio Napo	319255	9950769	240

Las muestras de aguas se recolectaron en envases plásticos previamente homogenizados y etiquetados, con capacidad de 1 Litro, para la preservación de la muestra se le añadió 5 mL de ácido nítrico y se refrigeraron a 4°C. Se les transportó en coolers con sus respectivas cadenas de custodia al Laboratorio de Procesos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK. Adicionalmente se realizó muestreos in situ, con la determinación de parámetros físico-químicos (pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Coeficiente Redox y Temperatura). (Anexo B).

Para la recolección de sedimentos, se utilizó un nucleador de acero inoxidable de tipo "core sampler", almacenando las muestras en fundas Ziploc, con capacidad de 1 kg, estas fueron selladas y transportadas en coolers al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK.

Suelos (6 puntos de muestreo)

Las muestras de suelo fueron colectadas en áreas circundantes, que podrían presentar metales ya sea por acción natural o antropogénica, siendo los puntos ubicados en la tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas UTM mediante GPS para suelos

NO.	PUNTOS	ESTE	NORTE	msnm
1	Pozo Antiguo	319303	9954281	228
2	Pozo laguna	322661	9954913	239
3	Pozo Jivino B	320055	9956277	252
4	Instituto	319717	9955425	258
5	Estación	319673	9954996	250
6	Sendero Caimán	320526	9957796	247

Previo a su recolección se debe remover la cobertura vegetal, luego se usa un barrenador, para su almacenamiento se usan fundas Ziploc, con una capacidad de un kg, que luego son selladas y transportadas en coolers al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK (Fig. 1).

Fig. 1 Recolección de muestras

Diseño experimental

La presente investigación tuvo lugar en el Laboratorio de Procesos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, donde se analizó el contenido de metales mediante los métodos de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS), espectrometría de absorción atómica con llama (EAA), en función de cada componente (agua, suelo y sedimentos), cada uno con un procedimiento diferente que se detalla a continuación.

Aguas

Para la preparación de las muestras para su análisis se siguió el procedimiento Standard Methods: 3030E: Nitric Acid Digestion of Metals. Esta técnica de digestión consiste en colocar 100 mL de muestra (volumen inicial Vi) en un vaso de precipitación y añadir 5 mL de ácido nítrico concentrado. El vaso de precipitación se colocó sobre una plancha a 105°C hasta obtener un volumen de muestra de 10 a 20 mL. Una vez terminado el proceso de digestión y con las muestras frías, se enrasaron en un balón aforado de 100 mL (volumen final Vf) (Fig. 2)

Fig.2 Digestión de muestras para agua (Sandar Methods 3030 E)

Para la determinación del contenido de metales en las muestras de agua no es necesario efectuar cálculos debido a que el volumen inicial de disolución (Vi) es igual a su volumen final (Vf), es decir (Vi) = (Vf)

En caso de no ser iguales los volúmenes de disoluciones inicial y final (Vi $\neq$ Vf) fue necesario emplear el siguiente cálculo:

Ec. 1. Cálculo para la determinación de metales en muestras de Agua.

$$DD = \text{Vi/Vf}.$$

Suelos y sedimentos

Las muestras de suelo y sedimento fueron previamente secadas en una estufa por un lapso de 24 horas a una temperatura de 90 °C. Posteriormente se realizó un proceso de molienda con un mortero y pistilo que permitió disgregar los terrones formados en el proceso de secado. Una vez que la muestra posee una textura homogénea se procede a pesarla en una balanza analítica hasta obtener un gramo.

Para la preparación de las muestras para su análisis se siguió el procedimiento EPA: 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. En la digestión de las muestras de suelo y sedimento se colocó el 1 g de muestra previamente secada (Pm) en un matraz Erlenmeyer para seguidamente añadir 5 mL de agua destilada y 5 mL de ácido nítrico concentrado.

El matraz Erlenmeyer se colocó sobre una plancha a 95 °C en un sistema de digestión de reflujo abierto y se procedió a añadir sucesivos volúmenes de 5 mL de peróxido de hidrógeno hasta completar la digestión, la cual se evidenció 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 filtraron mediante un papel filtro cualitativo en un balón aforado de 100 mL (Vf) (Fig. 3)

Fig. 3 Digestión de muestras de suelo y sedimentos

Las concentraciones (Cd) medidas por los distintos métodos de análisis se expresaron en unidades de mg del metal/kg de suelo, realizándose la siguiente transformación:

Ec. 2. Cálculo para la determinación de metales en muestras de Suelo y Sedimento.

$$Cm\ \left(\frac{mg}{Kg}\right) = \frac{Cd\left(\frac{mg}{L}\right) * Vf\ (L)}{Pm\ (g)} * 10^3(\frac{g}{Kg})$$

Equipo de espectrofotometría de absorción atómica simple o llama (EAA).

La técnica de absorción atómica en flama o de llama, consta de lo siguiente: la muestra debe estar en forma líquida, esta es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido. Estas gotas formadas son conducidas a una flama, donde se produce una serie de eventos que originan la formación de átomos, donde son absorbidos cualitativamente por la radiación emitida de la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está dada en función de su concentración. La señal de la lámpara una vez que pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la

línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura (Remache, 2013) (Fig. 4)

Fig. 4 Equipo de Espectrofotometría de absorción atómica simple o llama (EAA).

Equipo de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS).

La técnica de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito, consiste en utilizar el calentamiento dado por resistencia, para obtener una mejora en la sensibilidad del análisis respecto a la atomización por llama. Un atomizador electrotérmico típico está formado por un tubo cilíndrico de grafito de un tamaño aproximado de 1 a 3 cm de longitud y de 3 a 8 mm de diámetro. La atomización se realiza en tres fases, la primera fase consiste, en que la muestra se seca usando una corriente que eleva la temperatura del tubo de grafito hasta unos 110 ºC, quedando un residuo sólido, en la segunda fase, la temperatura aumenta hasta 1200 ºC de forma que todo el material orgánico que pueda existir en la muestra se convierte en CO_2 y H_2O y los materiales inorgánicos volátiles se evaporan, y en la fase final, los metales de la muestra se atomizan por un rápido aumento de la temperatura a 2000-3000 ºC (Buscio et. al, 2009). (Fig. 5)

Fig. 5 Equipo de Espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS)

Fondo Geoquímico

Las concentraciones de fondo geoquímico natural deben representar concentraciones elementales en aguas, suelos y sedimentos sin influencia humana. Las concentraciones de base geoquímica, corresponden a una concentración específica para una zona y tiempo determinado. (Ballesta, Bueno, Rubí & Giménez, 2010)

Cabe mencionar que se correlaciona los resultados con el fondo geoquímico, para lo cual se calcula con la mediana de valores de ciertos puntos donde no exista actividad antropogénica, es decir de puntos donde no ha intervenido el ser humano. Para el caso de aguas, y sedimentos se evalúa el fondo geoquímico del punto "Zona Profunda", y para suelos se evalúa el fondo geoquímico del punto "Sendero del Caimán". (Tabla 3).

Tabla 3. Fondo geoquímico de la Reserva Biológica Limoncocha

Metales	Recurso	Punto	Fondo Geoquímico (mg/kg)
Al	Agua	Zona Profunda	-
	Sedimentos	Zona Profunda	53,595
	Suelos	Sendero el caimán "Blanco"	38,121
Cu	Agua	Zona Profunda	0,021
	Sedimentos	Zona Profunda	100,400
	Suelos	Sendero el caimán "Blanco"	74,560
Fe	Agua	Zona Profunda	0,303
	Sedimentos	Zona Profunda	22,744
	Suelos	Sendero el caimán "Blanco"	21,487
V	Agua	Zona Profunda	0,021
	Sedimentos	Zona Profunda	1,061
	Suelos	Sendero el caimán "Blanco"	0,081

Índice de Geo acumulación

El índice de geo-acumulación (I-geo) propuesto por Müller (1969), es ampliamente utilizado para evaluar la contaminación a través de la relación de la concentración presente, frente a los valores de referencia.

Ec. 3. Índice de Geo-acumulación propuesto por Müller (1969).

$$I - geo = Log_2 \left[\left[\frac{Cs}{1{,}5xBn}\right]\right]$$

El factor 1.5 se aplica para disminuir las variaciones en los valores de fondo ocasionado por el entorno, Cs se refiere a los valores calculados y Bn a los valores de referencia, en este caso se utilizaron valores del fondo geoquímico. En la tabla 4, se señala categorías para su interpretación.

Tabla 4. Categorías de evaluación del Índice de Geo-acumulación

Clase	Indice de Geo-acumulación	Factor de Concentración	Tipificación de la Contaminación
6	I geo ≥ 5	48	Muy fuerte
5	4 < I geo < 5	24 a 28	Fuerte
4	3 < I geo < 4	12 a 24	Fuerte
3	2 < I geo < 3	6 a 12	Moderada
2	1 < I geo < 2	3 a 6	Moderada
1	0 < I geo < 1	1 a 3	Poco Contaminada
0	I geo ≤ 0	0 a 1	No Contaminada

Análisis ANOVA

Es un análisis estadístico para comparar grupos de medidas, con el fin de establecer semejanzas y diferencias entre varios grupos distintos. Además es posible calcular si los valores medios son iguales en los distintos grupos estudiados. El Análisis de la Varianza puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde el conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo. (Otero, Sánchez & Moral, 2005).

Marco Legal

Acuerdo Ministerial 097 A

Se encuentra vigente desde el 04 de noviembre del 2015, cuya reforma corresponde al Texto Unificado de Legislación Secundaria libro VI (TULSMA). Con lo que respecta a los valores máximos permisibles para los parámetros a estudiar en el caso de aguas y suelos, se disponen de las siguientes tablas recuperadas de la misma normativa:

Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (Anexo C)

Tabla 1: Criterios de calidad del suelo (Anexo D)

Decreto Ejecutivo RAOHE 1215

Según el Decreto Ejecutivo RAOHE 1215, en la tabla 4 se representan los límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

Separando en dos puntos

4.a) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas). (Anexo E).

4.b) límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión)

Normativa Internacional para sedimentos

Al no contar con normativa para sedimentos, se decidió realizar un promedio de valores con las siguientes normativas: Normativa Canadiense y la Normativa de Environmental Protection Agency (EPA) (Tabla 5).

Tabla 5. Normativa Internacional de los metales pesados (Al, Cu, Fe, V), en aguas suelos y sedimentos.

METALES	NORMATIVA EPA ARCS (MG/KG)	NORMATIVA CANADÁ CCME (MG/KG)	PROMEDIO NORMATIVAS INTERNACIONALES (MG/KG)
AL	-	-	-
CU	49,98	35,7	42,84
FE	-	-	-
V	-	-	-

Resultados

Aguas

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas durante el periodo del 2015-2016. Sin embargo en la Tabla

7, se señala los resultados de agua en el periodo 2016-2017. Por lo que se realiza una interpretación gráfica de estos resultados (Anexo F)

Tabla 6. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/L) en muestras de agua de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2015-2016.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Vanadio (mg/L)
Caño	Abril	N.D.	0,0132	*	*
	Junio	N.D.	0,0275	0,3410	0,0168
	Septiembre	N.D.	0,0206	0,3490	0,0105
	Octubre	N.D.	0,0109	0,2140	0,0630
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,3480	0,0300
	Diciembre	N.D.	N.D.	0,4010	0,0210
	Enero	N.D.	0,0224	*	0,0010
	Febrero	N.D.	0,0055	*	*
	Marzo	N.D.	0,0110	0,3380	N.D.
	Abril	N.D.	0,0407	0,0920	N.D.
Desembocadura Pishira	Abril	N.D.	0,0065	0,6960	N.D.
	Junio	N.D.	0,0357	0,6300	N.D.
	Septiembre	N.D.	N.D.	1,1260	N.D.
	Octubre	N.D.	0,0142	0,7260	0,0341
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,9740	0,0340
	Diciembre	N.D.	0,0015	1,0050	N.D.
	Enero	N.D.	0,0211	1,5450	N.D.
	Febrero	N.D.	0,0175	*	*
	Marzo	N.D.	N.D.	1,1230	N.D.
	Abril	N.D.	0,0180	0,5530	N.D.
	Abril	N.D.	0,0123	0,0070	0,0125
Desembocadura Playa Yacu	Junio	N.D.	0,0328	*	N.D.
	Septiembre	N.D.	0,0267	0,0040	N.D.
	Octubre	N.D.	0,0073	0,0040	N.D.
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,0020	N.D.
	Diciembre	N.D.	0,0009	0,0040	N.D.
	Enero	N.D.	0,0225	0,0010	N.D.
	Febrero	N.D.	0,0078	0,7990	0,1049
	Marzo	N.D.	0,0039	0,0010	0,0398
	Abril	N.D.	0,0281	*	*
	Abril	N.D.	0,0142	0,0300	0,1450
	Junio	N.D.	0,0436	0,1800	0,0320

Zona más profunda laguna	Septiembre	N.D.	0,0411	0,0300	N.D.
	Octubre	N.D.	0,0020	0,0300	N.D.
	Noviembre	N.D.	0,0063	0,0200	N.D.
	Diciembre	N.D.	0,0047	0,0100	N.D.
	Enero	N.D.	0,0070	0,0700	N.D.
	Febrero	N.D.	0,0203	0,0090	*
	Marzo	N.D.	N.D.	0,8140	N.D.
	Abril	N.D.	0,0213	0,8040	0,1178
Muelle	Abril	N.D.	0,0152	0,3570	0,0544
	Junio	N.D.	0,0203	0,3080	0,1590
	Septiembre	N.D.	0,0241	*	0,0480
	Octubre	N.D.	0,0077	0,2310	N.D.
	Noviembre	N.D.	0,0021	0,2280	N.D.
	Diciembre	N.D.	0,0080	*	*
	Enero	N.D.	0,0048	*	N.D.
	Febrero	N.D.	0,0230	0,3590	0,1448
	Marzo	N.D.	0,0147	0,3230	0,0802
	Abril	N.D.	0,0170	0,9010	0,0494
Río Napo	Abril	N.D.	0,0191	*	0,2350
	Junio	N.D.	0,0358	0,6320	0,1340
	Septiembre	N.D.	0,0081	1,3040	0,0550
	Octubre	N.D.	0,0220	0,7440	0,0590
	Noviembre	N.D.	0,0252	1,1550	0,0120
	Diciembre	N.D.	0,0126	0,6740	0,0020
	Enero	N.D.	N.D.	*	N.D.
	Febrero	N.D.	0,0185	0,9850	0,0392
	Marzo	N.D.	0,0139	*	0,0303
	Abril	N.D.	0,0265	1,1780	0,1820
Río Pishira	Abril	N.D.	0,0346	*	*
	Junio	N.D.	0,0503	0,9576	0,0216
	Septiembre	N.D.	0,0132	0,8030	0,0041
	Octubre	N.D.	0,0177	0,7440	0,0022
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,6700	0,0015
	Diciembre	N.D.	0,0097	0,4940	0,0019
	Enero	N.D.	N.D.	0,3470	0,0001
	Febrero	N.D.	0,0117	0,3390	0,0010
	Marzo	N.D.	0,0101	1,1700	0,0049
	Abril	N.D.	0,0224	1,4990	0,0115
Playa Yacu	Abril	N.D.	0,0003	*	*
	Junio	N.D.	0,0478	0,5900	0,0174
	Septiembre	N.D.	0,0285	0,6470	0,0051

Octubre	N.D.	0,0029	0,5600	0,0039
Noviembre	N.D.	0,0025	0,2760	0,0035
Diciembre	N.D.	0,0088	0,6600	0,0037
Enero	N.D.	0,0097	0,0810	0,0053
Febrero	N.D.	0,0171	28,0860	0,0597
Marzo	N.D.	0,0088	0,1600	0,0054
Abril	N.D.	0,0144	*	0,1028

Tabla 7. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/L) en muestras de agua de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2016-2017.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Vanadio (mg/L)
Caño	Septiembre	N.D.	0,0283	0,2530	0,0616
	Octubre	N.D.	N.D.	0,3930	0,0229
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,2890	0,0177
	Diciembre	N.D.	0,0282	1,0350	0,0108
	Enero	N.D.	N.D.	0,9270	0,0067
	Febrero	N.D.	N.D.	0,5360	0,0047
	Marzo	N.D.	0,0094	0,7720	0,0114
	Abril	N.D.	0,0153	0,8810	0,0053
	Mayo	N.D.	0,0194	0,7820	0,0051
Desembocadura Pishira	Septiembre	N.D.	0,0024	0,1920	0,0396
	Octubre	N.D.	0,0006	0,2140	0,0188
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,4200	0,0148
	Diciembre	N.D.	N.D.	*	0,0000
	Enero	N.D.	0,0020	0,6820	0,0059
	Febrero	N.D.	N.D.	0,6340	0,0038
	Marzo	N.D.	0,0048	*	0,0003
	Abril	N.D.	N.D.	0,4530	0,0050
	Mayo	N.D.	0,0004	0,6830	0,0028
	Septiembre	N.D.	0,0010	*	0,0292
	Octubre	N.D.	N.D.	*	0,0000
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,4970	0,0166
	Diciembre	N.D.	N.D.	0,7210	0,0139

Desembocadura Playa Yacu	Enero	N.D.	N.D.	0,7880	0,0072
	Febrero	N.D.	N.D.	0,5880	0,0020
	Marzo	N.D.	N.D.	0,5230	0,0150
	Abril	N.D.	N.D.	0,9250	0,0060
	Mayo	N.D.	N.D.	0,2180	0,0040
Zona más profunda laguna	Septiembre	N.D.	0,1004	0,0640	0,0348
	Octubre	N.D.	0,0418	0,4530	0,0212
	Noviembre	N.D.	0,1007	0,3030	0,0124
	Diciembre	N.D.	0,0150	1,0320	0,0091
	Enero	N.D.	0,0230	0,6150	0,0117
	Febrero	N.D.	0,0237	0,5930	0,0049
	Marzo	N.D.	0,0148	0,4520	0,0352
	Abril	N.D.	0,0303	0,9556	0,0056
	Mayo	N.D.	0,0266	0,7170	0,0035
Muelle	Septiembre	N.D.	0,0167	0,4570	0,0317
	Octubre	N.D.	0,0071	0,1700	0,0242
	Noviembre	N.D.	0,0091	0,3320	0,0359
	Diciembre	N.D.	N.D.	*	0,0000
	Enero	N.D.	0,0001	0,0460	0,0088
	Febrero	N.D.	N.D.	0,5730	0,0020
	Marzo	N.D.	N.D.	N.D.	0,0014
	Abril	N.D.	0,0042	0,9580	0,0048
	Mayo	N.D.	0,0024	0,5340	0,0004
Río Napo	Septiembre	N.D.	0,0070	0,1290	0,0669
	Octubre	N.D.	0,0113	0,3690	0,0241
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,3510	0,0238
	Diciembre	N.D.	0,0013	0,5330	0,0109
	Enero	N.D.	N.D.	0,8220	0,0366
	Febrero	N.D.	0,0001	0,0720	0,0040
	Marzo	N.D.	0,0030	0,0320	0,0090
	Abril	N.D.	0,0042	0,5570	0,0067
	Mayo	N.D.	N.D.	0,8290	0,0044
	Septiembre	N.D.	N.D.	0,4330	0,0431

Río Pishira	Octubre	N.D.	0,0048	0,3590	0,0216
	Noviembre	N.D.	0,0033	N.D.	0,0209
	Diciembre	N.D.	0,0015	0,7000	0,0098
	Enero	N.D.	N.D.	0,9730	0,0179
	Febrero	N.D.	0,0143	0,7130	0,0043
	Marzo	N.D.	0,0068	0,7990	0,0221
	Abril	N.D.	0,0082	0,9670	0,0077
	Mayo	N.D.	0,0043	0,5870	0,0038
R. Playa Yacu	Septiembre	N.D.	N.D.	0,3920	0,0277
	Octubre	N.D.	N.D.	0,3560	0,0351
	Noviembre	N.D.	N.D.	0,5490	0,0144
	Diciembre	N.D.	N.D.	0,9620	0,0121
	Enero	N.D.	N.D.	0,9020	0,0107
	Febrero	N.D.	N.D.	0,7800	0,0061
	Marzo	N.D.	N.D.	0,8010	0,0033
	Abril	N.D.	N.D.	0,8370	0,0105
	Mayo	N.D.	N.D.	0,7400	0,0058
*** Mes no tomado. + Punto cerrado.** **N.D. no detectable por el método utilizado**					

Sedimentos

En las Tablas 8 y 9, se muestran los resultados del análisis de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en sedimentos durante el periodo del 2015-2017. Por lo que se realiza una representación gráfica de los resultados (Anexo G)

Tabla 8. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/kg) en muestras de sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2015-2016.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
	Abril	52,940	102,600	17,553	0,479
	Junio	29,176	142,600	24,981	1,252
	Septiembre	63,932	59,100	25,030	0,971
	Octubre	45,096	85,700	21,757	0,901

Caño	Noviembre	56,653	131,000	20,229	0,582
	Diciembre	53,765	63,900	24,724	0,924
	Enero	47,302	75,000	25,443	1,297
	Febrero	42,523	80,600	25,454	1,274
	Marzo	45,564	77,800	*	*
	Abril	*	76,200	*	*
Desembocadura Pishira	Abril	53,562	71,000	21,840	0,517
	Junio	47,872	98,200	23,480	1,195
	Septiembre	45,672	76,400	24,713	1,043
	Octubre	42,526	80,700	23,894	1,117
	Noviembre	30,252	116,600	24,152	1,445
	Diciembre	36,400	130,900	23,844	1,020
	Enero	36,658	64,600	22,287	1,037
	Febrero	41,076	71,700	24,308	0,860
	Marzo	40,200	67,000	*	*
	Abril	42,888	64,000	*	*
Desembocadura Playa Yacu	Abril	34,178	106,500	16,732	0,690
	Junio	26,672	93,500	23,165	0,810
	Septiembre	35,872	51,100	22,543	1,007
	Octubre	26,752	66,000	23,678	0,865
	Noviembre	29,645	61,600	25,703	1,297
	Diciembre	38,278	76,500	26,153	1,114
	Enero	35,762	61,800	*	*
	Febrero	31,235	76,000	*	*
	Marzo	28,456	52,200	*	*
	Abril	40,245	59,200	*	*
Zona más profunda laguna	Abril	*	*	*	*
	Junio	*	*	*	*
	Septiembre	45,084	120,500	25,745	1,093
	Octubre	*	*	*	*
	Noviembre	53,425	61,900	20,706	0,688
	Diciembre	77,847	113,800	24,692	1,258

	Enero	43,753	111,600	22,840	0,728
	Febrero	66,991	110,100	24,289	1,208
	Marzo	60,844	100,700	*	*
	Abril	75,746	108,500	*	*
Muelle	Abril	46,281	133,100	21,237	0,683
	Junio	57,672	*	*	*
	Septiembre	48,562	62,600	*	*
	Octubre	45,572	91,500	21,178	0,683
	Noviembre	36,278	132,900	23,810	1,317
	Diciembre	40,672	72,200	23,516	1,024
	Enero	41,362	128,600	23,961	1,095
	Febrero	38,562	132,200	*	*
	Marzo	47,672	90,000	*	*
	Abril	42,886	91,200	*	*
Río Napo	Abril	36,563	120,300	21,847	0,076
	Junio	31,672	104,700	23,287	0,080
	Septiembre	38,672	51,200	22,089	0,089
	Octubre	28,762	56,700	21,716	0,071
	Noviembre	29,763	19,300	19,531	0,047
	Diciembre	35,982	53,000	21,595	0,060
	Enero	33,764	19,600	*	*
	Febrero	37,723	46,900	*	*
	Marzo	34,934	62,200	*	*
	Abril	29,652	33,100	*	*
	Abril	38,283	86,300	18,485	0,047
Río Pishira	Junio	37,162	101,500	23,986	0,095
	Septiembre	45,872	31,200	21,409	0,077
	Octubre	36,234	45,800	23,623	0,099
	Noviembre	38,342	48,400	23,446	0,111
	Diciembre	38,764	27,200	22,694	0,083
	Enero	34,762	56,800	*	*
	Febrero	37,342	54,300	24,675	0,114
	Marzo	33,672	58,500	*	*
	Abril	29,562	160,300	*	*
	Abril	27,273	80,900	20,659	0,077
	Junio	25,362	120,700	24,343	0,124
	Septiembre	28981,000	44,700	23,198	0,084

Playa Yacu	Octubre	18,652	65,600	24,160	0,119
	Noviembre	19,624	45,400	22,909	0,103
	Diciembre	18,982	33,200	21,335	0,082
	Enero	20,672	50,500	*	*
	Febrero	27,982	22,200	*	*
	Marzo	24,981	52,400	*	*
	Abril	28,872	45,300	*	*

*** Mes no tomado. + Punto cerrado.**

N.D. no detectable por el método utilizado

Tabla 9. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/kg) en muestras de sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2016-2017.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
Caño	Septiembre	52,940	91,350	20,258	0,616
	Noviembre	29,176	86,690	23,414	1,110
	Enero	63,932	88,390	20,605	0,991
	Marzo	45,096	93,530	22,786	1,375
	Mayo	56,653	85,780	20,672	0,954
Desembocadura Pishira	Septiembre	42,526	89,360	19,227	0,726
	Noviembre	30,252	80,890	22,396	0,719
	Enero	36,400	83,070	21,969	0,630
	Marzo	36,658	73,320	21,378	1,067
	Mayo	36,358	81,540	20,562	0,867
Desembocadura Playa Yacu	Septiembre	28,077	40,330	18,865	0,326
	Noviembre	22,735	65,050	19,273	0,562
	Enero	26,514	87,430	23,402	0,686
	Marzo	32,283	82,470	21,624	0,721
	Mayo	35,564	86,540	22,783	0,556
Zona más profunda laguna	Septiembre	72,866	88,690	19,773	1,001
	Noviembre	53,765	90,310	22,647	1,002
	Enero	47,302	97,040	22,569	1,056
	Marzo	42,523	100,100	20,929	1,086
	Mayo	45,564	85,540	26,477	1,067
Muelle	Septiembre	44,084	95,000	18,758	4,852
	Noviembre	41,076	90,090	22,438	1,088
	Enero	40,200	96,790	21,320	1,843

	Marzo	42,888	97,460	21,590	0,908
	Mayo	40,567	93,560	21,734	1,895
Río Napo	Septiembre	27,099	78,870	16,814	0,352
	Noviembre	33,938	91,300	20,140	0,769
	Enero	29,516	75,270	19,787	0,565
	Marzo	39,069	83,890	19,266	0,807
	Mayo	35,545	84,540	29,167	1,844
Río Pishira	Septiembre	35,587	60,230	18,098	0,571
	Noviembre	39,873	80,300	23,313	0,883
	Enero	37,511	75,220	22,066	0,742
	Marzo	33,120	72,700	21,133	0,731
	Mayo	37,547	74,540	20,672	0,520
R. Playa Yacu	Septiembre	51,409	73,860	19,674	0,747
	Noviembre	22,735	85,100	22,760	0,669
	Enero	24,240	68,700	20,708	0,645
	Marzo	17,772	77,480	21,624	0,743
	Mayo	20,458	78,560	20,672	0,730
*** Mes no tomado. + Punto cerrado. N.D. no detectable por el método utilizado**					

Suelos

En las Tablas 10 y 11, se muestran los resultados del análisis de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en suelos durante el periodo del 2015-2017. Por lo que se realiza una representación gráfica de los resultados (Anexo H)

Tabla 10. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/kg) en muestras de suelos de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2015-2016.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
Pozo Antiguo	Abril	*	*	*	*
	Junio	42,223	219,900	25,072	0,096
	Septiembre	33,581	113,400	23,218	0,101
	Octubre	*	42,800	*	0,000
	Noviembre	*	40,800	22,912	0,065

	Diciembre	*	*	*	*
	Enero	20,746	37,900	*	*
	Febrero	24,218	43,900	21,341	0,040
	Marzo	30,632	34,800	21,756	0,058
	Abril	42,524	43,400	21,134	0,046
Pozo Laguna	Abril	*	*	*	*
	Junio	27,707	196,500	23,320	0,075
	Septiembre	32,180	108,900	22,905	0,064
	Octubre	36,604	51,600	20,765	0,027
	Noviembre	38,834	73,400	22,757	0,080
	Diciembre	*	*	*	*
	Enero	*	58,300	*	*
	Febrero	38,739	40,700	22,054	0,028
	Marzo	34,344	38,400	20,242	0,012
	Abril	34,061	26,400	19,837	0,013
Pozo Jivino B	Abril	*	*	*	*
	Junio	34,224	283,000	19,991	0,029
	Septiembre	41,264	82,400	19,672	0,018
	Octubre	34,921	41,300	19,255	0,013
	Noviembre	35,834	23,100	17,759	0,096
	Diciembre	*	*	*	*
	Enero	*	*	*	*
	Febrero	36,965	22,300	18,292	0,072
	Marzo	*	+	*	*
	Abril	*	+	*	*
Instituto	Abril	*	*	*	*
	Junio	24,062	175,800	20,673	0,024
	Septiembre	26,731	85,100	21,427	0,048
	Octubre	28,668	40,900	20,083	0,031
	Noviembre	*	*	*	*
	Diciembre	31,711	29,000	19,751	0,023
	Enero	*	25,300	*	*
	Febrero	*	31,400	20,321	0,024
	Marzo	31,145	31,800	20,002	0,032
	Abril	34,284	23,000	19,711	0,029

Estación	Abril	*	*	*	*
	Junio	54,963	296,000	23,054	0,072
	Septiembre	26,175	123,400	20,496	0,029
	Octubre	31,293	53,000	21,441	0,067
	Noviembre	*	47,000	*	*
	Diciembre	*	37,000	*	*
	Enero	*	42,100	*	*
	Febrero	21,406	40,700	21,571	0,065
	Marzo	30,869	49,000	21,334	0,068
	Abril	20,911	58,500	21,047	0,050
Sendero "El Caimán" Blanco	Abril	*	77,700	*	*
	Junio	30,829	306,600	20,133	0,057
	Septiembre	41,562	121,800	22,253	0,062
	Octubre	30,676	74,300	22,181	0,076
	Noviembre	*	50,200	*	*
	Diciembre	33,731	91,400	21,721	0,041
	Enero	35,14	68,700	23,475	0,085
	Febrero	*	60,300	*	*
	Marzo	35,863	63,700	22,754	0,054
	Abril	36,305	59,600	22,533	0,061

*** Mes no tomado. + Punto cerrado.**
N.D. no detectable por el método utilizado

Tabla 11. Valores de las concentraciones de los metales pesados Al, Cu, Fe, y V (mg/kg) en muestras de suelos de la Reserva Biológica Limoncocha, en el periodo 2016-2017.

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
Pozo Antiguo	Septiembre	55,129	73,390	19,307	0,570
	Noviembre	39,879	71,520	20,202	0,466
	Enero	45,722	71,350	20,497	0,570
	Marzo	49,551	62,710	19,654	0,565
	Mayo	47,568	68,540	18,267	0,538
	Septiembre	37,468	72,470	17,572	0,542

Pozo Laguna	Noviembre	26,228	78,090	20,611	0,375
	Enero	25,879	74,490	19,447	0,413
	Marzo	34,631	56,730	18,152	0,304
	Mayo	36,549	67,570	19,271	0,394
Pozo Jivino B	Septiembre	55,734	50,980	13,321	0,191
	Noviembre	54,827	88,570	21,895	0,760
	Enero	38,283	41,290	16,737	0,128
	Marzo	45,034	67,420	17,954	0,244
	Mayo	49,235	59,250	20,782	0,240
Instituto	Septiembre	51,215	57,690	15,597	0,376
	Noviembre	36,779	61,780	19,773	0,518
	Enero	44,764	51,340	18,928	0,234
	Marzo	22,156	43,530	15,790	0,194
	Mayo	37,739	48,560	17,289	0,360
Estación	Septiembre	53,067	55,420	15,712	0,290
	Noviembre	33,587	35,290	14,411	0,149
	Enero	34,313	38,020	15,686	0,154
	Marzo	34,771	65,430	18,277	0,386
	Mayo	38,632	45,560	17,872	0,140
Sendero "El Caimán" Blanco	Septiembre	46,476	78,910	19,079	0,863
	Noviembre	56,767	80,430	20,231	0,708
	Enero	43,718	79,930	21,252	0,803
	Marzo	39,937	64,330	19,389	0,676
	Mayo	48,362	74,560	20,156	0,733
*** Mes no tomado. + Punto cerrado.** **N.D. no detectable por el método utilizado**					

Resultados con el índice de Geo-acumulación (IG) para Sedimentos.

Se realiza el análisis con el índice de geo-acumulación para determinar el estado de contaminación de la RBL, para cada punto se realizó el análisis por mes (Anexo I); y con un promedio de los valores obtenidos nos señala el IG, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de Aluminio con el Índice de Geo-acumulación

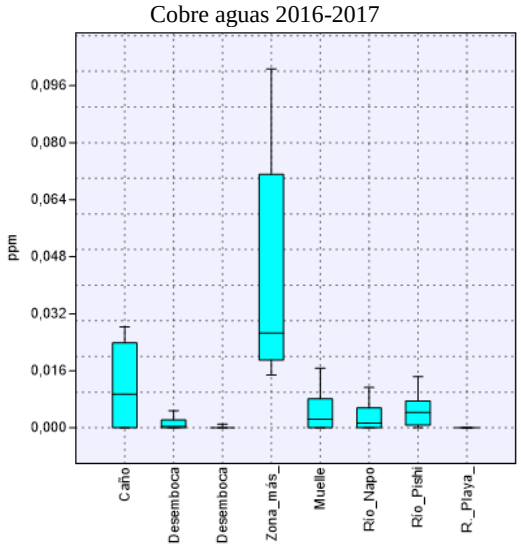
Punto	Índice de Geo-acumulación			
	Aluminio	**Cobre**	**Hierro**	**Vanadio**
Caño	-0,80	-0,76	-0,67	-0,70
D. Pishira	-1,15	-0,89	-0,69	-1,01
D. Playayacu	-1,49	-1,11	-0,69	-1,53
Z. Profunda	-0,65	-0,82	-0,61	-0,61
Muelle	-0,95	-0,67	-0,69	0,14
Río Napo	-0,29	-0,87	-0,70	-1,1
Rio Pishira	-1,13	-1,06	-0,72	-1,23
Rio Playayacu	-1,67	-0,98	-0,72	-1,17

Los resultados obtenidos de los metales en las muestras de agua, suelo y sedimento fueron analizados con la ayuda del programa PAST (2001) utilizando ANOVA, análisis estadístico y diagrama de caja y bigotes.

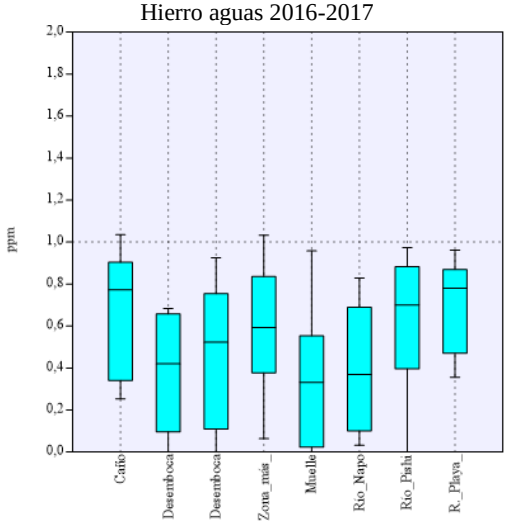
Análisis Diagrama de Caja y Bigotes (PAST)

Con la ayuda del programa PAST, se pudo determinar el diagrama de caja y bigotes, en los diferentes recursos (Agua, suelos y sedimentos). A continuación se señala el análisis del diagrama de caja y bigotes por recursos.

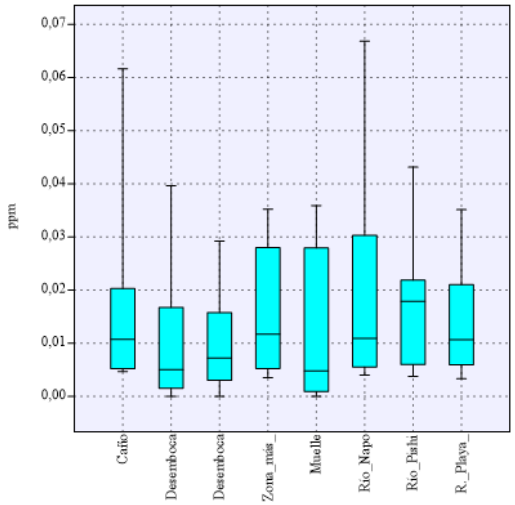
Recurso: Agua



Hierro aguas 2016-2017

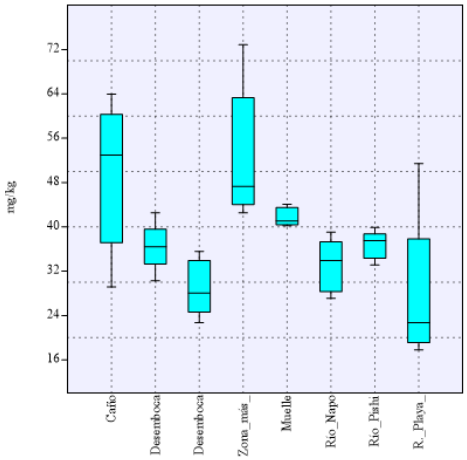


Vanadio agua 2016-2017

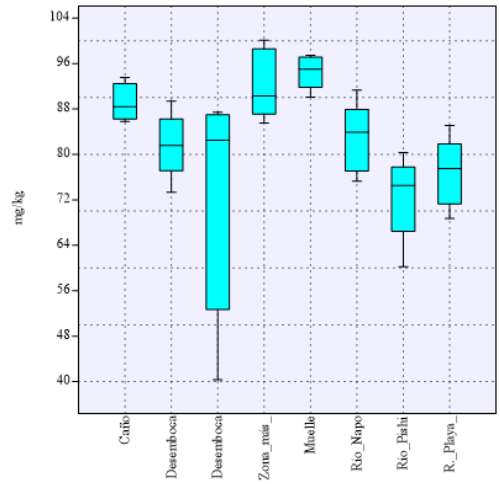


Recurso: Sedimentos

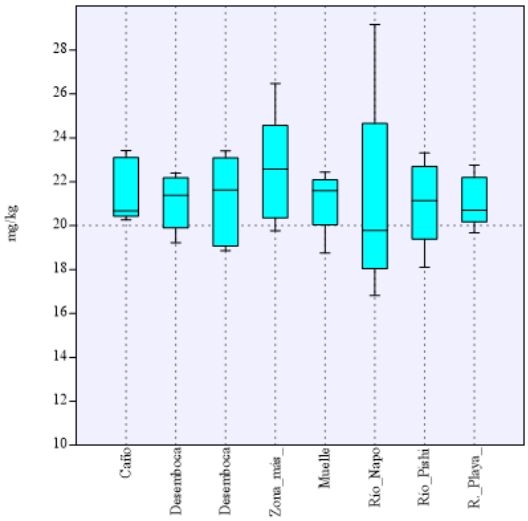
Aluminio Sedimento 2016-2017



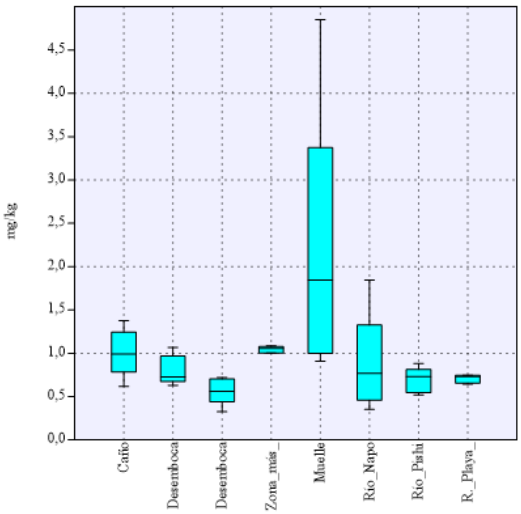
Cobre Sedimentos 2016-2017



Hierro sedimentos 2016-2017

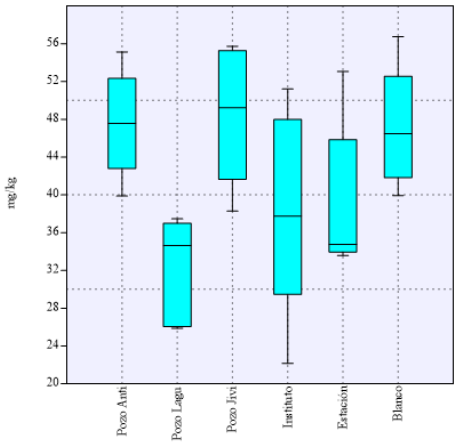


Vanadio Sedimentos 2016-2017

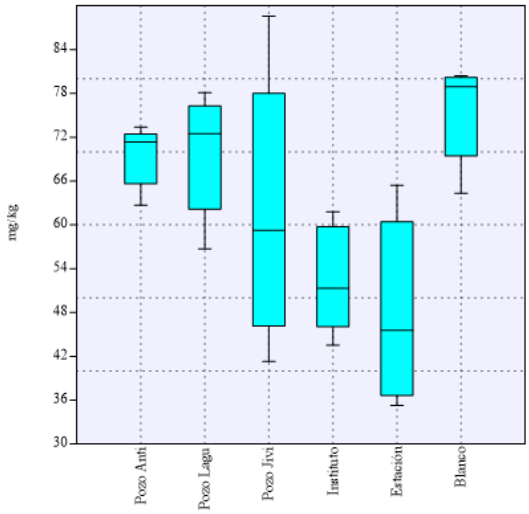


Recurso: Suelos

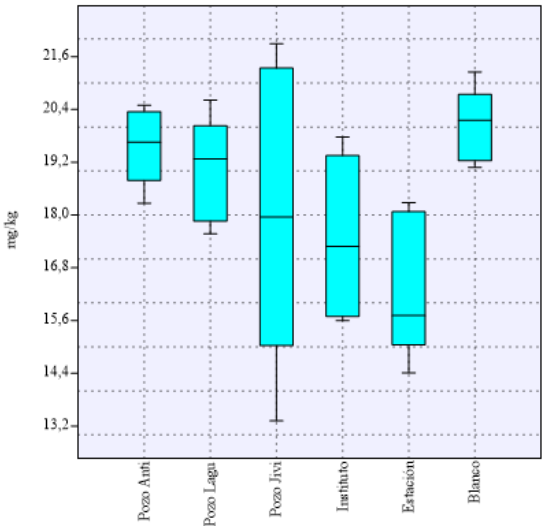
Aluminio Suelos 2016-2017

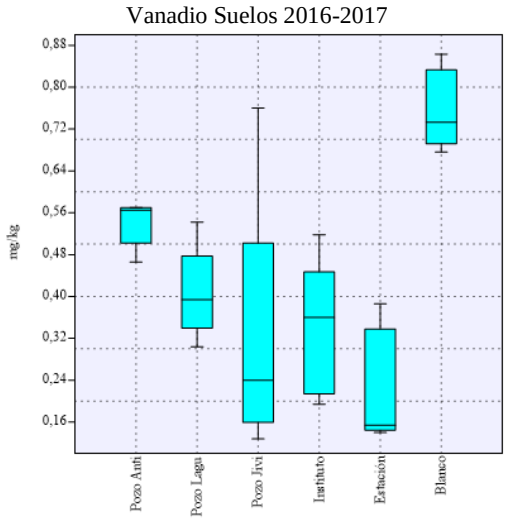


Cobre Suelos 2016-2017



Hierro Suelos 2016-2017





Análisis ANOVA

A continuación, se señala en la tabla 13, 14, 15, 16 el análisis de ANOVA en los diferentes recursos (Agua, suelos y sedimentos) por cada metal estudiado.

Tabla 13. Análisis ANOVA para Aluminio.

Recurso	ANOVA Al						
Sedimento	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	2888,539	7	412,648371	5,626407	0,000270325	2,31274119
	Dentro de los grupos	2346,924	32	73,341364			
	Total	5235,462	39				
Suelo	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	1095,545	5	219,108953	3,872698	0,010272791	2,62065415
	Dentro de los grupos	1357,869	24	56,5778571			
	Total	2453,413	29				

Tabla 14. Análisis ANOVA para Cobre

Recurso	ANOVA Cu						
Agua	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	0,012369	7	0,00176703	10,1491	1,7943E-08	2,15642397
	Dentro de los grupos	0,011143	64	0,00017411			
	Total	0,023512	71				
Sedimento	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	2605,323	7	372,189	4,798608	0,000887833	2,31274119
	Dentro de los grupos	2481,98	32	77,56187			
	Total	5087,303	39				
Suelo	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	2931,935	5	586,387051	5,305248	0,002015933	2,62065415
	Dentro de los grupos	2652,711	24	110,529623			
	Total	5584,646	29				

Tabla 15. Análisis ANOVA para Hierro

Recurso	ANOVA Fe						
Agua	*Origen de las variaciones*	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	1,197318	7	0,17104541	1,942175	0,077230849	2,15642397
	Dentro de los grupos	5,636415	64	0,08806898			
	Total	6,833733	71				

Recurso	ANOVA Fe						
	Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Sedimento	Entre grupos	8,419774	7	1,20282488	0,220092	0,977892218	2,31274119
	Dentro de los grupos	174,8832	32	5,46510005			
	Total	183,303	39				
	Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Suelo	Entre grupos	46,7801	5	9,35601923	2,730029	0,043296068	2,62065415
	Dentro de los grupos	82,24984	24	3,4270767			
	Total	129,0299	29				

Tabla 16. Análisis ANOVA para Vanadio

Recurso	ANOVA V						
	Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Agua	Entre grupos	0,000804	7	0,00011488	0,56643	0,78036918	2,15642397
	Dentro de los grupos	0,01298	64	0,00020282			
	Total	0,013785	71				
	Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
	Entre grupos	4,479539	7	0,63993414	1,436418	0,225435044	2,31274119
	Dentro de los grupos	14,25622	32	0,4455068			
Sedimento	Total	18,73576	39				
	Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Suelo	Entre grupos	0,924113	5	0,18482261	10,22328	2,4307E-05	2,62065415
	Dentro de los grupos	0,433886	24	0,0180786			

Recurso	ANOVA V						
	Total	1,357999	29				

Discusión de Resultados

En las muestras de aguas tomadas en los diferentes meses (2016-2017) no se detectó aluminio en aguas, debido a que se encontraban valores por debajo del límite de detección del equipo de absorción atómica con horno de grafito, ya que el límite de detección del equipo es de 1 ppb (µg/L), por lo que no se obtuvieron resultados, y no se pudo realizar ningún tipo de análisis.

Al realizar el análisis en Aluminio para sedimento, se debe señalar que hasta el momento no se encuentra una normativa internacional comparable con los valores obtenidos, pero si se puede hacer referencia al nivel del Fondo Geoquímico (53,595 mg/kg), para el periodo 2015-2016 existen dos puntos que superan este nivel Zona profunda y Muelle. Sin embargo en el periodo del 2016-2017 se supera el nivel de fondo geoquímico en dos puntos Caño y Zona Profunda (ver Anexo G). Para suelos, de la misma manera, se compararon los valores obtenidos con el nivel del fondo geoquímico (38,121 mg/kg) sin que las concentraciones excedan este nivel, en el periodo 2016-2017, se ve que en el mes de septiembre todos los puntos superan el nivel del fondo geoquímico (ver Anexo H).

La concentración de cobre en el agua, del punto zona profunda supera el Límite Máximo Permisible (LMP) que establece la Normativa Ambiental Vigente "A. M. 097 A" cuyo valor es de 0,005 ppm, generando valores de 0,100 ppm en los meses de Septiembre y Noviembre en el periodo 2016-2017 (ver Anexo F), en lo que respecta a sedimentos se utiliza normativas internacionales para su comparación, debido a que el Ecuador no cuenta con una

normativa de sedimentos, se utilizó la normativa EPA, normativa de Canadá "CCME", teniendo un valor promedio de 42,84 mg/kg, el Fondo Geoquímico es de 100,4 ppm, es decir supera la Normativa de forma natural, pero son muy pocos los puntos que superan el nivel de Fondo Geoquímico (ver Anexo G). Para suelos en el mes de junio del periodo 2015-2016, todos superan el nivel del Fondo Geoquímico, y para el periodo 2016-2017 existen dos puntos que sobrepasan el nivel del fondo geoquímico Jivino B y Sendero del Caimán. Todos los puntos superan los límites máximos permisibles establecidos por la normativa A.M. 097 (ver Anexo H).

Para las concentraciones de hierro en el agua, en el punto Rio Playayacu, en el mes de Febrero en el periodo 2015-2016, existe un valor anómalo que supera el Límite Máximo Permisible (LMP) que establece la Normativa Ambiental Vigente "A. M. 097 A" cuyo valor es de 0,3 ppm, al igual que el fondo geoquímico es de 0,3 ppm (ver Anexo F), en lo que respecta a sedimentos no se encuentra normativas internacionales, pero si se pudo evaluar con el fondo geoquímico (22,744 mg/kg), por lo que todos los punto en sus diferentes meses mantienen un valor que excede no muy notoriamente el nivel del fondo geoquímico. (Anexo G). Para suelos de igual manera se mantiene valores inferiores al nivel del fondo geoquímico en el periodo 2015-2017 (ver Anexo H).

Las concentraciones de vanadio en el agua, no superaron en ninguno de los puntos el LMP establecido por la normativa RAOHE 1215 cuyo valor es de 1 ppm, pero en el mes de septiembre todos los puntos superan el nivel de Fondo Geoquímico en el periodo 2016-2017 (ver Anexo F), para sedimentos y suelos no se ha encontrado una normativa Nacional ni Internacional para su comparación por lo que se utiliza el nivel de Fondo Geoquímico, en el periodo 2015-2016, se evidencia que existen puntos que sobrepasan el nivel del fondo

geoquímico en los puntos Caño, D. Pishira, D. Playayacu, Pozo Laguna y Muelle, en cambio para el periodo 2016-2017 el único punto que sobrepasa el nivel de fondo geoquímico es el Muelle en el mes de septiembre (ver Anexo G), Para suelos en el periodo 2015-2016, se observan pocos puntos que sobrepasan el nivel del fondo geoquímico, sin embargo en el periodo 2016-2017, todos los valores se encuentran sobre el nivel del fondo geoquímico (ver Anexo H).

Se establecieron los valores de las concentraciones de los fondos geoquímicos por medio de métodos directos, para aguas, sedimentos y suelos. A través de puntos de menor interferencia humana, para aguas y sedimentos se utilizó el punto de Z. Profunda y para suelos se usa el punto de Sendero del Caimán. Para la obtención de los resultados se basa en la inclusión de valores del periodo 2015-2017. A continuación se señalan estos valores:

El fondo geoquímico de aluminio en sedimentos y suelos en la RBL es de 53,595 mg/kg y 38,121 mg/kg; El fondo geoquímico de cobre en aguas, sedimentos y suelos en la RBL es de 0,0213mg/L, 100,40 mg/kg y 74,56 mg/kg, respectivamente; El fondo geoquímico de hierro en aguas, sedimentos y suelos en la RBL es de 0,303 mg/L, 22,744 mg/kg y 21,487 mg/kg; El fondo geoquímico de vanadio en aguas, sedimentos y suelos en la RBL es de 0,02123 mg/L, 1,061 mg/kg y 0,081 mg/kg.

Conclusiones

Se implementó y validó la metodología desarrollada en el presente proyecto de investigación para monitorear y muestrear aguas, suelos y sedimentos en la RBL que permitió determinar la concentración de Aluminio, Cobre, Hierro y Vanadio.

La concentración de Cobre en aguas, y suelos supera el límite máximo permisible de la normativa comparada A.M. 097A. Al igual que los sedimentos supera los valores máximos permisibles de normativas internacionales.

La concentración de Hierro en aguas, supera el límite máximo permisible de la normativa comparada A.M. 097A.

La concentración de vanadio en aguas y en suelos no superó el límite máximo permisible de la normativa comparada A.M. 097A.

El análisis de varianza realizado de las concentraciones de Al en sedimentos y suelos fue menor a 0,05; por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Al en dichos recursos.

El análisis de varianza realizado de las concentraciones de Cu en aguas, sedimentos y suelos fue menor a 0,05; por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Cu en dichos recursos.

El análisis de varianza realizado de las concentraciones de Fe en aguas, y suelos fue menor a 0,05; por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Fe en dichos recursos. Sin embargo para sedimentos es mayor a 0,05; por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, es decir no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Fe.

El análisis de varianza realizado de las concentraciones de V en suelos fue menor a 0,05; por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir son significativos los cambios de variación de las concentraciones de V en dichos recursos. Sin embargo para aguas, y sedimentos es mayor a 0,05; por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, es decir no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de vanadio.

Basándose en Müller, en el índice de geo-acumulación no se detectó ninguna acumulación por parte de los metales pesados estudiados en los sedimentos de la laguna.

Los valores obtenidos de las concentraciones de los metales estudiados servirán para la elaboración de una línea base que ayude a futuro en la realización de investigaciones en la Reserva biológica Limoncocha, como la caracterización Ambiental de la Laguna.

Los puntos que se utilizaron para determinar los valores de niveles de fondo Geoquímico denominados puntos blancos por lo que no existe ninguna actividad del ser humano, como es el caso del Sendero “El Caimán” específicamente se debe mencionar que en este punto las actividades antropogénicas se encuentra relativamente cerca del mismo, por lo que se debería considerar un nuevo “punto blanco”.

Referencia bibliográfica

Agurto, D. (2016). *"Evaluación de la concentración de mercurio, aluminio y cobre en aguas, suelos y sedimentos de la reserva biológica limoncocha para establecer la línea base, 2015-2016"* . Quito.

Amatrain, M. (2000). *Efectos del exceso de hierro sobre la saud.* Toronto-Canada.

Armas M., Lasso S. (2011). Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha. Obtenido de: http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+manejo+de+la+Reserva+Limoncocha.pdf/bf9eb887-e71f-4d35-bb0a-019fc8ac9432

Ballesta R., Bueno P., Rubí J. & Giménez R. (2010). Niveles de fondo geoquímico e influencia del marco geológico en las concentraciones edafogeoquímicas de base de suelos seleccionados de Castilla-La Mancha. *Estudios Geológicos, 66(1)*

Bravo E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. pp. 1-61

Buscio, V; Álvarez, M.D. & Gutiérrez M.C. (2009). "Determinación de metales pesados en tejidos mediante espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotérmica". Recopilado el 6 de Marzo del 2016 de http://upcommons.upc.edu/.

ECOLAP y MAE. (2007). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM.* . Quito, Ecuador.

El Universal (2017). Día Mundial del Agua: gotas sin desperdicio. obtenido de http://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2017/03/20/dia-mundial-del-agua-gotas-sin-desperdicio

Eróstegui, S. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Limoncocha. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.*

Gómez, R. (1995). *Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la amazonía peruana.* Iquitos : Instituto de Investigaciones de la amazonía Peruana.

Granero, A. (2015). *cobre.*

Huaranga , F., Méndez , E., Quilcat , V., & Huaranga , F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria*, 235-247.

Lenntech. (mayo de 2017). *Propiedades químicas del Vanadio - Efectos del Vanadio sobre la salud - Efectos ambientales del Vanadio*. Obtenido de http://www.lenntech.es/periodica/elementos/v.htm

Lilian, A. (2000). *Contaminación Ambiental. Origen, Clases, Fuentes y Efectos - BVSDE.*

López, F. (2013). Determinación de metales pesados en el medio biótico y abiótico en tres cuerpos de agua receptores de los efluentes del Complejo Industrial Shushufindi (CIS). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

Madera, Roberto. (2011). "Monitoreo De Caimanes (Alligatorinae): Aplicación En Estudios Poblacionales En La Laguna De Limoncocha, Provincia De Sucumbíos". Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental. UISEK. Pg. 21-24.

Orellana J. (2005). Contaminación (Tema 2). *Ingeniería Sanitaria UTN-FRRO*. pp1-27. Obtenido de

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_02_Contaminacion.pdf

Otero J., Sánchez A. & Moral A. (2005). Análisis de la varianza (ANOVA). Obtenido de: https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf

Remache, Ana. (2013). "Validación de métodos para el análisis de metales en diferentes matrices por espectrofotometría de absorción atómica". Tesis de grado para la obtención del título de ingeniera química. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

SNAP. (2015). Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sitios Ramsar . Obtenido de Ministerio del Ambiente: http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/sitios-ramsar

TULSMA (2015). Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria.

Trujillo G. & Torres-M. (2015).Niveles de contaminación en tres sectores de Villavicencio, a traves del índice de geo-acumulacion (I-feo)

Veyrunes, E. (2008). *Las amenazas percibidas para la Amazonía: un estado del arte en términos de seguridad ambiental.* Colombia: Universidad del Rosario.

Vullo D. (2003). Microorganismos y Metales Pesados. *Revista Química Viva* No. 2, pp 1-17

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Anexos

Anexo A:

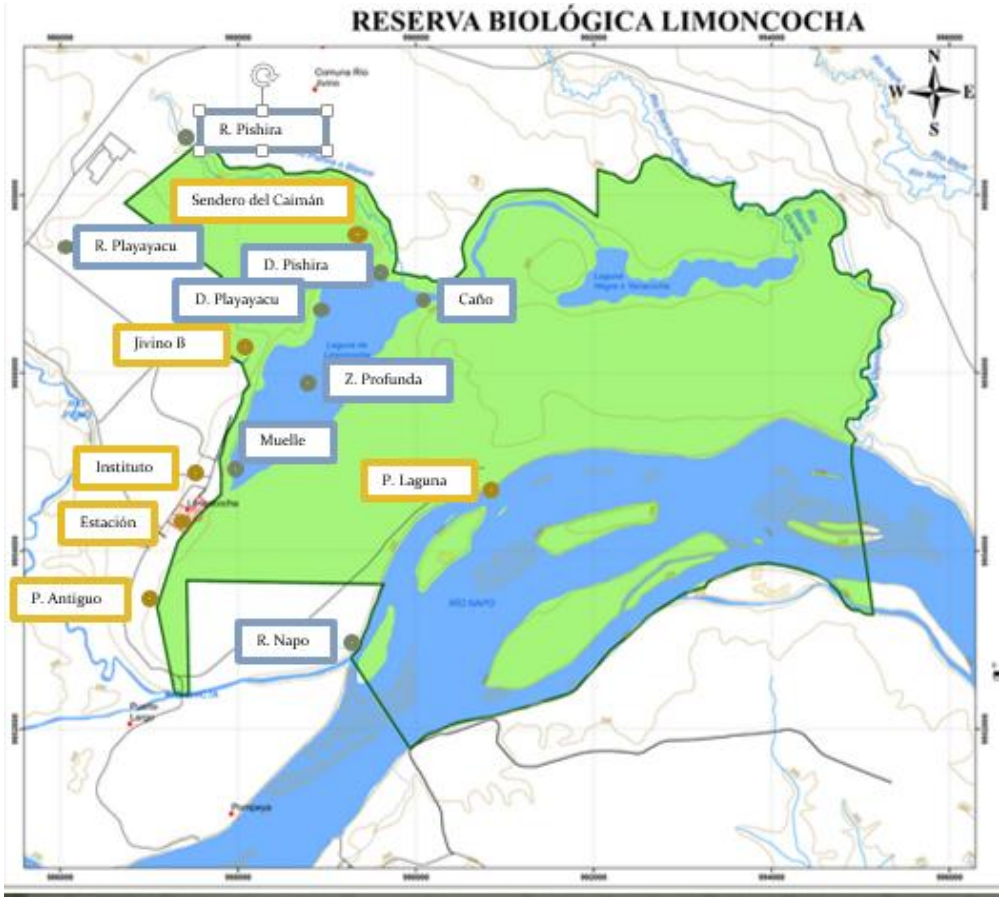


Fig. 1: Mapa de Ubicación con los puntos de muestreo en aguas, sedimentos y suelos.

(MAE, 2011), Modificado por Ochoa

Anexo B:

Parámetros Fisicoquímicos (pH, Eh, Temperatura, Conductividad, Oxígeno disuelto)

Location	Sample_Date	pH	Eh	Temp	Cond	O2
Caño	23/09/2016	**7,61**	283,5	**28,3**	**161,8**	9,28
Zona Profunda	23/09/2016	**9,44**	192,1	**29,2**	**183,1**	16,22
Muelle	23/09/2016	**7,58**	204,2	**28,8**	**170,1**	3,1
D. Pishira	23/09/2016	**8,32**	258,9	**28,1**	**168,1**	10,54
D. Playayacu	23/09/2016	**9,1**	166	**29,5**	**169,2**	15,27

Rio Pishira	23/09/2016	**7,39**	232,8	**26,9**	**95,7**	6,32
Rio Playayacu	23/09/2016	**7,6**	234,4	**25**	**113,2**	6,58
Rio Napo	23/09/2016	**7,35**	237,3	**25,7**	**78,5**	7,48
Caño	29/10/2016	**7,22**	272,3	**26,9**	**152,6**	6,63
Zona Profunda	29/10/2016	**8,31**	211,4	**29,4**	**179,5**	6,71
Muelle	29/10/2016	**8,35**	275,4	**30**	**165,6**	8,85
D. Pishira	29/10/2016	**8,44**	196	**26,7**	**165,4**	8,28
D. Playayacu	29/10/2016	**8,59**	185,7	**29,2**	**165,9**	9,51
Rio Pishira	29/10/2016	**7,66**	221,1	**25,3**	**96,3**	6,45
Rio Playayacu	29/10/2016	**7,57**	197,5	**26,5**	**111,3**	5,89
Rio Napo	29/10/2016	**7,81**	261	**26,2**	**80,4**	7
Caño	19/11/2016	**7,77**	292,9	**29,7**	**157,7**	5
Zona Profunda	19/11/2016	**8,66**	209	**30,5**	**166,3**	9,78
Muelle	19/11/2016	**8,53**	197,7	**31,4**	**166,1**	9,11
D. Pishira	19/11/2016	**8,65**	199,6	**29,7**	**161,6**	10,29
D. Playayacu	19/11/2016	**8,9**	167	**29,9**	**214,6**	9,86
Rio Pishira	19/11/2016	**7,87**	236	**25**	**116,4**	6,27
Rio Playayacu	19/11/2016	**7,48**	231,3	**25,25**	**119**	5,65
Rio Napo	19/11/2016	**7,18**	288,7	**24**	**66,8**	7,36
Caño	03/12/2016	**8,15**	284,9	**29,6**	**159,5**	4,61
Zona Profunda	03/12/2016	**8,33**	203	**27,8**	**171,4**	7,22
Muelle	03/12/2016	**7,83**	224,9	**27,5**	**166,6**	5,6
D. Pishira	03/12/2016	**8,66**	218	**28,2**	**154,5**	7,52
D. Playayacu	03/12/2016	**8,34**	2,18	**27,6**	**174,8**	6,82
Rio Pishira	03/12/2016	**7,61**	237,1	**24**	**115,8**	6,89
Rio Playayacu	03/12/2016	**7,29**	233,5	**26**	**117,3**	5,32
Rio Napo	03/12/2016	**7,09**	291,2	**25**	**59,6**	7,55
Caño	21/01/2017	**6,8**	374,4	**28**	**110,3**	5,46
Zona Profunda	21/01/2017	**7,15**	316,2	**27,8**	**116,9**	4,88
Muelle	21/01/2017	**7,11**	292,6	**28,5**	**108,5**	5,03
D. Pishira	21/01/2017	**8,57**	344,8	**26,9**	**116,1**	5,43
D. Playayacu	21/01/2017	**7,59**	308,9	**27,6**	**188,3**	3,91
Rio Pishira	21/01/2017	**8,23**	322,1	**24,8**	**103,3**	6,52
Rio Playayacu	21/01/2017	**8,16**	248,7	**24,9**	**123,8**	5,95
Rio Napo	21/01/2017	**8,35**	340,9	**24,7**	**97,9**	7,37
Caño	28/02/2017	**7,38**	321,9	**28,5**	**122,8**	7,7
Zona Profunda	28/02/2017	**7,46**	289,5	**29,4**	**133,3**	7,11
Muelle	28/02/2017	**7,61**	287,1	**29,6**	**128**	2,67
D.Pishira	28/02/2017	**7,71**	284,9	**25,5**	**135,1**	8,4
D.Playayacu	28/02/2017	**7,85**	218,9	**25,7**	**134,5**	5,63

Río Pishira	28/02/2017	**7,69**	265,3	**28,1**	**115**	6,51
Río Playayacu	28/02/2017	**7,42**	309,9	**25,8**	**117,7**	5,82
Río Napo	28/02/2017	**7,87**	278,2	**25,3**	**74**	7,22
Caño	30/03/2017	**7,17**	309,5	**27,1**	**114,6**	4,89
Zona Profunda	30/03/2017	**8,03**	319,3	**28,6**	**126,3**	13,15
Muelle	30/03/2017	**7,99**	297,8	**23,1**	**126,8**	11,39
D.Pishira	30/03/2017	**7,27**	304,8	**27,5**	**112,2**	3,32
D.Playayacu	30/03/2017	**7,79**	287,3	**30**	**125,2**	9,9
Río Pishira	30/03/2017	**7,42**	255,5	**25**	**80,2**	6,34
Río Playayacu	30/03/2017	**7,34**	322,1	**25,4**	**103,3**	6,81
Río Napo	30/03/2017	**7,48**	359,3	**24,3**	**71,7**	7,19

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

Anexo C

Tabla 2 del AM 097 A. Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario.

PARAMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Aguas dulce	Aguas marinas y de estuario
Aluminio[1]	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total[2]	NH3	mg/l	-	0, 4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN^-	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl_2	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles[3]		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0, 1	0, 1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 80
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10, 0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6,5 - 9	6,5 - 8,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO_2^-	mg/l	0,2	
Nitratos	NO_3^-	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO_5	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

[1] Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l
[2] Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para aguas dulce
[3] Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l

Anexo D

Tabla 1 del AM 097 A: Criterios de calidad de suelo

Parámetros inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

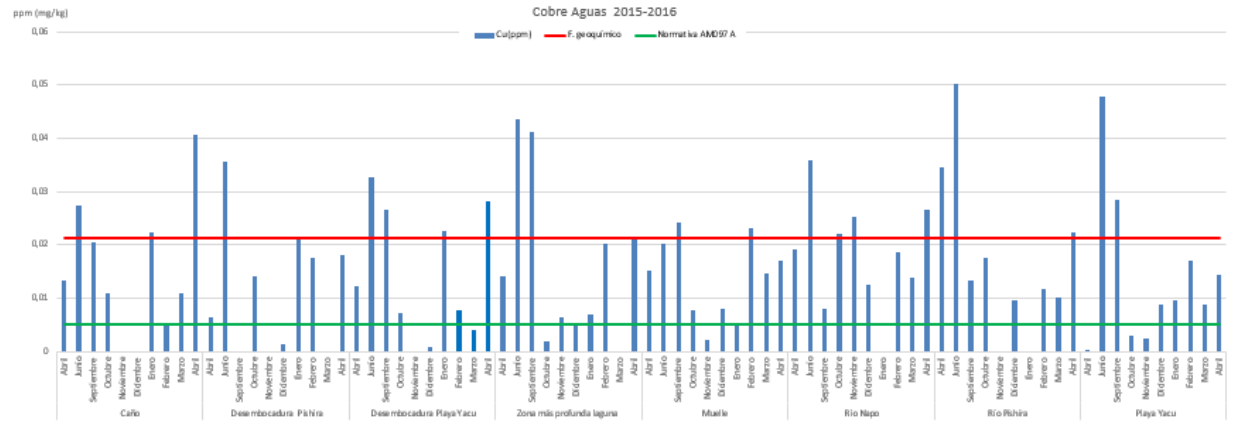
Anexo E

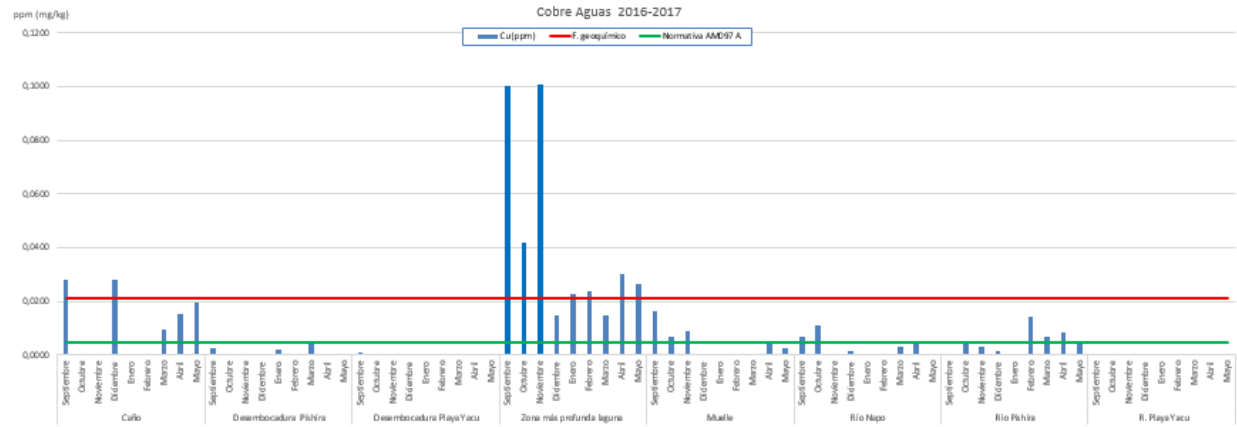
Tabla 4.b límites permisibles en el punto de descarga de efluentes

a) EFLUENTE (punto de descarga)					
Parámetro	**Expresado en**	**Unidad**	**Valor límite permisible[1)]**	**Promedio anual[2)]**	**Destino de descarga**
Potencial hidrógeno	pH	---	5<pH<9	5.0<pH<9.0	Todos
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	<2500	<2000	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<15	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<30	<20	Mar abierto
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80	Continente
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<350	<300	Mar abierto
Sólidos totales	ST	mg/l	<1700	<1500	Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3	Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8	Todos
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)[3)]	NH_4-N	mg/l	<20	<15	Todos
Fenoles[3)]		mg/l	<0.15	<0.10	Todos

Anexo F

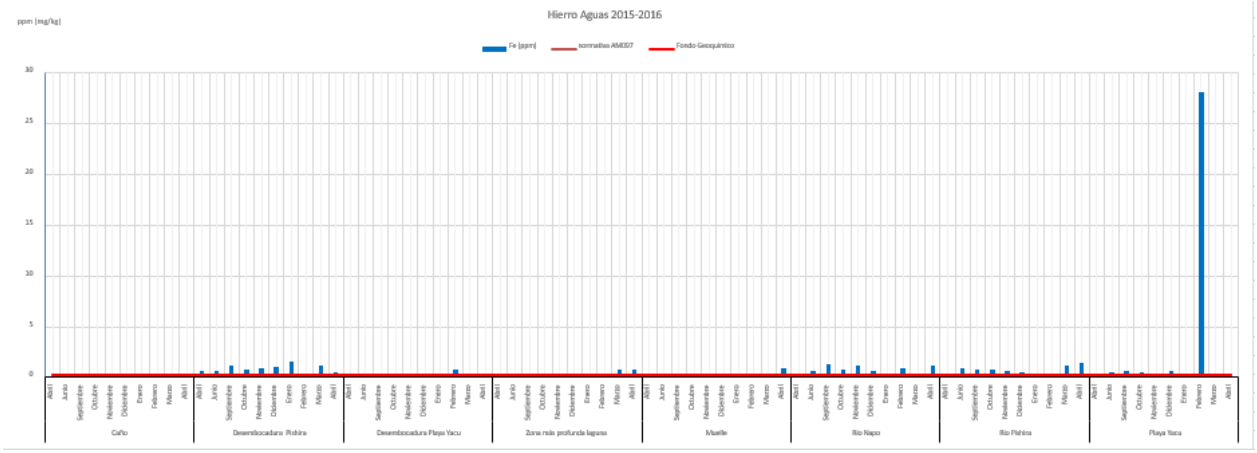
Aguas Cobre

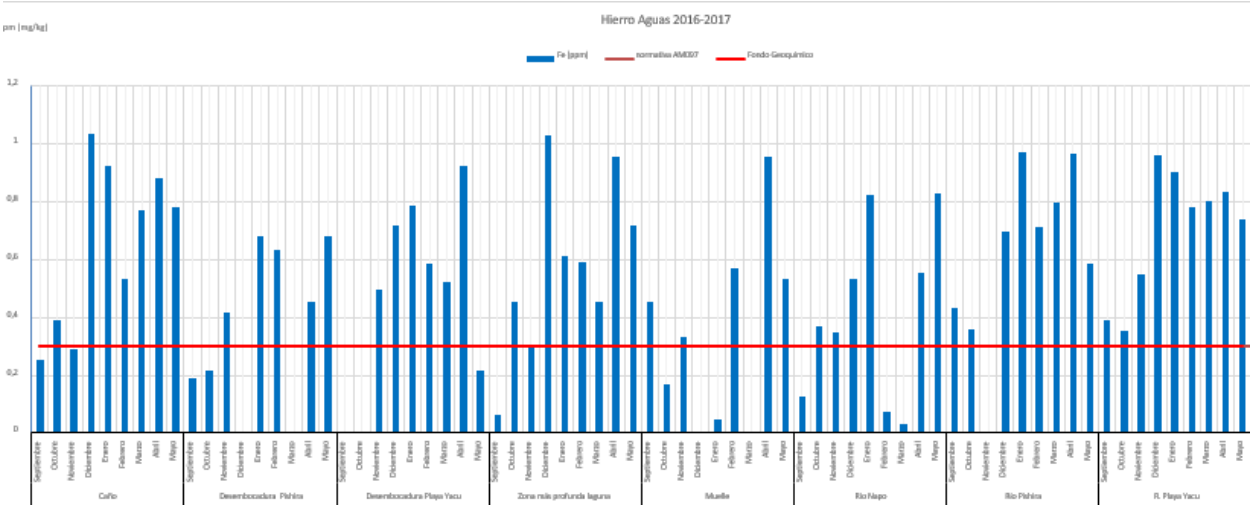




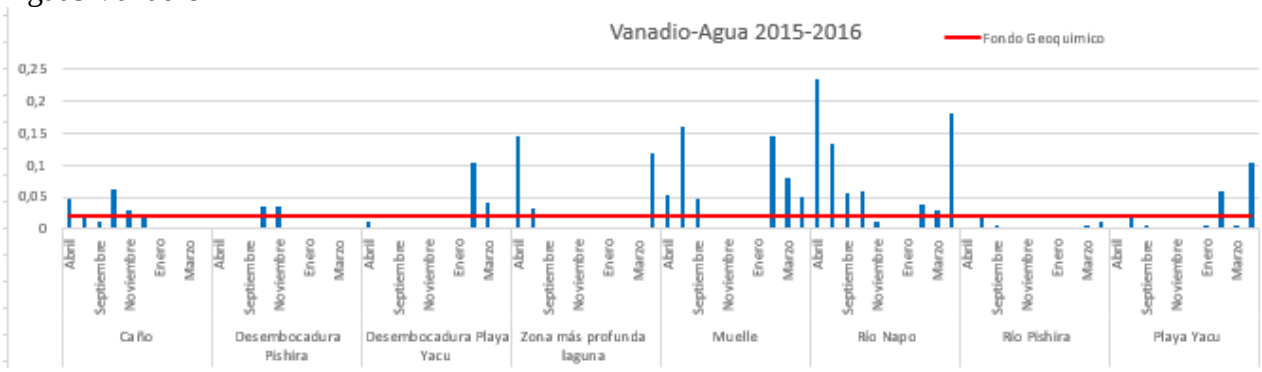
Evaluación de la concentración de aluminio, cobre, hierro y vanadio en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha, para establecer la línea base 2015-2017, con fines de conservación y preservación.

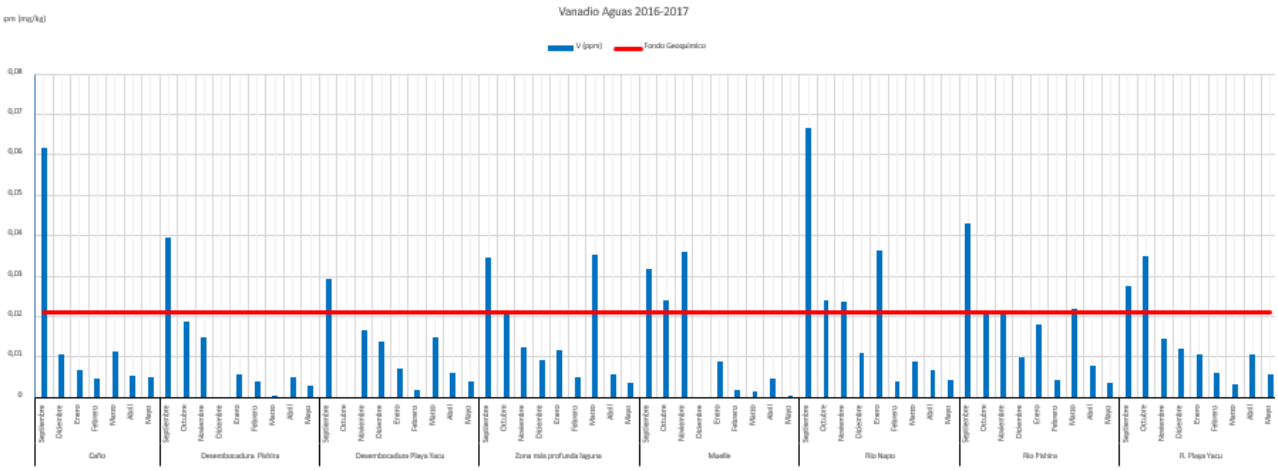
Aguas Hierro





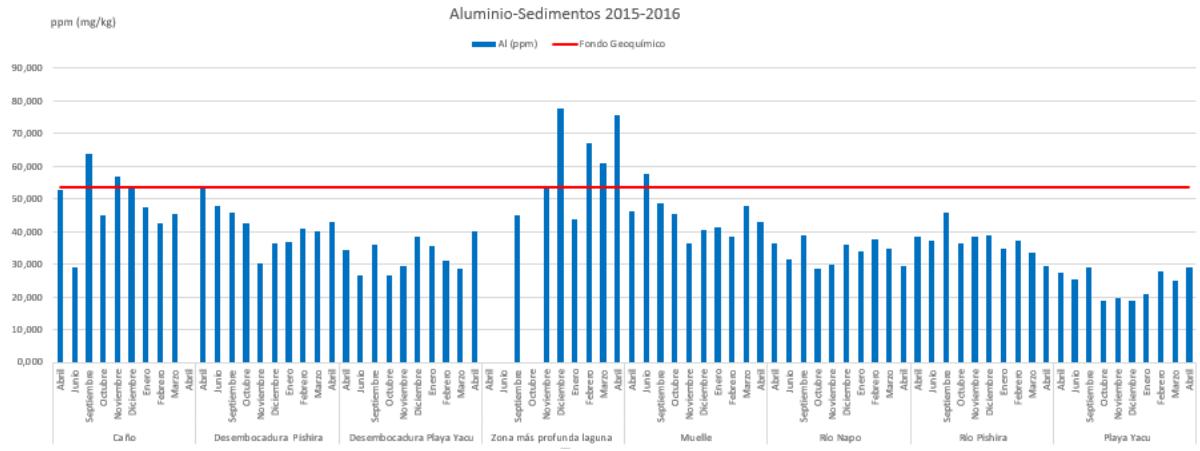
Aguas Vanadio

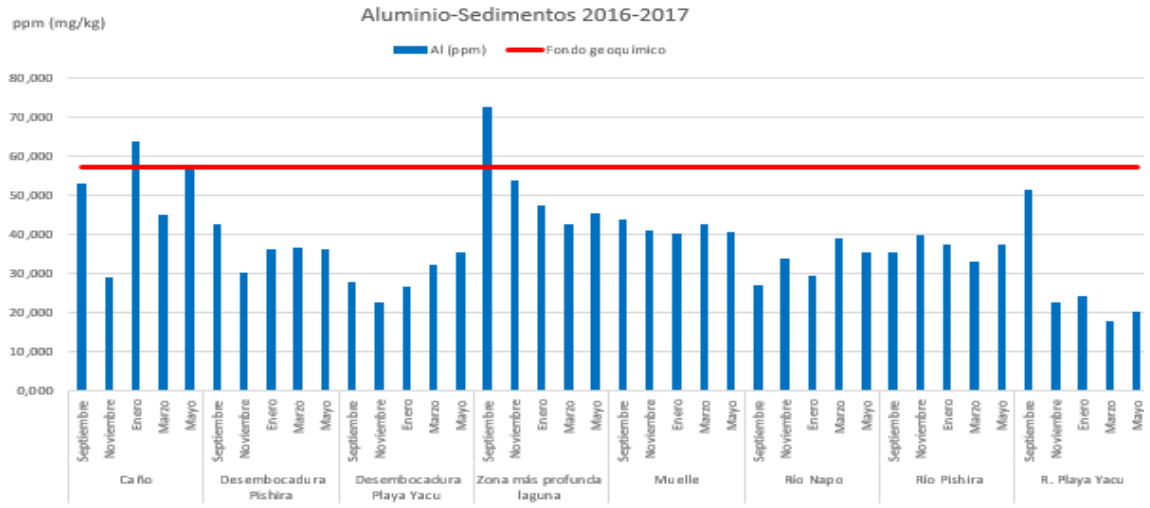




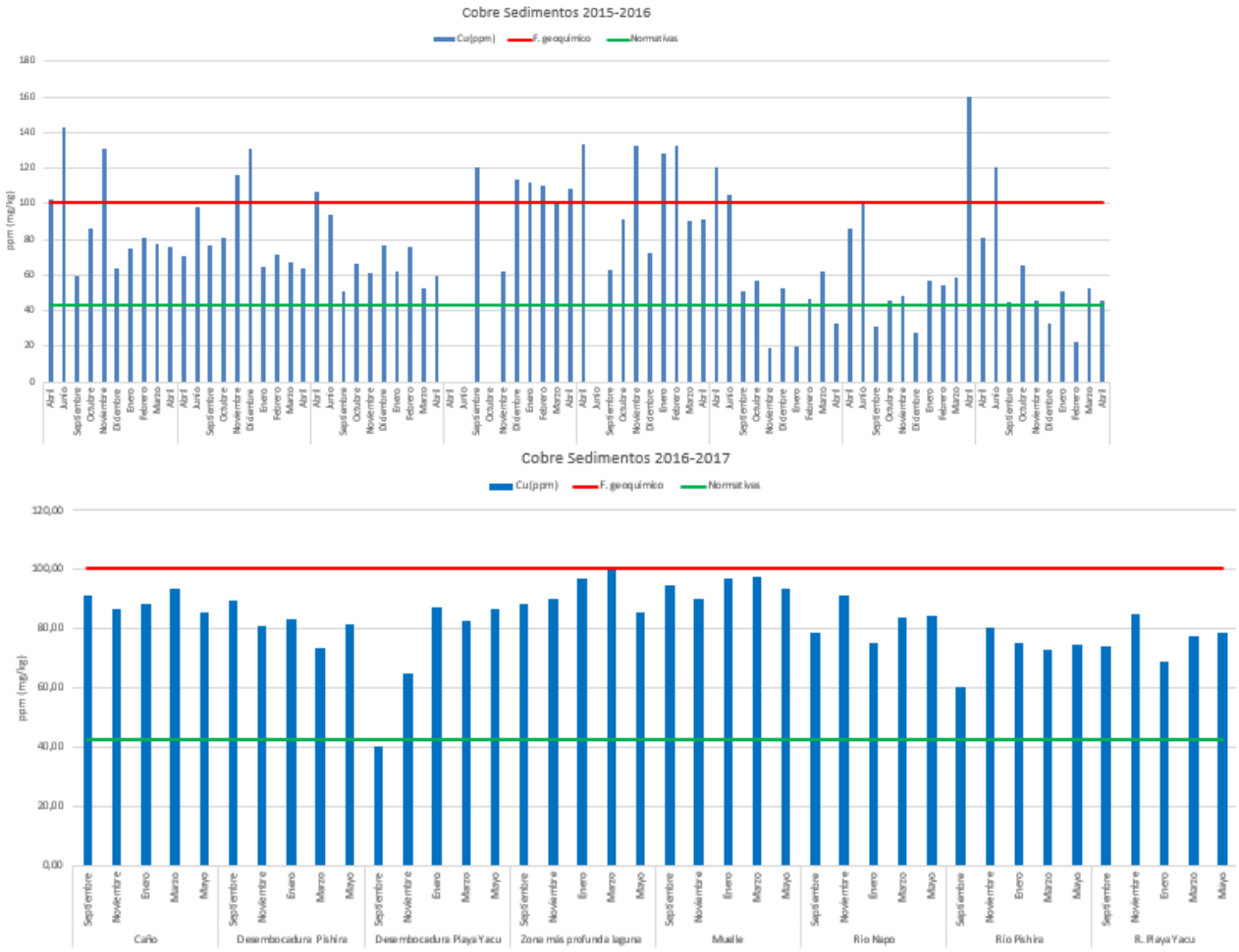
Anexo G

Sedimentos Aluminio

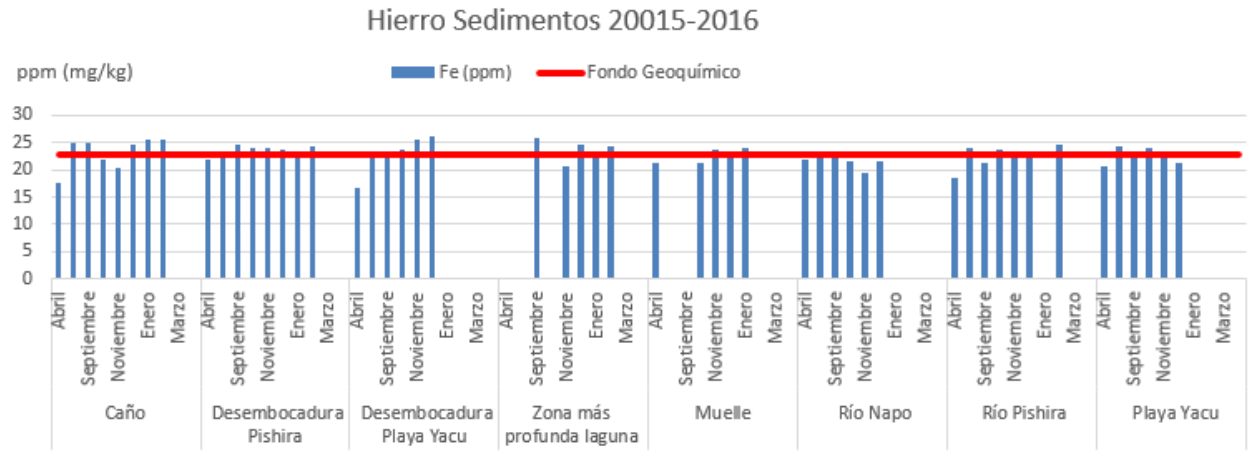


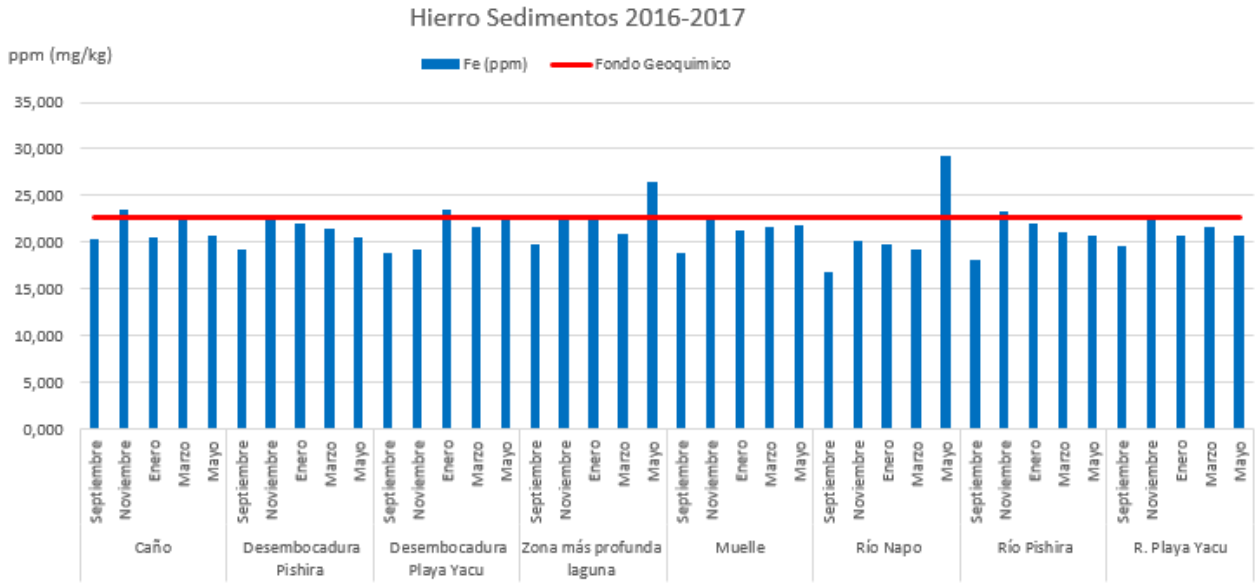


Sedimentos Cobre

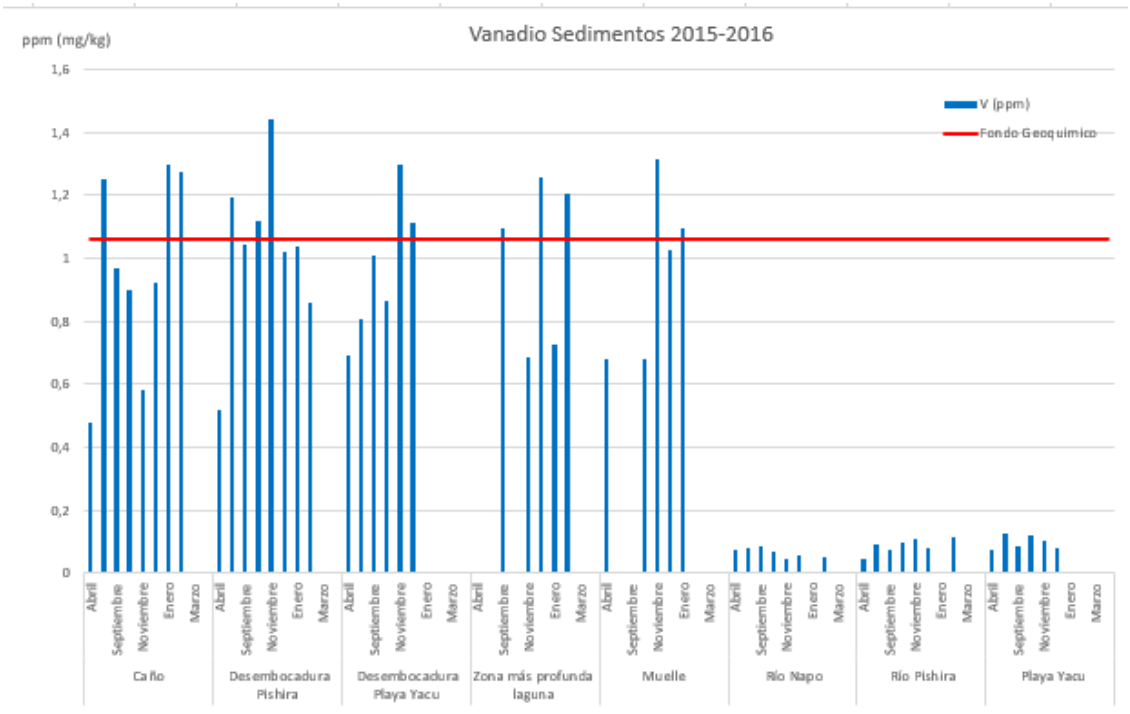


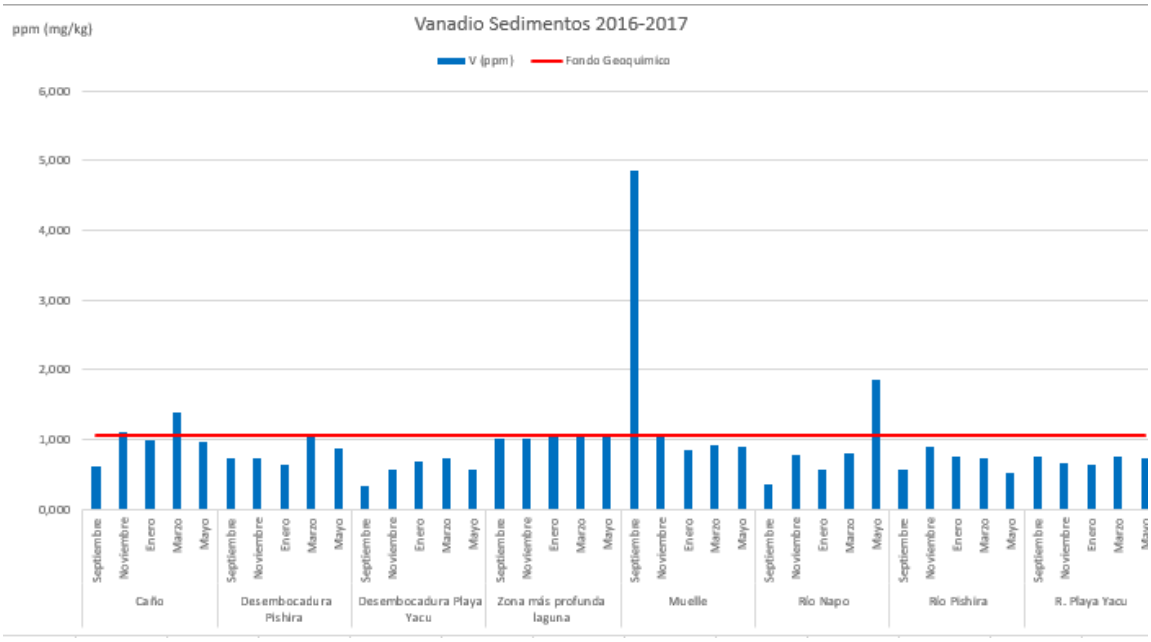
Sedimentos Hierro





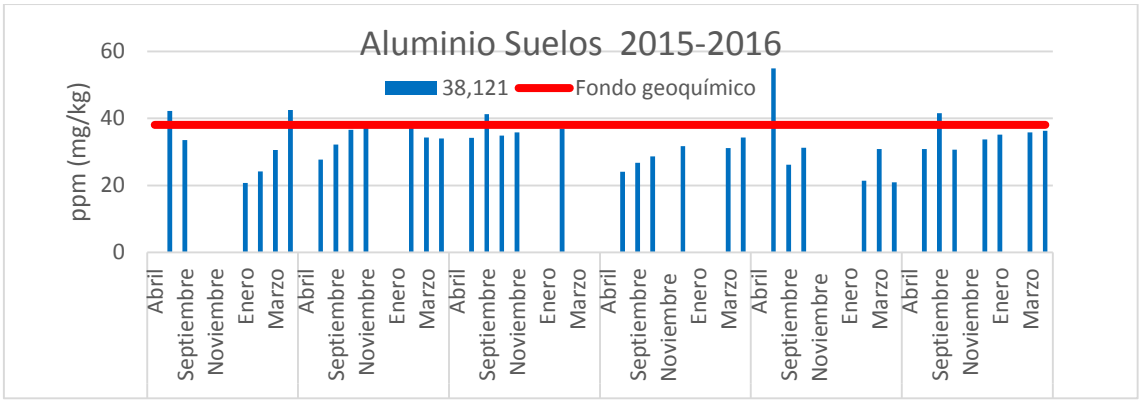
Sedimentos Vanadio

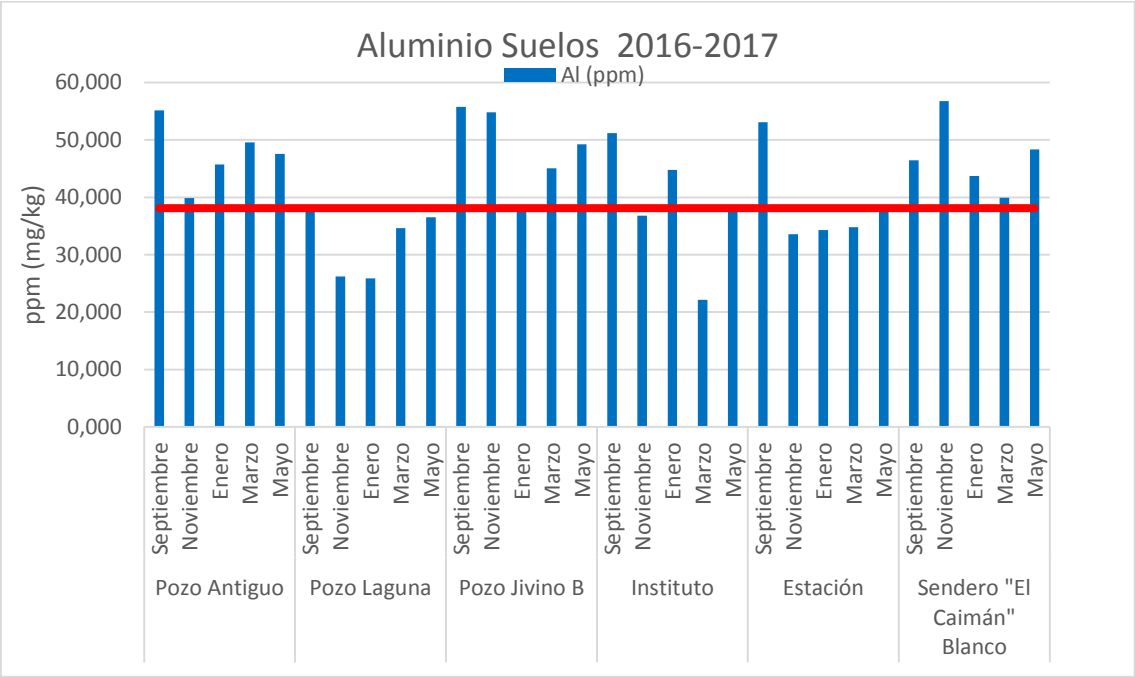




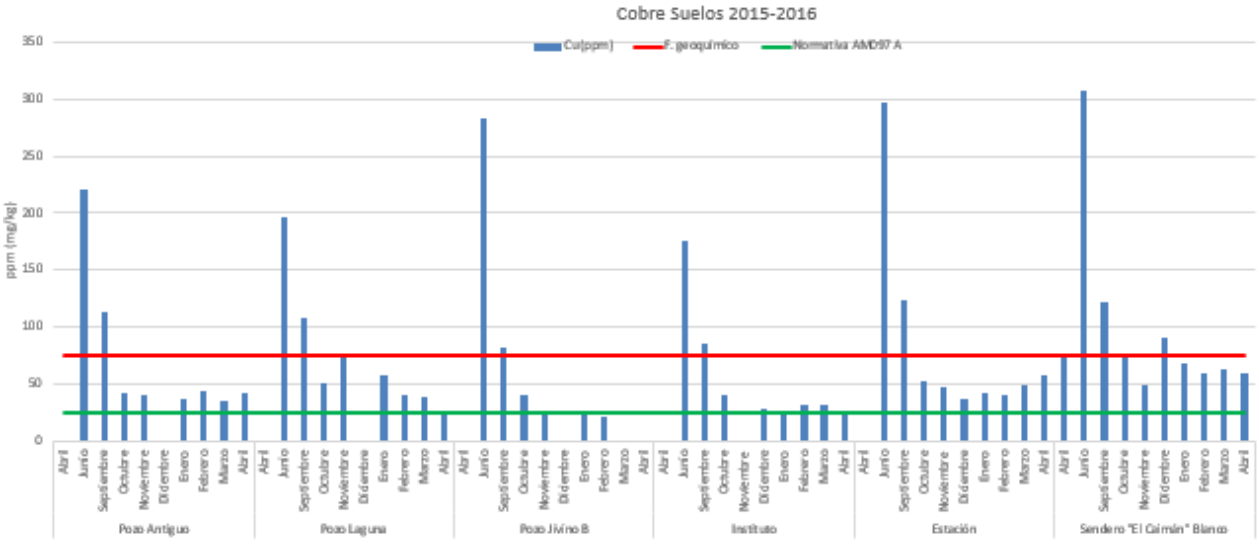
Anexo H

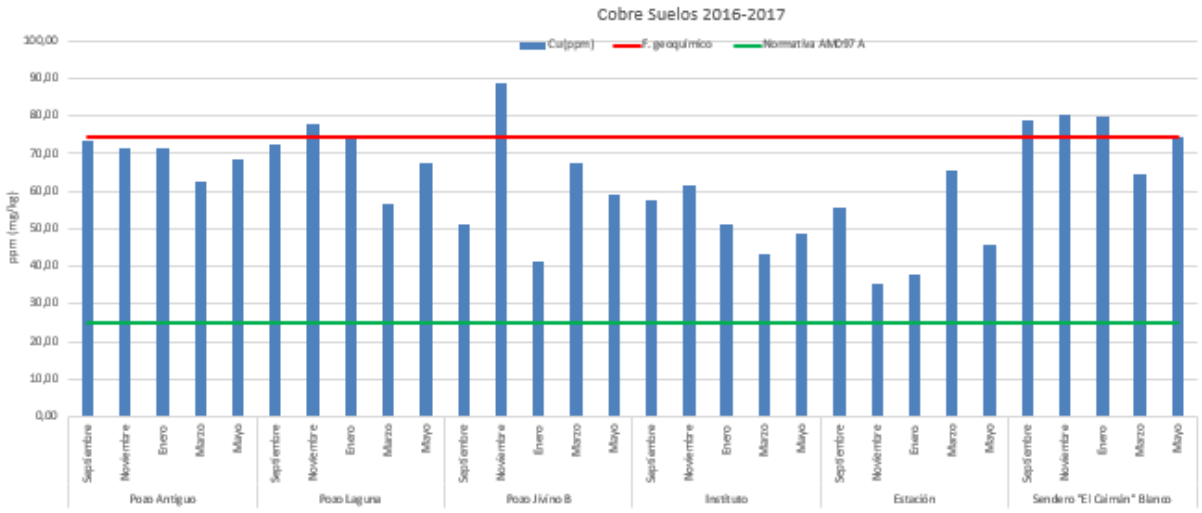
Suelo Aluminio



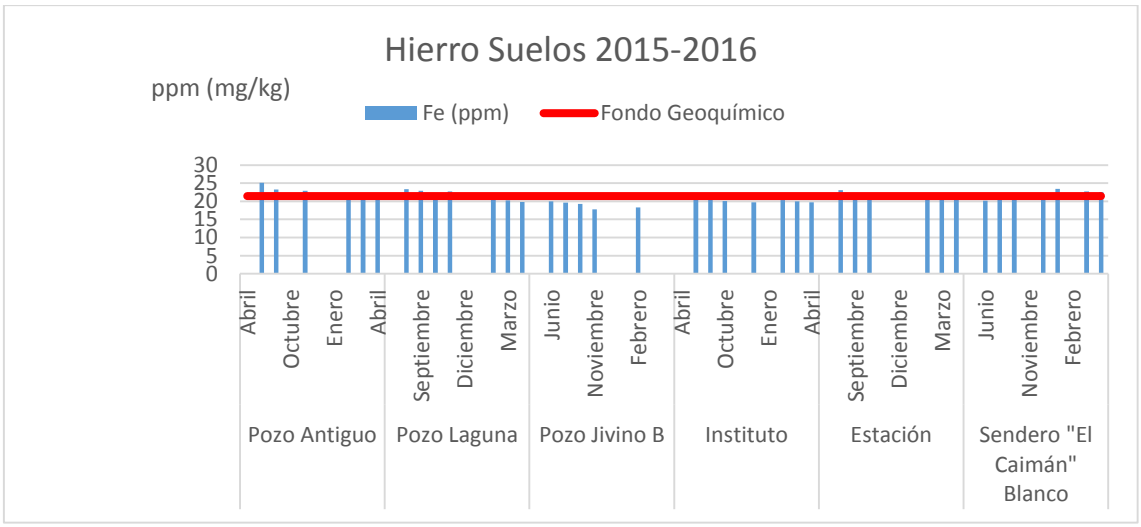

Aluminio Suelos 2016-2017
Al (ppm)
ppm (mg/kg)
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0,000
Septiembre
Noviembre
Enero
Marzo
Mayo
Pozo Antiguo
Pozo Laguna
Pozo Jivino B
Instituto
Estación
Sendero "El Caimán" Blanco

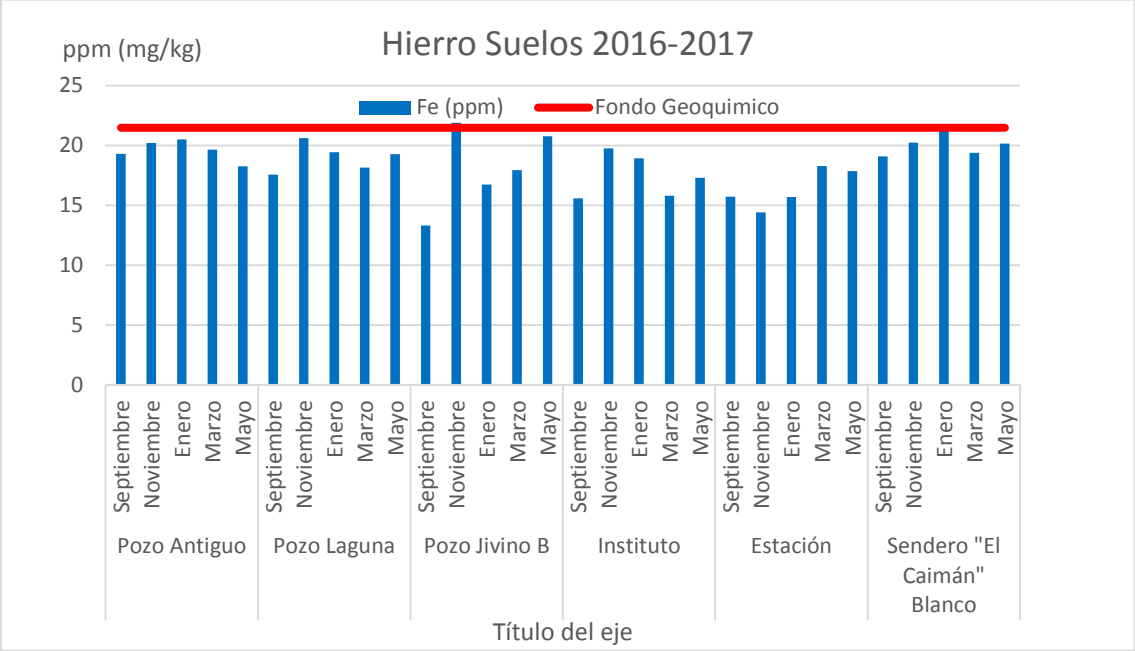
Suelo Cobre


Cobre Suelos 2015-2016
Cu(ppm)
F. geoquímico
Normativa AMD97 A
ppm (mg/kg)
Pozo Antiguo
Pozo Laguna
Pozo Jivino B
Instituto
Estación
Sendero "El Caimán" Blanco

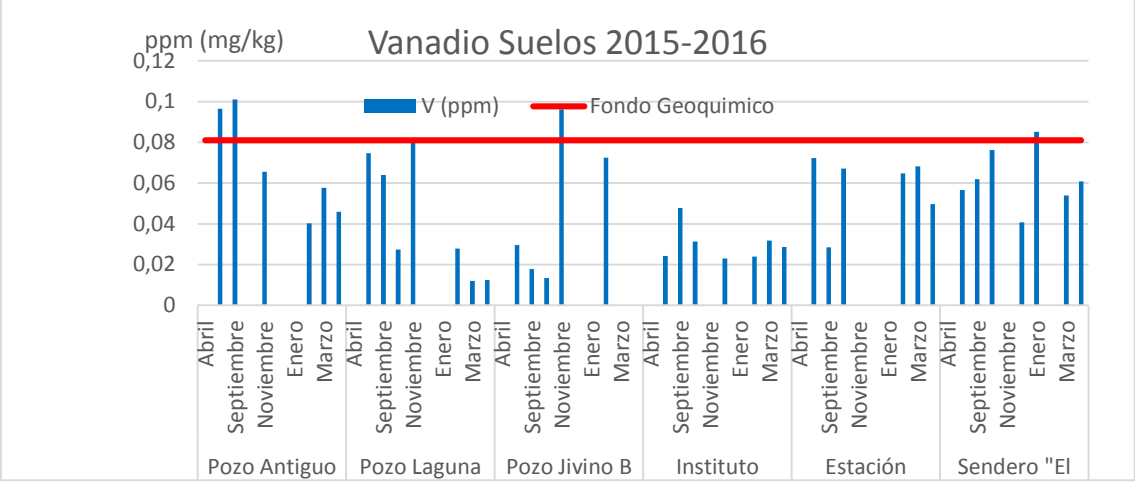


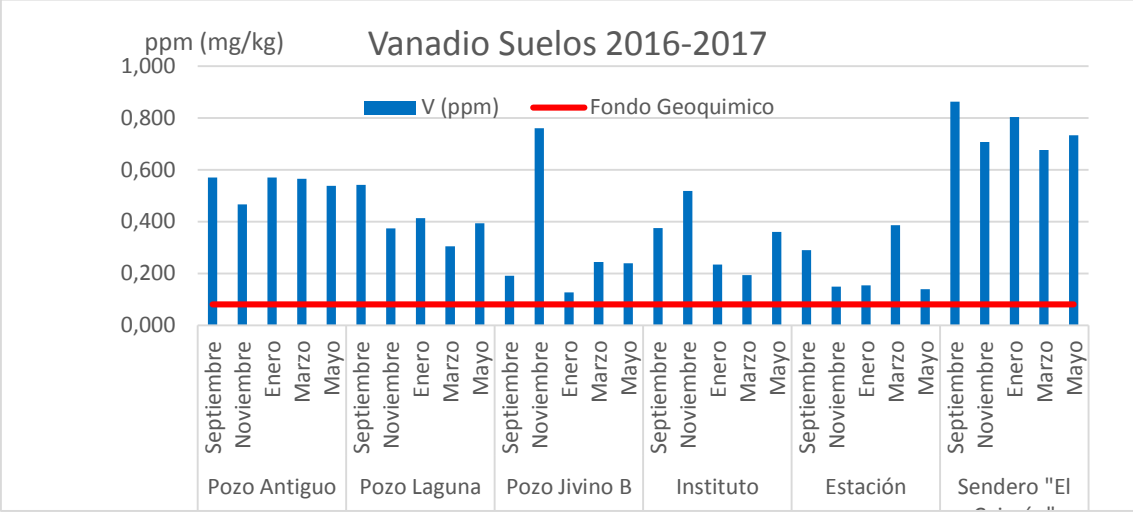
Suelo Hierro





Suelo Vanadio





Anexo I

Índice Geo-acumulación Aluminio en Sedimento

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	IG
Caño	Septiembre	52,940	-0,80
	Noviembre	29,176	
	Enero	63,932	
	Marzo	45,096	
	Mayo	56,653	
D. Pishira	Septiembre	42,526	-1,15
	Noviembre	30,252	
	Enero	36,400	
	Marzo	36,658	
	Mayo	36,358	
D. Playayacu	Septiembre	28,077	-1,49
	Noviembre	22,735	
	Enero	26,514	
	Marzo	32,283	
	Mayo	35,564	
Z. Porfunda	Septiembre	72,866	-0,65
	Noviembre	53,765	
	Enero	47,302	

Punto	Mes Muestreo	Aluminio (mg/kg)	IG
	Marzo	42,523	
	Mayo	45,564	
Muelle	Septiembre	44,084	-0,95
	Noviembre	41,076	
	Enero	40,200	
	Marzo	42,888	
	Mayo	40,567	
Río Napo	Septiembre	27,099	-0,29
	Noviembre	33,938	
	Enero	29,516	
	Marzo	39,069	
	Mayo	35,545	
Rio Pishira	Septiembre	35,587	-1,13
	Noviembre	39,873	
	Enero	37,511	
	Marzo	33,120	
	Mayo	37,547	
Rio Playayacu	Septiembre	51,409	-1,67
	Noviembre	22,735	
	Enero	24,240	
	Marzo	17,772	
	Mayo	20,458	

Índice Geo-acumulación Cobre en sedimentos

Punto	Mes Muestreo	Cobre (mg/kg)	IG
Caño	Septiembre	91,35	-0,76
	Noviembre	86,69	
	Enero	88,39	
	Marzo	93,53	
	Mayo	85,78	
D. Pishira	Septiembre	89,36	-0,89
	Noviembre	80,89	
	Enero	83,07	
	Marzo	73,32	
	Mayo	81,54	
	Septiembre	40,33	-1,11

Punto	Mes Muestreo	Cobre (mg/kg)	IG
D. Playayacu	Noviembre	65,05	
	Enero	87,43	
	Marzo	82,47	
	Mayo	86,54	
Z. Porfunda	Septiembre	88,69	
	Noviembre	85,31	
	Enero	87,04	-0,82
	Marzo	79,070	
	Mayo	85,54	
Muelle	Septiembre	95,00	
	Noviembre	90,09	
	Enero	96,79	-0,67
	Marzo	97,46	
	Mayo	93,56	
Río Napo	Septiembre	78,87	
	Noviembre	91,30	
	Enero	75,27	-0,87
	Marzo	83,89	
	Mayo	84,54	
Rio Pishira	Septiembre	60,23	
	Noviembre	80,30	
	Enero	75,22	-1,06
	Marzo	72,70	
	Mayo	74,54	
Rio Playayacu	Septiembre	73,86	
	Noviembre	85,10	
	Enero	68,70	-0,98
	Marzo	77,48	
	Mayo	78,56	

Índice Geo-acumulación Hierro en Sedimento

Punto	Mes Muestreo	Hierro (mg/kg)	IG
Caño	Septiembre	20,258	
	Noviembre	23,414	-0,67
	Enero	20,605	

Punto	Mes Muestreo	Hierro (mg/kg)	IG
	Marzo	22,786	
	Mayo	20,672	
D. Pishira	Septiembre	19,227	-0,69
	Noviembre	22,396	
	Enero	21,969	
	Marzo	21,378	
	Mayo	20,562	
D. Playayacu	Septiembre	18,865	-0,69
	Noviembre	19,273	
	Enero	23,402	
	Marzo	21,624	
	Mayo	22,783	
Z. Porfunda	Septiembre	19,773	-0,61
	Noviembre	22,647	
	Enero	22,569	
	Marzo	20,929	
	Mayo	26,477	
Muelle	Septiembre	18,758	-0,69
	Noviembre	22,438	
	Enero	21,320	
	Marzo	21,590	
	Mayo	21,734	
Río Napo	Septiembre	16,814	-0,72
	Noviembre	20,140	
	Enero	19,787	
	Marzo	19,266	
	Mayo	29,167	
Rio Pishira	Septiembre	18,098	-0,70
	Noviembre	23,313	
	Enero	22,066	
	Marzo	21,133	
	Mayo	20,672	
Rio Playayacu	Septiembre	19,674	-0,70
	Noviembre	22,760	
	Enero	20,708	
	Marzo	21,624	

Punto	Mes Muestreo	Hierro (mg/kg)	IG
	Mayo	20,672	

Índice Geo-acumulación Vanadio en Sedimento

Punto	Mes Muestreo	V ppb	V ppm	IG
Caño	Septiembre	616,100	0,616	
	Noviembre	1110,090	1,110	
	Enero	991,420	0,991	
	Marzo	1375,000	1,375	
	Mayo	953,570	0,954	-0,70
D. Pishira	Septiembre	725,990	0,726	
	Noviembre	718,560	0,719	
	Enero	630,090	0,630	
	Marzo	1066,800	1,067	
	Mayo	866,800	0,867	-1,01
D. Playayacu	Septiembre	325,850	0,326	
	Noviembre	562,370	0,562	
	Enero	686,090	0,686	
	Marzo	720,500	0,721	
	Mayo	555,760	0,556	-1,53
Z. Porfunda	Septiembre	1000,940	1,001	
	Noviembre	1001,510	1,002	
	Enero	1055,700	1,056	
	Marzo	1086,300	1,086	
	Mayo	1066,540	1,067	-0,61
Muelle	Septiembre	4852,090	4,852	
	Noviembre	1088,090	1,088	
	Enero	1842,750	1,843	
	Marzo	908,200	0,908	
	Mayo	1894,560	1,895	0,14
Río Napo	Septiembre	351,700	0,352	
	Noviembre	769,040	0,769	
	Enero	565,420	0,565	
	Marzo	806,800	0,807	
	Mayo	1843,500	1,844	-1,10
Rio Pishira	Septiembre	571,320	0,571	-1,23

Punto	Mes Muestreo	V ppb	V ppm	IG
	Noviembre	882,850	0,883	
	Enero	741,990	0,742	
	Marzo	731,200	0,731	
	Mayo	520,460	0,520	
Rio Playayacu	Septiembre	746,660	0,747	
	Noviembre	668,940	0,669	
	Enero	644,660	0,645	
	Marzo	743,100	0,743	
	Mayo	729,900	0,730	-1,17