

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO, BARIO,
MANGANESO Y PLOMO 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:

MARÍA JOSÉ ESTRELLA

Directora del proyecto:

MSc. Katty Verónica Coral Carrillo

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 28 de julio de 2017

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MARÍA JOSÉ ESTRELLA ENRÍQUEZ, con cédula de identidad N° 171500154-9, 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.



MARÍA JOSÉ ESTRELLA ENRÍQUEZ

C.C. 171500154-9

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO 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:

MARÍA JOSÉ ESTRELLA ENRÍQUEZ

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Ha sido dirigido por el profesor

KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



MSc. KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MIGUEL MARTINEZ-FRESNEDA

JOHANNA MEDRANO BARBOZA

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



Ph.D. Miguel Martínez-Fresneda



MSc. Johanna Medrano

Quito, 21 de Julio de 2017

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, que con su esfuerzo y apoyo incondicional me han alentado a seguir siempre adelante, para cumplir todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, las personas más importantes de mi vida, por su comprensión, su apoyo y sobre todo su esfuerzo para que yo pudiera culminar mi carrera universitaria.

A Katty Coral, quien con su guía y apoyo supo dirigir este proyecto, además de brindarme consejos que me servirán tanto para mi vida profesional como personal.

A Miguel Martínez- Fresneda y Johanna Medrano, por su paciencia, motivación y sabiduría que sirvieron como pilares para la finalización de este proyecto.

A mis amigos, quienes me dieron grandes e inolvidables momentos.

A Jendry Moya y su familia, por la gentileza y colaboración para llevar a cabo este proyecto en la Estación Científica de Limoncocha.

25/07/2017 10:02

Sometido a: Revista de Biología Marina y Oceanografía

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO
Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA
LIMONCOCHA, PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE 2015 – 2017, CON FINES
DE CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN**

María José ESTRELLA ENRÍQUEZ¹

Katty Verónica, CORAL CARRILLO^{1*}

¹Universidad 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.

katty.coral@uisek.edu.ec

Título corto: ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

RESUMEN

El presente estudio, aborda la evaluación de la concentración de arsénico, bario, manganeso y plomo en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL), para establecer la línea base de estos metales, indicar el estado actual de los recursos de la reserva y obtener los valores de referencia de fondo geoquímico de suelos y sedimentos; mediante la realización de análisis químicos de catorce muestras representativas colectadas en distintos puntos, ocho para aguas – sedimentos (muestreo mensual) y seis para suelos (muestreo bimestral). Los resultados fueron contrastados con la normativa ambiental Ecuatoriana e internacional. A la vez, se estableció una comparación de las medianas con el valor de fondo. Se encontró que manganeso y plomo en aguas, superaron el límite máximo permisible establecido en la normativa Ecuatoriana. Las medianas de las concentraciones de Mn en suelos, no superaron los valores de fondo, a diferencia de arsénico, bario y plomo. Además, el índice de geoacumulación de Müller (Igeo), indicó que los sedimentos no se encuentran contaminados por estos metales ni representan un riesgo para la fauna acuática. En general, la distribución es heterogénea y sugiere que al mantener un aporte atmosférico, geogénico o antrópico, tienen un impacto sobre el contenido de metales en estos tres componentes ambientales.

Palabras clave: metales pesados, línea base, fondo geoquímico, análisis químicos, índice de geoacumulación

ABSTRACT

The following research covers the evaluation of concentration of arsenic, barium, manganese and lead in water, soils and sediments from Limoncocha's Biological Reserve (RBL). In order to, establish the baseline for heavy metals and report the actual situation of its resources, get their geochemical background values of soils and sediments; by making a chemical analysis which, involves collecting fourteen representative samples, collected at eight different points for water and sediments (monthly sampling) and six samples for soils (bimonthly sampling). The results obtained during the investigation were been contrasted with the Ecuadorian and international environmental regulations. In addition, a comparison of the standard median number with the background value was taking place. The results show that manganese and lead in water exceeded the permissible limits established in the Ecuadorian regulations. The standard median number of manganese in soils did not exceed the background values, unlike arsenic, barium and lead. Besides, the Muller's geoaccumulation index indicated that sediments aren't contaminated by the four metals, neither these don't represent a risk for aquatic organisms. In general the distribution is mixed, and suggests that if we have an atmospheric, geogenic or anthropic contribution, this will have an impact on the content of metals in soils, waters and sediments.

Keywords: heavy metals, baseline, geochemical background, chemical analysis, geoaccumulation index

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados presentan una característica acumulativa y no biodegradable en el ambiente, ocasionando consecuencias desfavorables por su toxicidad a microorganismos, animales, plantas y al ser humano (Diez, 2006). Algunos de ellos provienen de fuentes naturales como la meteorización, actividad biológica y emisiones volcánicas. Sin embargo desde inicios de la revolución industrial, la actividad antrópica ha contribuido a su contenido y dispersión, con el desarrollo de actividades extractivas, mineras, agrícolas y ganaderas (Litter, Armienta, & Farías, 2009).

Eso implica, que al tener un potencial tóxico, tanto el arsénico como el plomo se los considere relevantes, ante su característica como contaminante peligroso. Otros metales, son esenciales en bajas concentraciones, sin embargo se vuelven tóxicos cuando superan un cierto límite de concentración (Laino et al., 2015), cuya dinámica y disponibilidad se encuentra influenciada por condiciones físico químicas como el pH, conductividad eléctrica y potencial redox (Ortiz et al., 2007).

El análisis de la problemática ambiental ante altos niveles de metales pesados es prioritario, ya que restringe el uso de los recursos, a la vez que limita el crecimiento socioeconómico. Por lo que para su control y evitar la afectación a futuro, se requiere de datos para comprender la distribución de los metales en acuíferos, sedimentos y suelos. Además de identificar la influencia de factores en su movilidad en agua, permeabilidad en los suelos y la absorción por las plantas (Litter, Armienta, & Farías, 2009, pág. 15).

La presencia de estos, generan alteraciones en la calidad de aguas y sedimentos, debido a que el aumento en su concentración hace que elementos que no eran perjudiciales se vuelvan sustancias tóxicas, lo que ocasiona efectos negativos en la cadena trófica, al bioacumularse en la fauna marina, repercutiendo en el ser humano que se alimenta de ella (Laino et al., 2015). Por ello, acorde a Marrugo y Paternina (2011), es necesaria la evaluación

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

de las concentraciones de elementos traza en sedimentos para mantener el conocimiento de la afectación al ambiente y al medio acuático, ya que algunos de estos no son detectados en la columna de agua.

En los suelos, están presentes en concentraciones denominados niveles de fondo, cuyo origen no es externo, si no que proviene del material originario de las rocas y su transformación. A la vez, se encuentran interactuando con la matriz del suelo, lo que puede interpretarse que en altas concentraciones pueden encontrarse en forma no dañina o inerte. Las condiciones ambientales y los cambios en el uso del suelo hacen que los metales puedan movilizarse o puedan cambiar su forma química (Fachinelli et. al., 2001; citado en Sánchez, 2003). El poder de amortiguación que posee el suelo, permite inmovilizar sustancias tóxicas impidiendo que se filtren hacia las aguas subterráneas o inclusive hacia la cadena alimenticia. Sin embargo, al superar su límite deja de ser un sumidero de la contaminación, ocasionando un proceso inverso, en donde pasa a ser una fuente de contaminación para el ecosistema (Ortiz et al., 2007).

La Amazonía ecuatoriana, se ha visto transformada por la actividad petrolera desde sus inicios en las provincias de Sucumbíos y Orellana, en donde, además de impulsar el crecimiento poblacional, se habilitó el desarrollo de tierras cultivables, generando el asentamiento de comunidades en ecosistemas que tienen un nivel de vulnerabilidad alto (Añazco et al., 2010). Limoncocha es un ejemplo de ello, además de ser un atractivo turístico al ser declarado como Reserva Biológica en 1985, sus recursos son utilizados por actividades urbanas e industriales (Granizo, 2011).

En particular, las cuencas principales de la Reserva Biológica Limoncocha como son el río Jivino, Itaya, Napo, Capucuy e Indillana tienen un origen cercano a áreas pobladas donde existe un contacto directo con las actividades antrópicas, las cuales influyen a la

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

contaminación por descargas residuales, agricultura y la presencia de empresas petroleras (Armas & Lasso, 2011).

A partir de ello, al disponer de los datos generados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos realizado en el 2001, con base en el abastecimiento de agua en Shushufindi, cantón de Limoncocha, un 36,8% es suministrado por la red pública, 42,2% se obtiene de pozos, 17,3% de ríos o vertientes y un 0,5% de la población la adquieren por tanqueros. Acorde a esos datos, se indica la relación que mantiene la comunidad con los ríos o vertientes y la importancia que estos tienen como fuente de suministro para su uso y consumo. Sin embargo, los datos obtenidos del último censo realizado en el 2010, indican que las condiciones de abastecimiento de agua mejoraron, con un 40,6 % recibida de la red pública (INEC, 2010).

Ante este escenario, se percibe la posibilidad que a futuro la demanda de las prácticas realizadas en la reserva ocasionen una amenaza ante su conservación. Simultáneamente, la carencia de valores de referencia de metales pesados, no permita proceder con una evaluación y gestión de los recursos, ocasionando mayor vulnerabilidad de los ecosistemas. De tal manera que los valores obtenidos aportarán al conocimiento de la dinámica de metales pesados en aguas, suelos y sedimentos para establecer un marco de referencia que sea utilizado a futuro, al existir o no la liberación de una sustancia contaminante.

El marco de investigación con el que se desarrolló el presente estudio, está constituido con el aporte de estudios previos realizados en Limoncocha, por Cordovéz (1998) donde se establece una línea base del estado de la Reserva Biológica Limoncocha, realizando un análisis físico químico de suelos y sedimentos de la Laguna y del sector aledaño. Gómez (2005) analizó el comportamiento de la laguna mediante la relación entre bario y fósforo en agua y sedimentos, al mismo tiempo que evalúa el índice del estado trófico de Carlson.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Ordoñez (2013) realizó una caracterización geoquímica de sedimentos de la Laguna de Limoncocha, reportando las concentraciones promedio de metales en sedimentos.

Estudios recientes realizados por Agurto, Carrillo y Cerón en el año 2016 han determinado la concentración de As, Mn, Al, Hg, Cu, Cd y Ni en aguas, suelos y sedimentos de la RBL, estableciendo la línea base 2015-2016. Sin embargo no se hace referencia al contenido de otros elementos como Pb y Ba, los cuales pueden estar presentes en estos tres componentes ambientales.

Con este conocimiento previo, el objetivo del trabajo fue determinar las concentraciones de As, Ba, Mn y Pb en muestras de agua, suelo y sedimentos de la RBL para establecer la línea base 2015-2017, con fines de evaluación y control, para así identificar si las concentraciones de los metales pesados son superiores a los límites máximos establecidos en la normativa Ecuatoriana e internacional.

Las premisas consideradas para este estudio fueron que los puntos tomados en los ríos presenten mayor concentración de metales pesados en aguas que en sedimentos al mantener un flujo continuo y el aporte directo de actividades antrópicas en sus cabeceras; mientras que los puntos tomados en la laguna presenten mayor concentración de metales pesados en sedimentos que en agua, al encontrarse en un flujo estacionario y tener un aporte de entrada de contaminantes por sus afluentes (río Pishira y río Playayacu). A la vez, se esperaba que exista una variabilidad en la concentración promedio de As, Ba, Mn y Pb entre las distintas estaciones de muestreo en aguas, suelos y sedimentos.

Los resultados de este estudio proporcionan a las entidades administrativas de la reserva una evaluación de metales pesados en la zona, como una herramienta de gestión que precautele el uso que le den a los recursos en el estado actual que se encuentran, al establecer

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

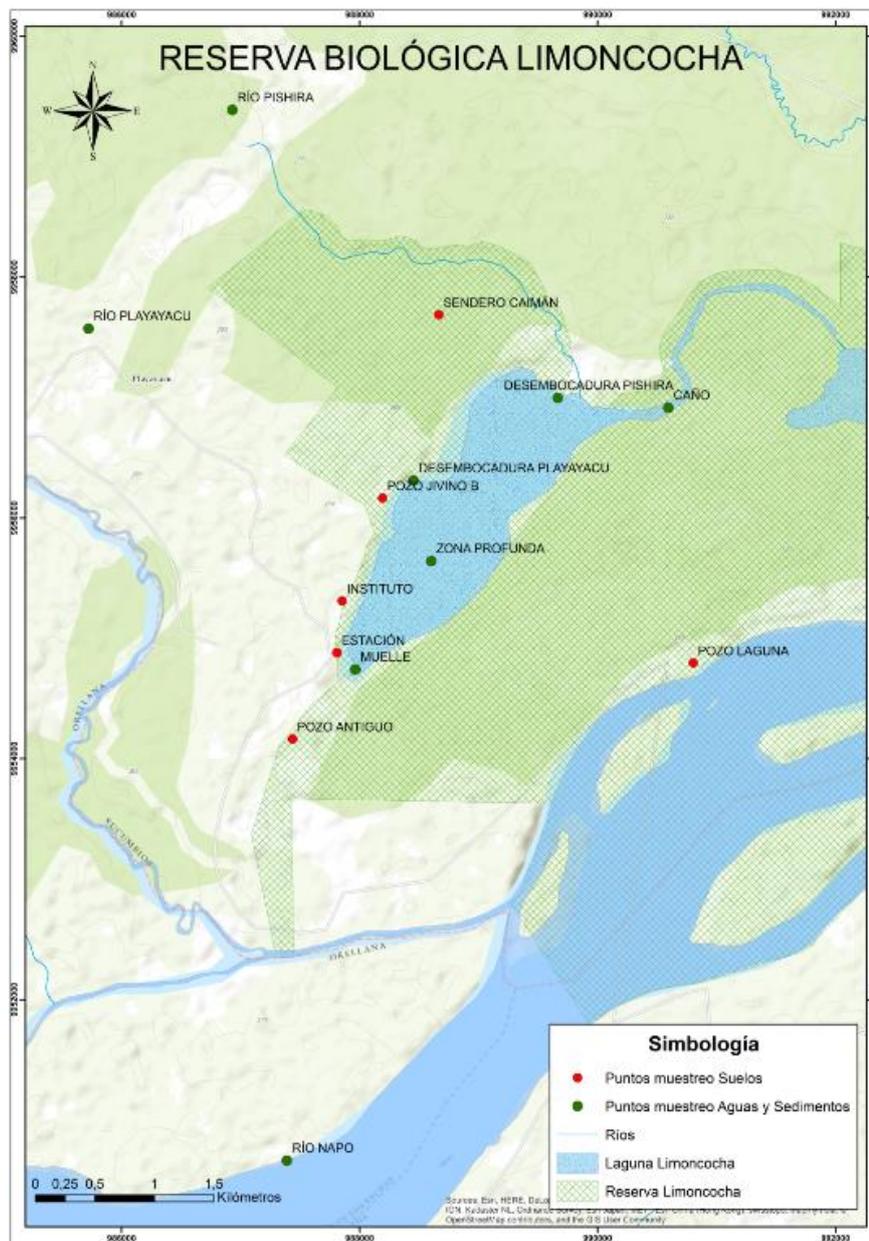
una línea base, continuando con la línea de investigación “Conservación y Biodiversidad de la Reserva Biológica de Limoncocha” establecida por la Universidad Internacional SEK.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Reserva Biológica Limoncocha se encuentra ubicada en un área de 4163 hectáreas en la Provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi. La conforman la laguna de Limoncocha, antes conocida como laguna de Capucuy y la laguna Negra o Yanacocha (Moscoso, 2013).

Figura 1. Localización del área de estudio con los puntos de muestreo de aguas, suelos y sedimentos



(Elaborado por Estrella, 2017)

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Constituida por bosques húmedos tropicales, zonas de pantano y humedales, alberga una gran diversidad de especies de flora y fauna. Declarada como Reserva Biológica por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería el 23 de septiembre de 1985 (MAE, 2015). La Reserva forma parte del Área de Importancia para la Conservación de las Aves (IBA) y de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Sitio RAMSAR), lo cual genera una fundamental gestión de los ecosistemas vulnerables ante un inadecuado manejo, por lo que requiere de una mayor desarrollo investigativo y educación ambiental para aquellos que conviven y visitan la zona (Armas & Lasso, 2011).

Actividad de Campo

El estudio se desarrolló en catorce puntos de muestreo, como se puede observar en la figura 1. El seguimiento y monitoreo se realizó de forma mensual para aguas y bimestral para suelos y sedimentos durante el periodo 2015-2017, recopilando los datos de la línea base 2015-2016 para As y Mn establecidos por Carrillo (2016). Las muestras de agua y sedimentos fueron colectados en cinco puntos de la Laguna de Limoncocha denominados: Caño (1), Desembocadura Pishira (2), Desembocadura Playayacu (3), Zona Profunda (4), Muelle (5) y tres puntos en ríos tributarios: Río Napo (6), Río Pishira (7) y Río Playayacu (8).

Los suelos han sido colectados en seis puntos denominados: Pozo Antiguo (9), Pozo Laguna (10), Pozo Jivino B (11), Instituto (12), Estación (13) y Sendero “El Caimán” (14). La georreferenciación de cada punto de muestreo fue realizada con GPS, marca Garmin®. La ubicación geográfica es presentada en el Anexo A, A-1 y A-2.

Los parámetros de potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y potencial redox fueron tomados in situ con el equipo multiparamétrico HQ40d, marca HACH ®.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Las muestras de aguas fueron tomadas en recipientes de polietileno de 1L, preservando la muestra con 5mL de HNO₃ y refrigeradas a 4°C. Los suelos fueron colectados con un barrenador y los sedimentos con un nucleador “core sampler”, depositadas en bolsas plásticas con cierre hermético, para posteriormente ser analizados en el laboratorio.

Actividad de laboratorio

En el laboratorio, las muestras de aguas fueron digeridas mediante el procedimiento *Standard Methods: 3030 E: Nitric Acid Digestion of Metals* (APHA, AWWA, & WEF, 2005). En cuanto a las muestras de suelos y sedimentos, se lo llevó a cabo mediante el procedimiento *EPA 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils* (EPA, 1996). La determinación de manganeso en suelos y sedimentos se realizó en base a la técnica analítica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama en el equipo AAnalyst 200, marca Perkin Elmer®; para plomo, bario y manganeso en aguas se aplicó Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito modelo Gemin AA, marca GBC Scientific Equipment®, y para arsénico se empleó el generador de hidruros.

El control del procedimiento analítico se realizó mediante réplicas y blancos utilizando agua ultrapura sometida al mismo procedimiento de digestión. De igual manera, para la calibración de los equipos se dispuso de materiales de referencia CertiPUR® de Merck. Los resultados de la concentración de metales en suelos y sedimentos se expresan en base seca (mg/kg), el cual se determina mediante la ecuación:

Ecuación 1. Concentración de metales pesados en suelos y sedimentos

$$\text{Concentración (mg/kg)} = \frac{\text{Lectura (mg/L)} * \text{Volumen de aforo (mL)}}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Análisis estadístico

En el tratamiento de los datos obtenidos, se aplicó un análisis de estadística descriptiva (media aritmética, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo), y para representar la distribución se utilizó el gráfico de caja – bigote, suprimiendo los valores atípicos para mejorar la observación de la distribución de datos que predominan. Finalmente, para comparar las medias entre las estaciones de muestreo se realizó el análisis de varianza ANOVA, considerando significativos los valores $P < 0,05$. Para la creación de las figuras se utilizó el Software PAST.

Índice de geoacumulación de Müller

La evaluación del grado de contaminación de los sedimentos por metales pesados, desde no contaminados a extremadamente contaminados, se lo hizo en base a una escala del cero a siete, respectivamente, mediante la fórmula propuesta por Müller (1979):

Ecuación 2. Índice de geoacumulación de metales en sedimentos

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5 B_n} \right)$$

Donde, C_n : Concentración del metal en el sedimento, B_n : Concentración geoquímica del metal que corresponde a ambientes no contaminados, el cual se lo obtiene a partir de las concentraciones determinadas por Turekian y Wedepohl (1961), señaladas en el Anexo A, A-3.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

En el tabla 1, se muestran los datos de temperatura (T), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y potencial redox (eH). La temperatura del agua de la laguna fue ligeramente más alta que la de ríos, con valores promedio de 29 y 25,4 respectivamente. Los valores de pH fueron de básico a neutro, a excepción del mes de septiembre del año 2015. Los valores de CE fueron mayores en puntos de laguna que en los ríos, con un valor promedio de 142,8 y 103,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, con altos valores en el punto Desembocadura Playayacu. El OD es ligeramente más alto en puntos de la laguna que en los ríos, 7,9 y 6,6 mg/L respectivamente. El eH fue mayor en agua de ríos que en la laguna, con 297,6 y 241,2 respectivamente.

Tabla 1. Parámetros medidos in situ de las muestras de los ríos y laguna

Muestra	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	eH
Caño	28,74	7,74	132,61	5,86	220,53
D. Pishira	28,46	8,30	137,58	7,64	227,55
D.Playayacu	29,02	8,28	158,89	8,59	227,78
Zona Profunda	29,39	8,32	145,15	9,50	211,80
Muelle	29,50	8,12	139,86	7,47	318,58
Río Napo	25,34	7,34	83,62	7,29	281,96
Río Pishira	25,11	7,15	108,99	6,44	306,95
Río Playayacu	25,62	7,01	116,81	6,06	303,89

Fondo geoquímico

El valor de referencia de fondo geoquímico para suelos y sedimentos fue obtenido a partir de la mediana de dos puntos establecidos, el sendero “el Caimán” y el centro de la laguna, de tal manera que para arsénico se obtuvo 0,35 mg/kg y 0,895 mg/kg, respectivamente; para bario se determinó 24,814 mg/kg y 22,287 mg/kg, respectivamente. En

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

el caso de manganeso 315 mg/kg y 160 mg/kg, respectivamente; y en cuanto a plomo 0,028 mg/kg y 3,275 mg/kg, respectivamente.

Tabla 2. Mediana de las concentraciones de As, Ba, Mn y Pb en sedimentos

Elemento (mg/kg)	Caño	D. Pishira	D. Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
As	0,899	0,495	0,6	0,822	0,881	1,167	0,195	0,385
Ba	13,636	14,034	34,178	22,287	17,344	8,433	13,945	13,829
Mn	197,45	231,5	153	160	120	155	288	215
Pb	3,9	4,558	4,65	3,275	2,786	2,243	2,481	2,885

Tabla 3. Mediana de las concentraciones de As, Ba, Mn y Pb en suelos

Elemento (mg/kg)	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
As	0,113	0,717	0,044	0,038	0,209	0,197
Ba	24,311	24,327	26,252	23,446	25,913	24,814
Mn	201,2	193,5	190	120	270	315
Pb	0,082	0,068	0,064	0,023	0,058	0,028

Determinación de la concentración de arsénico (As)

Los datos recopilados en aguas, por Carrillo (2016) en el periodo 2015-2016, fueron no detectables. Sin embargo en el estudio actual en el periodo 2016-2017, se han detectado concentraciones, en donde, el valor máximo fue en el punto desembocadura Playayacu con 0,0017 mg/L y el valor mínimo en Zona Profunda con 0,00012 mg/L; mientras que como valor máximo se encontró en el mes de febrero del 2017 y el mínimo en octubre del 2016.

Los valores de As en suelos, presentan el valor máximo en el punto Blanco con 1,477 mg/kg y el valor mínimo en Pozo Jivino B con 0,015 mg/kg; en cuanto a la distribución temporal el valor máximo se da en el mes de diciembre del 2015 y el mínimo en marzo del 2017. En cuanto, a las concentraciones en sedimentos, presenta el valor máximo en

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

desembocadura Pishira con 1,960 mg/kg y el valor mínimo en el río Pishira con 0,019 mg/kg; mientras que el valor máximo se presentó en el mes de diciembre 2015 y el mínimo en marzo del 2017. La representación de estos valores se observa en la figura 2.

Figura 2. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de arsénico en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha)

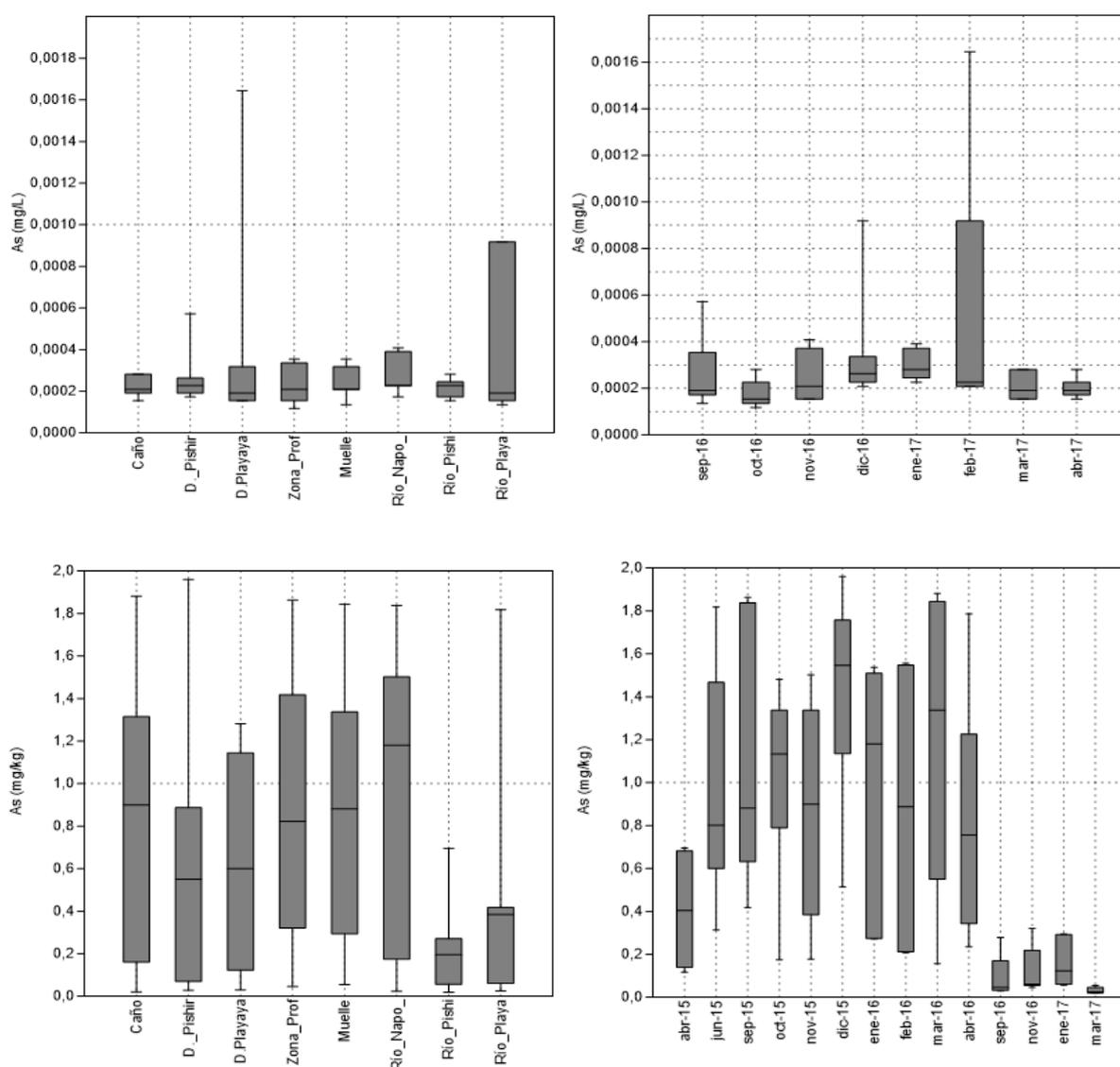
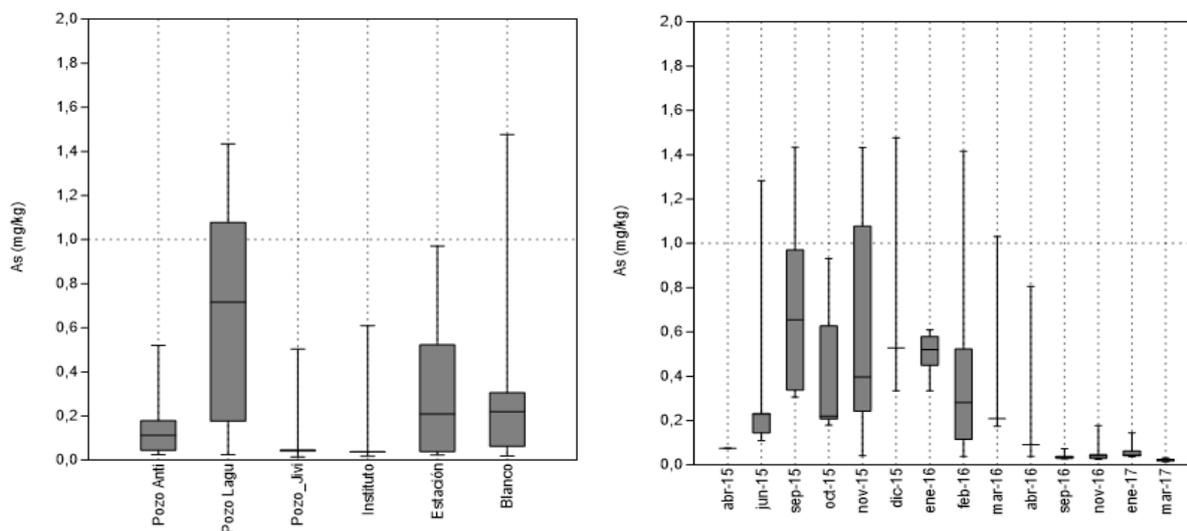


Figura 2. (cont.)



En la tabla 4, se indican las concentraciones promedio de As en aguas y sedimentos, en donde para aguas, el valor más alto es en desembocadura Playayacu con 0,0004 mg/L y con el valor menor en el río Pishira con 0,00021 mg/L. La normativa Legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 0,05 mg/L. En sedimentos, el valor más alto es en el río Napo con 0,939 mg/kg y el valor menor en la concentración promedio del río Pishira con 0,239 mg/kg. El límite permisible para As en sedimentos es de 5,9 mg/kg, de acuerdo a lo establecido por la normativa Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (ISQG, 2001).

Tabla 4. Concentraciones promedio de As en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos

Elemento	Puntos de muestreo								Normativa	
	Caño	D. Pishira	D. Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu	AM - 097	CSQG
AsAgua (mg/L)	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004	0,05	-
AsSedimento (mg/kg)	0,815	0,640	0,641	0,895	0,917	0,939	0,239	0,402	-	5,9

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

En la tabla 5, se indican las concentraciones promedio de As en suelos, en donde el valor más alto es en el punto de Pozo Jivino B con 40,743 mg/kg y el valor menor en el punto de Pozo Laguna con 34,897 mg/kg. La normativa legal Ecuatoriana establece como límite permisible 5 mg/kg, mientras la normativa Canadiense establece como valor límite 12 mg/kg.

Tabla 5. Concentraciones promedio de As en las estaciones de muestreo de suelos

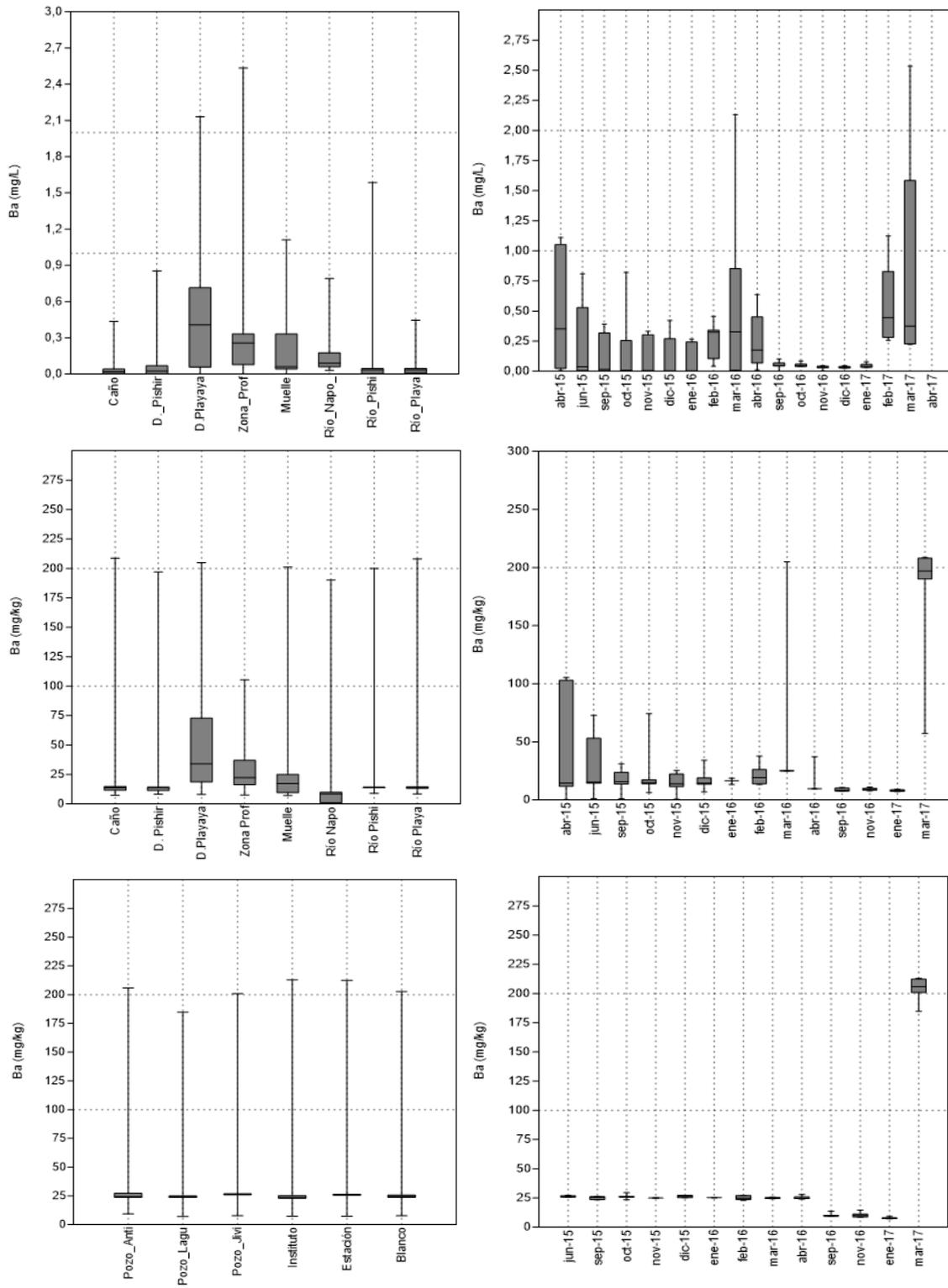
Elemento (mg/kg)	Puntos de muestreo						Normativa	
	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco	AM -097	CSQG
As	0,180	0,703	0,139	0,179	0,317	0,350	5	12

Determinación de la concentración de bario (Ba)

En base al análisis estadístico descriptivo se observa en la figura 2, los valores obtenidos de concentración de Ba en aguas, presenta el valor máximo en desembocadura Playayacu 0,512 mg/L y el valor mínimo en río Playayacu 0,065 mg/L; mientras que como valor máximo se encontró en el mes de marzo del 2017 y mínimo en abril del 2017. Las concentraciones en suelos, presentan un valor máximo en Pozo Jivino B 40,74 mg/kg y la mínima en Pozo Laguna 34,89 mg/kg; mientras como valor máximo se encontró en el mes de marzo del 2017 y mínimo en enero del 2017. Las concentraciones obtenidas en sedimentos, presentan el valor máximo en desembocadura Playayacu 59,87 mg/kg y la mínima en río Napo 0,227 mg/kg; mientras a nivel estacional, el valor máximo se encontró en marzo 2017 y mínimo en noviembre del 2015.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Figura 3. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de bario en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha).



ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

En la tabla 6, se observan las concentraciones promedio de Ba en aguas y sedimentos, en donde, para aguas el punto desembocadura Playayacu es el valor más alto con 0,512 mg/L, seguido del punto zona profunda con 0,403 mg/L, y con el menor valor en el punto río Playayacu con 0,065 mg/L; la normativa legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 1 mg/L. Mientras que para sedimentos, el valor más alto es en desembocadura Playayacu con 59,87 mg/kg y con el menor valor en río Napo con 22,468 mg/kg; bario en sedimentos carece de límites máximos permisibles en la normativa. Dichos valores comparados con los resultados de concentración en aguas de la RBL, se detalla a continuación:

Tabla 6. Concentraciones promedio de Ba en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos

Elemento	Puntos de muestreo								Normativa
	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu	AM -097
Ba Agua (mg/L)	0,069	0,139	0,512	0,403	0,226	0,167	0,155	0,065	1
Ba Sed (mg/kg)	28,894	29,081	59,870	30,824	48,462	22,468	35,641	31,937	-

En la tabla 7, se puede observar las concentraciones promedio de Ba en suelos de la RBL, en donde se indica que el valor más alto es el punto pozo Jivino B con 40,743 mg/kg y el menor valor es en Pozo Laguna con 34, 897 mg/kg. La normativa legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 200 mg/kg, mientras que de acuerdo a la normativa Canadian Sediment Quality Guidelines (ISQG, 2001), el límite es de 750 mg/kg. Al compararlos con los resultados obtenidos de concentración, se genera la siguiente tabla:

Tabla 7. Concentraciones promedio de Ba en las estaciones de muestreo de suelos

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Elemento (mg/kg)	Puntos de Muestreo						Normativa	
	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco	AM -097	CEQG
Ba	39,222	34,897	40,743	37,295	40,304	36,911	200	750

Determinación de la concentración de manganeso (Mn)

Los valores obtenidos de la concentración de Mn en aguas, presenta el valor máximo en desembocadura Playayacu 0,527 mg/L y el valor mínimo en Río Napo 0,001 mg/L; mientras que como valor máximo se encontró en el mes de febrero y mínimo en abril del 2017. Las concentraciones en suelos, presentan un valor máximo en sendero el Caimán 576 mg/kg y el mínimo en el punto de la Estación 16,2 mg/kg; mientras como valor máximo se encontró en el mes de noviembre del 2016 y mínimo en enero del 2017. Las concentraciones obtenidas en sedimentos, presentan el valor máximo en desembocadura Pishira 754,1 mg/kg y el mínimo en Muelle 21,3 mg/kg; mientras en la distribución temporal, el valor máximo se encontró en noviembre del 2016 y mínimo en enero del 2017 (Figura 4).

Figura 4. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de manganeso en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha).

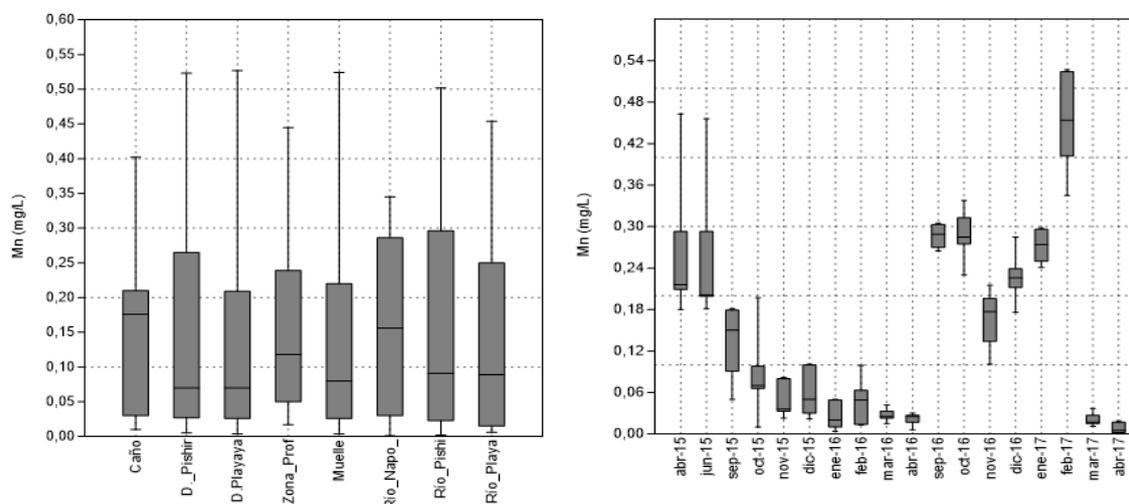
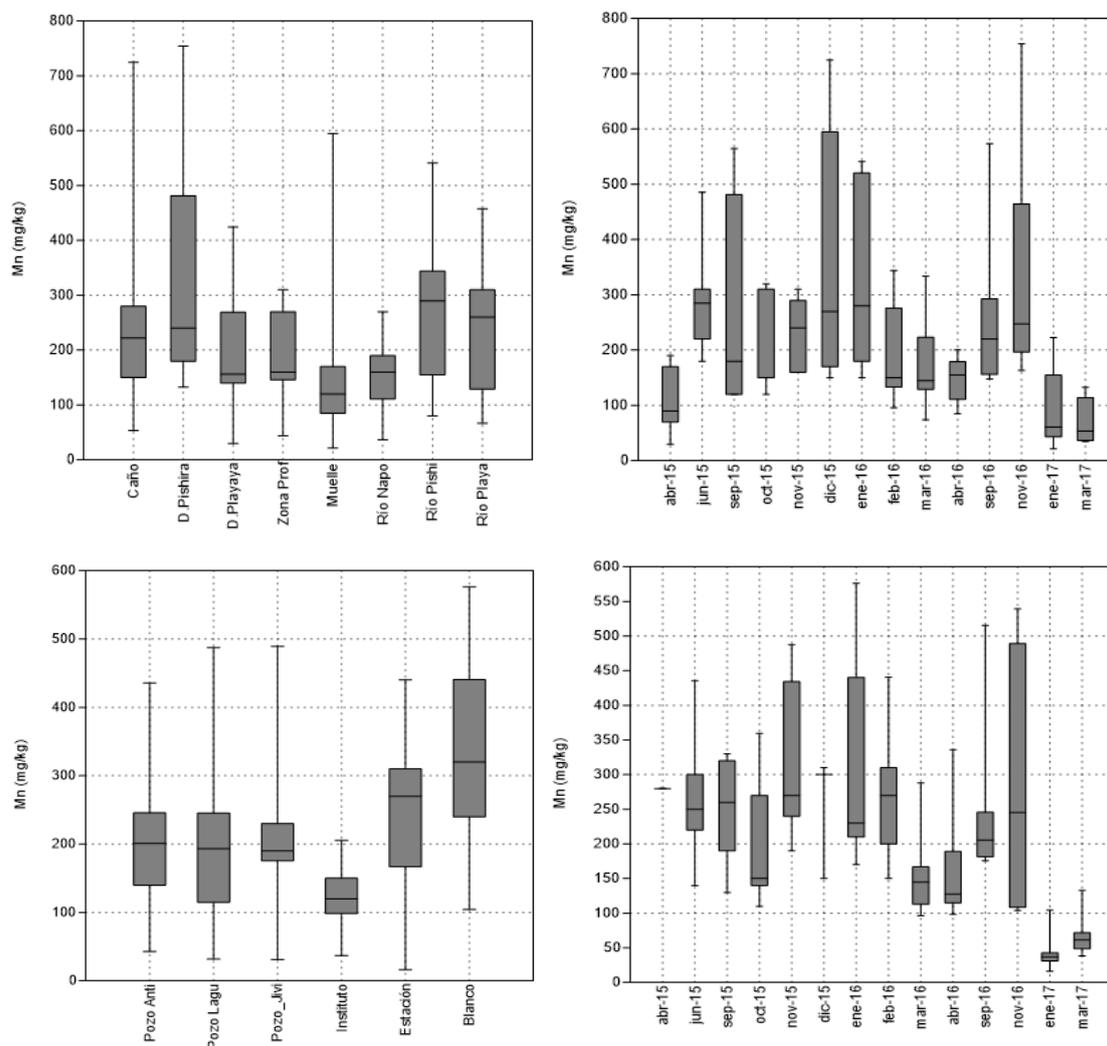


Figura 4. (cont.)



En la tabla 8, se pueden observar las concentraciones promedio de Mn en aguas y sedimentos, en donde para aguas, el valor más alto es en el punto Río Pishira con 0,174 mg/L y el valor menor en el río y desembocadura Playayacu con 0,136 mg/L; La normativa legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 0,1 mg/L. Mientras que para sedimentos el valor más alto se encuentra en desembocadura Pishira con 316,629 mg/kg, y el valor menor en el punto muelle con 148,223 mg/kg; se carece de límites máximos permisibles en la normativa legal Ecuatoriana e internacional para Mn en sedimentos. Los valores se detallan a continuación:

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Tabla 8. Concentraciones promedio de Mn en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos

Elemento	Puntos de muestreo								Normativa AM -097
	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu	
Mn Agua (mg/L)	0,140	0,145	0,136	0,150	0,142	0,149	0,174	0,136	0,1
Mn Sed (mg/kg)	242,307	316,629	184,107	186,318	148,223	151,350	283,179	223,307	-

En la tabla 9, las concentraciones promedio de Mn en suelos, presentan el valor más alto en el punto del sendero El Caimán denominado como blanco con 333,029 mg/kg, y con el menor valor en el punto Instituto con 119,100 mg/k; carece de valores máximos permisibles en la normativa legal Ecuatoriana e internacional.

Tabla 9. Concentraciones promedio de Mn en las estaciones de muestreo de suelos

Elemento (mg/kg)	Puntos de muestreo					
	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
Mn	196,442	195,108	200,460	119,100	239,085	333,029

Determinación de la concentración de plomo (Pb)

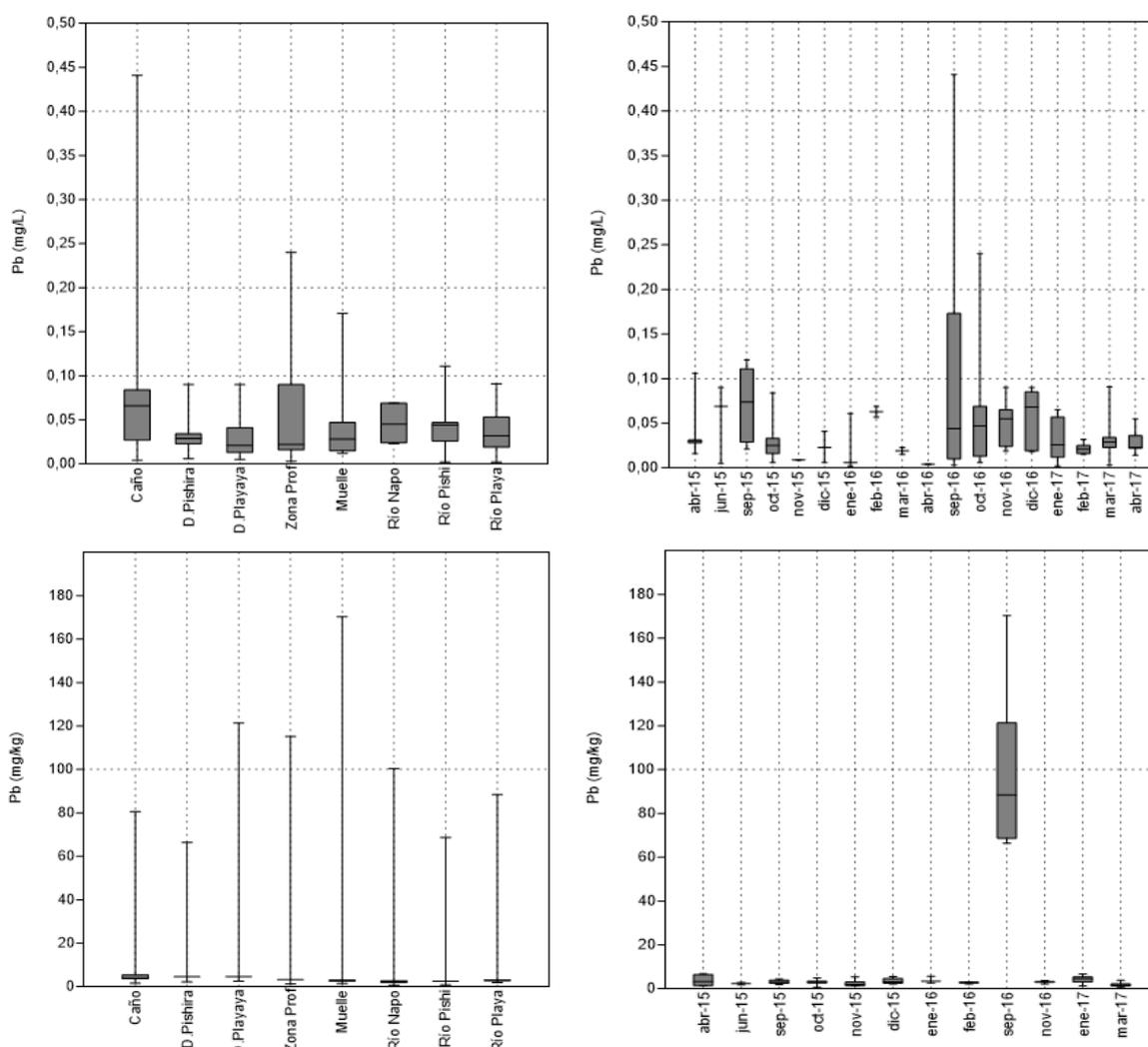
Los valores obtenidos de concentración de Pb en aguas, presentan el valor máximo en Caño 0,441 mg/L y el valor mínimo en Río Playayacu 0,002 mg/L; mientras que el valor máximo se encontró en el mes de septiembre del 2016 y mínimo en enero del 2016 y 2017. Las concentraciones en suelos, presentan un valor máximo en Pozo Laguna 1,378 mg/kg y el mínimo en el punto de la Estación 0,009 mg/kg; mientras como valor máximo se encontró en el mes de septiembre del 2016 y mínimo en marzo del 2017. Las concentraciones obtenidas en sedimentos, presentan el valor máximo en Muelle 170,286 mg/kg y el mínimo en el Río

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Napo 0,571 mg/kg; mientras como valor máximo se encontró en septiembre del 2016 y mínimo en octubre del 2015 (Figura 4).

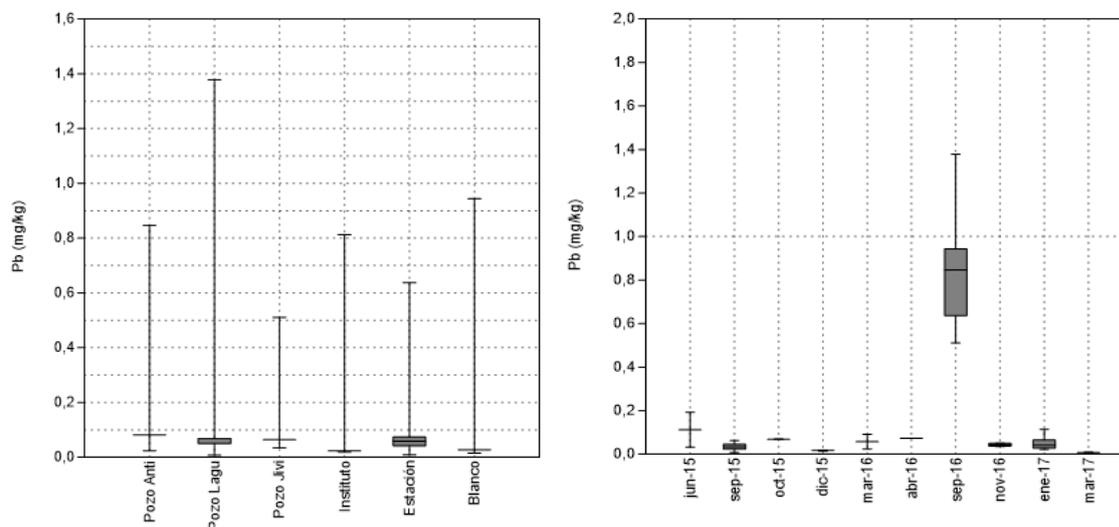
Los meses de marzo y abril del 2015 en las estaciones de muestreo de sedimentos, y de abril y noviembre del 2016 en los puntos de suelos, no presentan valores debido a problemas de logística, por lo cual no se los analizó. Los valores del mes de enero y febrero del 2016 en suelos, no fueron detectables.

Figura 5. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de plomo en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha)



ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Figura 5. (cont.)



En la tabla 10, se pueden observar las concentraciones promedio de Pb en aguas y sedimentos, en donde para aguas, el valor más alto en el punto Caño con 0,091 mg/L y con un valor menor en desembocadura Playayacu con 0,031 mg/L. La normativa legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 0,001 mg/L. Mientras que para sedimentos, el valor más alto es el punto Muelle con 23,884 mg/kg y el menor valor corresponde al río Pishira con 11,509 mg/kg. El valor máximo permisible para Pb en sedimentos, se obtuvo a partir de la normativa Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (ISQG, 2001), el cual es de 35 mg/kg. Los valores se detallan a continuación:

Tabla 10. Concentraciones promedio de Pb en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos

Elemento	Puntos de muestreo								Normativa	
	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu	AM - 097	CSQG
Pb Agua (mg/L)	0,091	0,034	0,031	0,071	0,051	0,045	0,043	0,036	0,001	-
Pb Sed (mg/kg)	12,689	14,582	23,590	18,919	23,884	11,901	11,509	13,697	-	35

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS
DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

En la tabla 11, se pueden observar las concentraciones promedio de Pb en suelos, en donde el valor más alto, es en el punto del sendero “El Caimán” denominado como blanco con 0,329 mg/kg, y el menor valor en el punto de la Estación con 0,148 mg/kg. La normativa legal Ecuatoriana establece como límite máximo permisible 25 mg/kg, sin embargo de acuerdo a la normativa Canadiense el valor límite es de 70 mg/kg. Los valores se detallan a continuación:

Tabla 11. Concentraciones promedio de Pb en las estaciones de muestreo de suelos

Elemento (mg/kg)	Puntos de muestreo						Normativa	
	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco	AM -097	CSQG
Pb	0,259	0,290	0,168	0,182	0,148	0,329	25	70

En base al análisis de varianza (ANOVA), se detectaron diferencias significativas en las concentraciones de bario y manganeso en aguas, arsénico y manganeso en sedimentos entre los ocho puntos analizados, así como para arsénico y manganeso en suelos entre los seis puntos, rechazando la hipótesis nula. Por otra parte, no existen diferencias significativas en las concentraciones de arsénico en aguas, bario en suelos y sedimentos y plomo en los tres componentes.

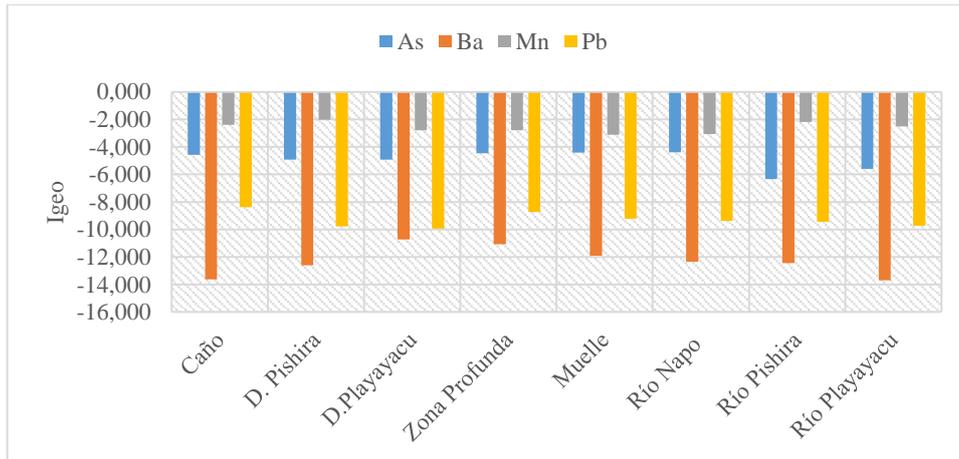
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia $P < 0,05$

Elemento	<i>F</i>	<i>P</i>
AS _{Agua}	0,941456318	0,48245836
BA _{Agua}	3,159351221	0,00415414
Mn _{Agua}	0,13644444	0,01794838
Pb _{Agua}	1,339093535	0,244748602
AS _{Sed}	2,475901493	0,022347737
BA _{Sed}	0,56002955	0,786065115
Mn _{Sed}	2,671304694	0,01411322
Pb _{Sed}	0,1393838	0,99463704
AS _{Suelo}	3,276593049	0,011186855
BA _{Suelo}	0,015736376	0,999904351
Mn _{Suelo}	4,676287061	0,001010811
Pb _{Suelo}	0,154253161	0,976500485

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

El índice de geoacumulación de los cuatro elementos analizados en los puntos de la laguna y ríos y, de acuerdo a la clasificación de Müller (1979), los sedimentos se encontrarían no contaminados por estos metales.

Figura 6. Distribución espacial del índice de geoacumulación (*Igeo*) en sedimentos de la RBL



DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos

La asociación estacional que presentan la laguna y los ríos con respecto a los parámetros fisicoquímicos tomados in situ, se deben a las características propias de cada espacio. En ese caso, la disponibilidad de muchos metales en la columna de agua dependen de propiedades que impulsen a la resuspensión de los sedimentos, en donde se encuentran acumulados (Fuentes & Massol-Deyá, 2002). Con base a lo indicado, al realizar un análisis de correlación, los parámetros no presentaron una relación con los metales analizados.

Sin embargo, una razón por la que en el mes de diciembre del 2016 a abril 2017 existe una reducción de pH, probablemente es por causa de las altas precipitaciones, recopiladas de la Estación Meteorológica de Limoncocha (Anexo A-5), ya que acorde a lo señalado por Andrade (2001), esto puede darse, debido a la incorporación de CO₂ disuelto al agua y que como resultado forme ácido carbónico, lo que hace que se reduzca el pH, influyendo en los procesos químicos de los cuerpos de agua, a partir de lo cual se podrían interpretar los resultados a partir de la liberación de metales desde los sedimentos e inclusive identificar la solubilidad de estos elementos (Betancourt & Labaut, 2013).

Por otra parte, los resultados de potencial redox (eH), presentan valores positivos, lo que indica que en el sistema predominan condiciones oxidantes (Hem, 1985). A la vez, a medida que incrementa el OD, el eH también aumenta; cuya relación es establecida en cuerpos de agua con un alto contenido de materia orgánica y con una marcada estratificación térmica (Fuentes & Massol-Deyá, 2002).

Arsénico

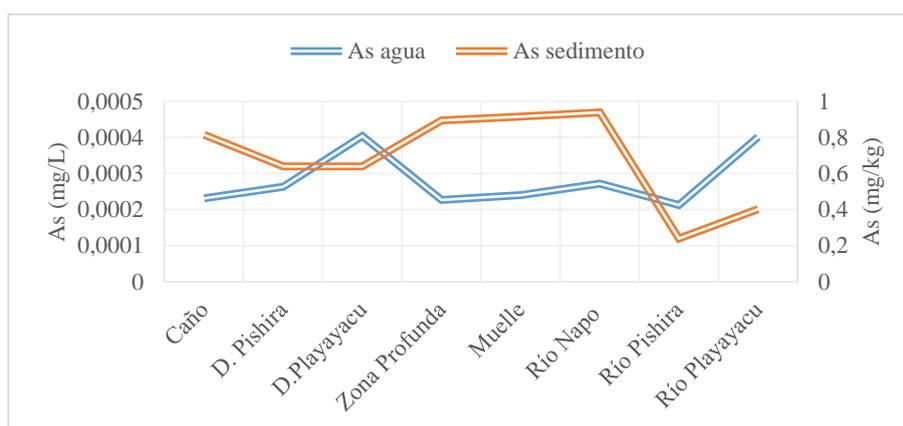
Los valores detectados de As en aguas, son bajos, sin embargo de acuerdo al trabajo realizado por Carrillo (2016), en el año anterior eran aún más bajos, debido a que los

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

resultados obtenidos fueron no detectables. Su presencia en el estudio actual puede deberse a una liberación desde los sedimentos al agua (Laino et al., 2015), por escorrentía superficial o inclusive por una contaminación antrópica. Sin embargo, de acuerdo a lo establecido por la normativa legal ecuatoriana, los valores presentados no superan el límite máximo permisible. Al ser un elemento relevante por su toxicidad, en contraste, se descartaría alguna afectación a la salud humana ya que sus concentraciones son inferiores a 0,01 mg/L, indicado por la Organización Mundial de la Salud (2006).

Las concentraciones de As en aguas y sedimentos representados en la figura 7, presenta una relación, ya que los valores obtenidos como máximos en aguas se reducen en sedimentos, y viceversa. Lo que se plantea es que pueda existir, una acumulación de este elemento en los sedimentos y por efecto de remoción o mezcla, los contaminantes solubles estén presentes en el agua.

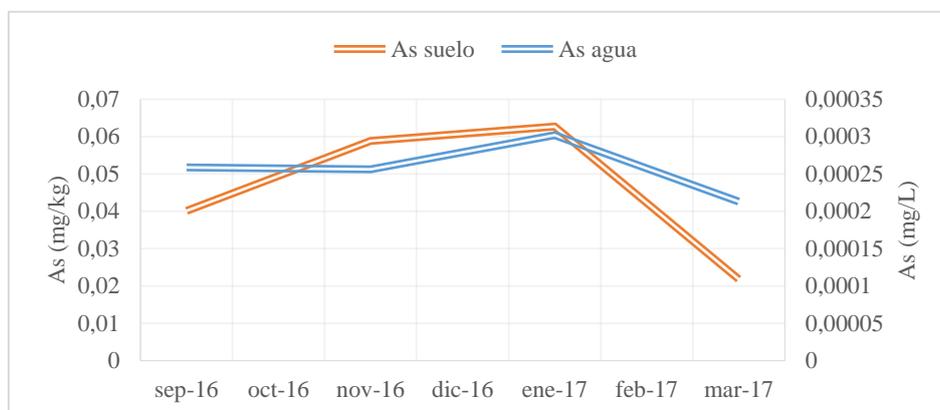
Figura 7. Relación de las concentraciones de As en aguas y sedimentos



En la figura 8, se puede observar que con el paso del tiempo el As presente en el suelo ha disminuido. Coincidiendo con la razón, de mayor presencia de este elemento en aguas, al existir escorrentía superficial a causa de las precipitaciones. Los valores en suelos no superan la normativa legal Ecuatoriana e internacional (CSQG).

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Figura 8. Relación de las concentraciones de As en aguas y suelos



En cuanto a las medianas, el punto Caño, Muelle y río Napo superan el valor de fondo geoquímico de sedimentos, mientras el punto de Pozo Laguna supera el valor de fondo de suelos (tablas 2 y 3), lo cual evidencia anomalías en estos, y probablemente se deberían a un aporte geogénico o antrópico.

Bario

Al analizar la figura 2, en el mes de marzo del 2017 en el punto desembocadura Playayacu, se presentan altos valores en aguas y sedimentos, se presume que podría ser un aporte de una corriente interna por parte del caudal de su afluente, al presentar una remoción de los sedimentos acumulados, lo que hace que el contaminante soluble se encuentre en la superficie y el contaminante insoluble permanezca en el fondo. Al mismo tiempo, el mes de marzo del 2017 presenta el valor máximo en el punto Pozo Jivino B, probablemente se debe a una contaminación geogénica o antrópica al ser la concentración mayor a la natural establecida por el fondo geoquímico.

Los valores obtenidos de Ba en aguas y sedimentos de la RBL en el estudio actual, son inferiores a los reportados por Gómez (2005), en cinco puntos establecidos en su trabajo (Muelle, Zona Profunda, desembocadura Pishira, río Pishira y río Playayacu). En donde, el

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

valor máximo en aguas fue de 3,87 mg/L en el río Pishira, y el mínimo de 0,44 mg/L en Zona Profunda. El valor máximo en sedimentos fue de 237,4 mg/kg en Muelle, y el mínimo de 0,5 mg/kg en el río Pishira. Por otro lado, Cordovéz (1999), reportó valores mayores en suelos y sedimentos con respecto al estudio de Gómez (2005) y al actual. Estas diferencias se pueden explicar por la variabilidad espacial y temporal, así como analíticas de las mediciones realizadas en cada trabajo. Particularmente, en los resultados de Cordovéz (1999) y Gómez (2005), se deben considerar que algunos puntos inciden con los seleccionados en el presente estudio, sin embargo, la metodología de análisis y la fecha de colecta de las muestras (1998-1999, 2005 y 2015-2017) son factores que diferencian a estos trabajos. A partir de los resultados de Cordovéz (1999) y Gómez (2005), se considera que, existen mejores condiciones de acumulación de este metal en sedimentos, a comparación del estudio actual. En el caso del periodo 1998-1999 y 2005, las muestras fueron analizadas mediante espectrofotómetro colorimétrico.

Adicionalmente, al comparar las concentraciones promedio obtenidas de Ba con la normativa ambiental aplicable, en aguas y suelos no se supera el límite máximo permisible. Sin embargo, las medianas de las concentraciones del punto de Pozo Jivino B y el de la Estación son mayores al valor de fondo geoquímico en suelos, mientras que la mediana de desembocadura Playayacu es más alto al valor de fondo en sedimentos (tablas 2 y 3). Lo que indica, que en esas estaciones de muestreo se ha presentado anomalías, y que probablemente se deba a una contaminación geogénica o antrópica.

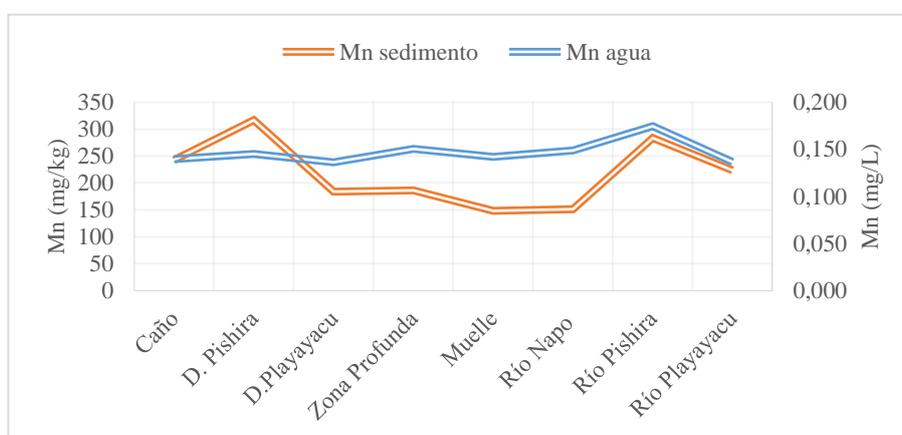
Manganeso

Los altos valores en las concentraciones de Mn señaladas en la figura 9, en los puntos de muestreo de la laguna, presentan una relación entre el manganeso que existe en agua con el

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

que se encuentra en los sedimentos, debido que al aumentar en los sedimentos disminuye en la fase acuosa, y viceversa, específicamente en desembocadura Pishira. Además, existe mayor presencia en agua que en sedimentos. El sendero “El Caimán” tomado como punto blanco, al ser una zona no intervenida y encontrarse como un bosque primario, tiene un alto valor de Mn, y eso se debe probablemente a que proviene de un aporte geogénico.

Figura 9. Relación de las concentraciones de Mn en aguas (mg/L) y sedimentos (mg/kg)



Sin embargo, el análisis realizado por Valdiviezo (en estudio) sobre la presencia de metales pesados en el agua de lluvia de la Reserva Biológica Limoncocha, tomada de noviembre 2016 a febrero 2017, evidencia la concentración de manganeso, registrando un aporte atmosférico, por el cual probablemente, al aumentar los valores que se indican en los meses de noviembre 2016 y febrero 2017 en aguas, suelos y sedimentos se deba a ello.

Tabla 13. Relación entre los valores de precipitación y la presencia de Mn en agua de lluvia

	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	Referencia
Precipitación (mm)	36,3	210,3	198,6	197,6	Estación Meteorológica de Limoncocha
Análisis de metales (mg/L)	0,002	-	0,01	0,013	Valdiviezo (en estudio)
Análisis de metales (mg/kg)	0,003	0,026	0,002	-	Valdiviezo (en estudio)

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

En aguas, la distribución de Mn se caracterizó por un alto contenido con respecto a la media en el Río Pishira de 0,174 (mg/L), valor mayor al reportado por Carrillo (2016), que fue de 0,133 mg/kg. En suelos, se caracterizó por un alto contenido en el punto de la Estación y en el sendero el Caimán, con medias 239,085 mg/kg y 333,029 mg/kg, valores bajos a los reportados por Carrillo (2016), los cuales fueron de 304,5 mg/kg y 337 mg/kg. En sedimentos, se caracterizó por un alto contenido en desembocadura Pishira de 316, 629 mg/kg, valor mayor al reportado por Carrillo (2016), el cual fue de 275 mg/kg. Esta diferencia, se puede determinar por factores asociados a la variabilidad temporal de las mediciones realizadas en cada estudio, sin embargo su fluctuación es similar a lo reportado en el presente trabajo, lo cual demuestra que las concentraciones de este elemento en los puntos indicados se han mantenido hasta la actualidad.

Las concentraciones promedio de Mn en aguas superan el límite máximo permisible de la normativa Legal Ecuatoriana. En cuanto a las medianas de las concentraciones de Mn en suelos, ninguna de las estaciones de muestreo sobrepasa el valor de fondo, sin embargo las medianas de las concentraciones en sedimentos sobrepasan ese valor a excepción de desembocadura Playayacu, Muelle y río Napo (tabla 2 y 3). Los valores de las estaciones de muestreo que superan al valor de fondo geoquímico, probablemente se deban a una contaminación geogénica o antrópica.

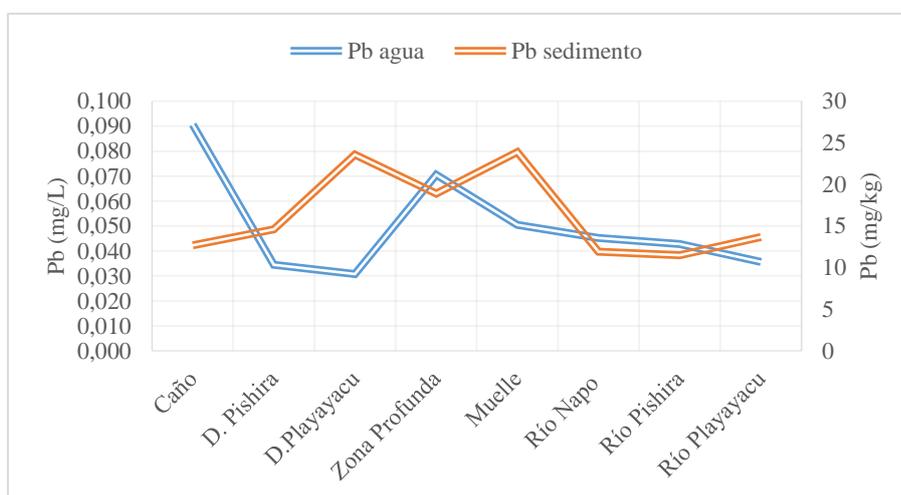
Plomo

Las concentraciones de plomo presentan una situación similar a la de As y Mn, al observar la figura 10, existe una relación de plomo presente en sedimentos y en aguas. Particularmente el punto Caño y Zona Profunda, en donde tienden a incrementar la concentración en aguas y disminuir en sedimentos. Mientras, en el punto del Muelle y

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

desembocadura Playayacu, a medida que incrementa en sedimentos se reduce en aguas. En cuanto a la distribución temporal presentada en la figura 5, los meses del año 2017 que presentan menor cantidad de este metal, probablemente se debe a las altas precipitaciones, las cuales ocasionan una mayor dilución. Sin embargo, el mes de septiembre del 2016 presenta valores altos en aguas, suelos y sedimentos por lo que se considera que se deba a una actividad específica en la que se haya emitido este elemento.

Figura 10. Relación de las concentraciones de Pb en aguas (mg/L) y sedimentos (mg/kg)



Los resultados de Pb en suelos y sedimentos de la RBL obtenidos en el estudio actual, son altos comparados con los establecidos por Cordovéz (1999), que van en un rango de 0,027 a 0,033 mg/kg, coincidiendo los valores altos de las concentraciones promedio en el punto Muelle y desembocadura Playayacu para sedimentos. Por el contrario en suelos, el punto del sendero “el caimán” denominado como blanco, presenta la mayor concentración entre todos los puntos establecidos en el presente estudio, mientras en el dato obtenido en 1999, tiene la menor concentración entre todos los puntos. Diferencias que se pueden deber al lapso de tiempo entre los dos estudios, lo que evidencia un incremento de este elemento con el tiempo.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Al comparar los resultados con la normativa ambiental aplicable, el plomo en aguas supera la normativa Legal Ecuatoriana, mientras que no lo hace para suelos. Además, las concentraciones en sedimentos no superan la normativa internacional Canadiense. Por otro parte, en cuanto a las medianas de las concentraciones de Pb en suelos, todos las estaciones de muestreo sobre pasan el valor de fondo, a excepción del Instituto. Simultáneamente, las medianas de los puntos el Caño, desembocadura Pishira y desembocadura Playayacu sobrepasan el valor de fondo en sedimentos (tabla 2 y 3). Al superar el valor de fondo geoquímico, se considera que probablemente han existido anomalías, las cuales se puede deber a una contaminación geogénica o antrópica.

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), la diferencia que existe entre las concentraciones de algunos de estos metales en los puntos de muestreo en aguas, suelos y sedimentos, probablemente se deban a distintos factores como condiciones meteorológicos (viento, temperatura y precipitación), a la dinámica en el tiempo de los distintos parámetros fisicoquímicos y a la estratificación térmica o al periodo de mezcla en la laguna, ya que acorde a Hem (1985), los cambios en la estructura térmica influyen en la liberación de metales desde los sedimentos.

CONCLUSIONES

- La línea base desarrollada en este estudio, actualiza la información del estado de los componentes ambientales, tales como el agua, suelo y sedimento, de manera que las autoridades administrativas de la reserva, puedan aplicar medidas de gestión que equilibre la protección de los recursos con el crecimiento económico del área de Limoncocha.
- Las concentraciones promedio de arsénico y bario en aguas cumplen con la Normativa Legal Ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, establecida en el Acuerdo Ministerial 097, sin embargo manganeso y plomo no la cumplen.
- Las concentraciones promedio de arsénico, bario y plomo cumplen con la normativa Legal Ecuatoriana para criterios de calidad de suelo, establecida en el Acuerdo Ministerial 097, Anexo 2. Mientras manganeso, al no presentar límite máximo permisible dentro de esta normativa, no define el estado de los suelos con respecto a la presencia de este metal.
- Al ser superado el valor de fondo geoquímico por la mediana de estos elementos en los distintos puntos de muestreo, a excepción del Mn en suelos, se consideraría la existencia de un aporte geogénico o antropogénico.
- Los valores obtenidos para suelo del punto Sendero “El Caimán” presentaron las mayores concentraciones de Mn y Pb. Los sedimentos del punto Desembocadura Playayacu y Muelle presentaron las mayores concentraciones de Ba y Pb. Los valores obtenidos de cada metal pesado en aguas, fueron variables espacialmente, sin embargo la concentración promedio de estos en los puntos tomados en ríos son menores a los colectados en la laguna, rechazando la hipótesis inicial del trabajo.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

- Los trabajos realizados por Cordovéz (1998) y Gómez (2005), presentan distintas metodologías en contraste al estudio actual, sin embargo se genera una comparación en cuanto a la determinación de metales, en donde se evidencia la disminución de bario en suelos y sedimentos con respecto al presente estudio.
- De acuerdo al trabajo realizado por Carrillo (2016), se evidencia que el manganeso en aguas, suelos y sedimentos presenta una tendencia similar con respecto al actual estudio, es decir las concentraciones se han mantenido durante el tiempo. La recolección de resultados obtenidos por Valdiviezo (en estudio), indica el aporte de Mn a partir del agua de lluvia.
- Los valores obtenidos de arsénico durante el periodo 2016-2017, han sido detectables con concentraciones bajas en aguas, a diferencia del periodo 2015-2016 que no presentó valores detectables. Sin embargo, en suelos y sedimentos las concentraciones han disminuido en las estaciones de muestreo, con el tiempo.
- Al conocer los resultados de Pb en el trabajo de Cordovéz (1999), se evidencia que desde ese periodo al actual han incrementado las concentraciones en suelos y sedimentos.
- Con base al índice de geoacumulación de Müller, se conoce que al tener sedimentos no contaminados por estos cuatro elementos, no representaría un riesgo para las comunidades de fauna acuática presente.
- Se descarta que existan anomalías en los sedimentos, contaminación geogénica o antrópica, encontradas en las medianas de los distintos metales analizados, al superar el valor de referencia de fondo geoquímico, de acuerdo al resultado obtenido del índice de Müller.

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

- Es necesario ampliar estudios sobre los valores de referencia de fondo geoquímico en la RBL, para posiblemente modificar la normativa ambiental ecuatoriana, debido a que para el recurso suelo, basado en el Acuerdo Ministerial 097-Anexo 2, solo existen criterios de remediación para suelos contaminados por hidrocarburos mas no para su calidad. En el caso de sedimentos, la normativa es inexistente. Se indica plantear ello, ya que al comparar con normativa internacional no es representativo puesto que presentan distintos valores geológicos.
- Es necesario realizar estudios, para profundizar y clarificar si la presencia de estos metales en aguas, suelos y sedimentos de la RBL, se debe a una variable natural o antropogénica, y estimar sus contribuciones.
- Se debe considerar el análisis de la especiación de As, Ba, Mn, y Pb, para entender el comportamiento químico y biodisponibilidad de estos en aguas, suelos y sedimentos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se llevó a cabo gracias al apoyo financiero de la Universidad Internacional SEK, bajo la guía y la ayuda de la MSc. Katty Coral Carrillo, y la colaboración del Dr. Miguel Martínez-Fresneda Mestre, MSc. Johanna Medrano Barboza y la MSc. Ivonne Carrillo

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Ministerio del Ambiente
- 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.
- Andrade, S. (2001). *Caracterización Limnológica de la Laguna de Limoncocha*. Quito - Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Añazco, M., Morales, M., Palacios, W., Vega, E., & Cuesta, A. (2010). Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y Sistematización No. 8. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION.
- APHA, AWWA, & WEF. (2005). *Standard Methods: 3030E: Nitric Acid Digestion of Metals* (21st Edition ed.). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- Armas, M., & Lasso, S. (2011). Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha.
- Betancourt, C., & Labaut, Y. (2013). a calidad fisicoquímica del agua en embalses, principales variables a considerar. *Revista Agroecosistemas*, 1, 78-103.
- Carrillo, D. (2016). Evaluación de la concentración de arsénico y manganeso en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha para establecer la línea base, 2015-2016. 1-58.
- Cerón, M. (2016). Evaluación de la concentración de cadmio y níquel en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha para establecer la línea base, 2015-2016.
- Cordovéz, B. (1999). Caracterización y evaluación de los suelos y sedimentos del sector y de la laguna de Limoncocha.
- Diez, M. (2006). Valores de fondo de elementos traza en suelos de la provincia de Granada.
- EPA. (1996). *Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils*. Revision 2.
- Fuentes, F., & Massol-Deyá, A. (2002). *Manual de Laboratorios: Ecología de microorganismos* (Vol. Segunda Parte). Universidad de Puerto Rico.
- Gómez, G. (2005). Estudio de los sedimentos de la laguna de Limoncocha. 1-88.
- Granizo, F. (2011). *EL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA EN EL PERÍODO (FEBRERO 2010-ENERO 2011)*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Hem, J. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of natural Water* (Third Edition USGS ed.). Washington, DC.
- INEC. (2001). *Cantón Shushufindi*. VI Censo de Población y V de Vivienda.
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Sucumbíos. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/sucumbios.pdf>

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS

DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

- ISQG. (2001). "Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of aquatic life: Summary tables". *Canadian Council of Ministers of the Environment*.
- Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Revista de Tecnología y Ciencias del Agua*, VI(4), 61-74.
- Litter, M., Armienta, M., & Farías, S. (2009). *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y sueloS*. Argentina: CYTED.
- MAE. (2015). Reserva Biológica Limoncocha.
- Marrugo, J., & Paternina, R. (2011). Evaluación de la contaminación por metales pesados en la ciénaga La Soledad y Bahía de Cispatá, cuenca del Bajo Sinú, departamento de Córdoba.
- Moscoso, P. (2013). Por el camino de la anaconda. *Revista Terra Incognita*(85), 46-48.
- Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River
- Ordoñez, C. (2013). Caracterización geoquímica de sedimentos de la Laguna Limoncocha.
- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición. 1, 157. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados.
- Sánchez, M. (2003). *Determinación de metales pesados en suelos de medina del campo (Valladolid). Contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia*. Universidad de Valladolid, Departamento de Química Analítica.
- Turekian, K., & Wedepohl, K. (1961). Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72, 175-192.

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Concentración de metales pesados en suelos y sedimentos.....	10
Ecuación 2. Índice de geoacumulación de metales en sedimentos.....	11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio con los puntos de muestreo de aguas, suelos y sedimentos	8
Figura 2. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de arsénico en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha)	14
Figura 3. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de bario en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha).	17
Figura 4. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de manganeso en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha).	19
Figura 5. Valores de la concentración media, máximos y mínimos de plomo en aguas (mg/L), sedimentos y suelos (mg/kg). Distribución espacial (izquierda) y temporal (derecha)	22
Figura 6. Distribución espacial del índice de geoacumulación (<i>I_{geo}</i>) en sedimentos de la RBL	25
Figura 7. Relación de las concentraciones de As en aguas y sedimentos	27
Figura 8. Relación de las concentraciones de As en aguas y suelos	28
Figura 9. Relación de las concentraciones de Mn en aguas (mg/L) y sedimentos (mg/kg)	30
Figura 10. Relación de las concentraciones de Pb en aguas (mg/L) y sedimentos (mg/kg)	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros medidos in situ de las muestras de los ríos y laguna	12
Tabla 2. Mediana de las concentraciones de As, Ba, Mn y Pb en sedimentos	13
Tabla 3. Mediana de las concentraciones de As, Ba, Mn y Pb en suelos	13

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

Tabla 4. Concentraciones promedio de As en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos	15
Tabla 5. Concentraciones promedio de As en las estaciones de muestreo de suelos	16
Tabla 6. Concentraciones promedio de Ba en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos	18
Tabla 7. Concentraciones promedio de Ba en las estaciones de muestreo de suelos	18
Tabla 8. Concentraciones promedio de Mn en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos	21
Tabla 9. Concentraciones promedio de Mn en las estaciones de muestreo de suelos	21
Tabla 10. Concentraciones promedio de Pb en las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos	23
Tabla 11. Concentraciones promedio de Pb en las estaciones de muestreo de suelos	24
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia $P < 0,05$	24
Tabla 13. Relación entre los valores de precipitación y la presencia de Mn en agua de lluvia.....	30

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	43
A-1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos en la RBL	43
A-2. Localización geográfica de las estaciones de muestreo de suelos en la RBL	43
A-3. Valores de línea base establecidos por Turekian y Wedepohl	43
A-4. Límite de detección para bario, manganeso y plomo en aguas, suelos y sedimentos	44
A-5. Datos de precipitación de la Estación Meteorológica de Limoncocha	44
ANEXO B	45
A-1. Tablas del análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos (pH, T, CE, OD y eH)	45
ANEXO C	47
A-1. Tablas de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en aguas.....	47
A-2. Tablas de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en sedimentos.....	48
A-3. Tabla de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en suelos	49
A-4. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en aguas.....	50
A-5. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en sedimentos	51
A-6. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en suelos	52
A-7. Tabla de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en aguas	53
A-8. Tablas de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en sedimentos	54

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-9. Tablas de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en suelos	55
A-10. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en aguas	56
A-11. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en sedimentos	57
A-12. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en suelos	58
ANEXO D	59
A-1. Puntos de muestreo de aguas y sedimentos.....	59
A-2. Puntos de muestreo de suelos	62
A-3. Pre tratamiento de las muestras de suelos y sedimentos en base al método EPA 3050B	64
A-4. Equipos para la determinación de arsénico, bario, manganeso y plomo.....	65

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

ANEXO A

A-1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo de aguas y sedimentos en la

RBL

Punto	Oeste X	Norte Y	Altitud (m)
1	322450	9957026	244
2	321523	9957107	242
3	320315	9956422	243
4	320464	9955756	240
5	319828	9954858	243
6	319258	9950788	235
7	318794	9959490	267
8	317589	9957679	282

A-2. Localización geográfica de las estaciones de muestreo de suelos en la RBL

Punto	Oeste X	Norte Y	Altitud (m)
9	319303	9954281	228
10	322661	9954913	239
11	320055	9956277	252
12	319717	9955425	258
13	319673	9954996	250
14	320526	9957796	247

A-3. Valores de línea base establecidos por Turekian y Wedepohl

Elemento (mg/kg)	Línea base Turekian y Wedepohl	Igeo							
		Caño	D. Pishira	D. Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
As	13	-4,581	-4,930	-4,927	-4,446	-4,410	-4,376	-6,348	-5,598
Ba	580	-13,626	-12,613	-10,731	-11,077	-11,911	-12,349	-12,452	-13,705
Mn	850	-2,396	-2,010	-2,792	-2,775	-3,105	-3,075	-2,171	-2,513
Pb	20	-8,371	-9,767	-9,928	-8,731	-9,214	-9,376	-9,453	-9,716

(-) = valores < 0 (sedimentos no contaminados)

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-4. Límite de detección para bario, manganeso y plomo en aguas, suelos y sedimentos

Elemento	Límite de detección
Ba (mg/L)	0,177
Mn (mg/kg)	0,234
Pb (mg/kg)	0,178

A-5. Datos de precipitación de la Estación Meteorológica de Limoncocha

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LIMONCOCHA	abr-16	39,4
	may-16	306,1
	jun-16	32
	jul-16	25,4
	ago-16	-
	sep-16	-
	oct-16	2,5
	nov-16	36,3
	dic-16	210,3
	ene-17	198,6
	feb-17	197,6
	mar-17	269,2
	abr-17	167,1
	may-17	302
jun-17	10,2	

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

ANEXO B

RESULTADOS OBTENIDOS

A-1. Tablas del análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos (pH, T, CE, OD y eH)

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° total de muestras	18	18	18	18	18	18	18	18
Mínimo (pH)	6,710	4,520	5,060	5,280	4,460	5,240	5,230	4,780
Máximo (pH)	9,050	9,390	9,300	9,500	9,600	9,600	8,230	8,160
Media (pH)	7,742	8,297	8,279	8,319	8,118	7,338	7,154	7,014
Varianza (pH)	0,505	1,223	0,993	1,214	1,235	0,714	0,436	0,503
Mediana (pH)	7,590	8,540	8,465	8,550	8,220	7,205	7,230	7,070
Coefficiente de Variación (%)	9,175	13,330	12,035	13,244	13,691	11,519	9,233	10,113

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	18	18	18	18	18	18	18	18
Mínimo (°C)	26,900	25,500	25,700	27,200	23,100	20,200	17,300	23,300
Máximo (°C)	31,400	31,800	32,000	32,000	32,300	29,500	28,100	28,000
Media (°C)	28,744	28,461	29,017	29,389	29,500	25,339	25,106	25,619
Varianza(°C)	1,285	2,493	2,286	2,138	5,533	4,344	4,809	1,557
Mediana(°C)	28,750	28,150	29,300	29,300	29,800	25,250	25,100	25,600
Coefficiente de Variación (%)	3,944	5,548	5,211	4,975	7,974	8,225	8,735	4,870

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	17	17	17	17	17	17	17	17
Mínimo (µs/cm)	83,500	90,000	87,400	86,000	84,000	58,600	70,900	71,800
Máximo (µs/cm)	190,700	206,300	261,000	210,000	218,000	100,800	142,600	140,100
Media (µs/cm)	132,606	137,576	158,894	145,153	139,859	83,618	108,988	116,806
Varianza (µs/cm)	1107,147	1125,491	2345,527	1682,044	1529,231	197,857	392,305	353,972
Mediana (µs/cm)	118,200	125,400	155,200	129,800	126,800	83,600	115,000	117,700
Coefficiente de Variación (%)	25,092	24,385	30,480	28,255	27,961	16,822	18,173	16,107

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y

SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

	Caño	D.Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo (mg/L)	3,29	3,32	3,91	4,88	2,67	7	6,23	5,32
Máximo (mg/L)	9,28	10,54	15,27	16,22	13,99	7,55	6,89	6,81
Media (mg/L)	5,858	7,636	8,590	9,495	7,468	7,293	6,441	6,058
Varianza (mg/L)	3,669	5,727	11,884	14,361	16,294	0,033	0,044	0,256
Mediana (mg/L)	5,23	7,9	8,665	8,5	7,225	7,29	6,395	5,92
Coefficiente de Variación (%)	32,701	31,339	40,132	39,912	54,055	2,477	3,274	8,352

	Caño	D.Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo (eH)	166	185,7	167	2,18	248,7	218,9	255,5	255,2
Máximo (eH)	258,9	275,4	292,9	291,2	374,4	321,9	359,3	328,7
Media (eH)	220,525	227,550	227,775	211,798	318,575	281,963	306,950	303,888
Varianza (eH)	923,971	1337,620	1968,234	8139,523	1424,496	962,288	892,949	618,073
Mediana (eH)	233,6	216,25	220,15	229	319,15	286	307,15	310,55
Coefficiente de Variación (%)	13,784	16,073	19,477	42,597	11,847	11,002	9,735	8,181

ANEXO C

RESULTADOS OBTENIDOS

A-1. Tablas de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en aguas

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo (mg/L)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Máximo (mg/L)	0,0002	0,0005	0,0016	0,0003	0,0003	0,0004	0,0002	0,0009
Media (mg/L)	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004
Varianza (mg/L)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mediana (mg/L)	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003
Coefficiente de Variación (%)	22,128	48,710	125,126	36,104	29,632	30,912	20,260	82,658

	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17
N° de muestras	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo (mg/L)	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Máximo (mg/L)	0,0006	0,0003	0,0004	0,0009	0,0004	0,0016	0,0003	0,0003
Media (mg/L)	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0005	0,0002	0,0002
Varianza (mg/L)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mediana (mg/L)	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
Coefficiente de Variación (%)	55,066	29,692	40,994	67,626	18,896	107,187	24,015	19,094

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-2. Tablas de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en sedimentos

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	13	14	13	10	13	14	12	13
Mínimo (mg/kg)	0,021	0,028	0,030	0,046	0,055	0,023	0,019	0,025
Máximo (mg/kg)	1,882	1,960	1,281	1,863	1,844	1,838	0,695	1,818
Media (mg/kg)	0,815	0,640	0,641	0,895	0,917	0,939	0,239	0,402
Varianza (mg/kg)	0,385	0,396	0,302	0,429	0,377	0,459	0,049	0,237
Mediana (mg/kg)	0,899	0,495	0,6	0,822	0,881	1,167	0,195	0,385
Coefficiente de Variación (%)	76,130	98,431	85,731	73,198	66,926	72,171	92,251	120,955

	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
N° de muestras	7	5	8	7	7	5	8	8	7	8	8	8	8	8
Mínimo (mg/kg)	0,117	0,313	0,418	0,175	0,178	0,515	0,271	0,207	0,156	0,235	0,030	0,046	0,057	0,019
Máximo (mg/kg)	0,695	1,818	1,863	1,481	1,502	1,960	1,537	1,556	1,882	1,786	0,279	0,321	0,294	0,055
Media (mg/kg)	0,398	1,000	1,100	0,982	0,841	1,383	0,993	0,939	1,182	0,834	0,112	0,124	0,151	0,031
Varianza (mg/kg)	0,066	0,390	0,265	0,191	0,223	0,329	0,330	0,309	0,412	0,272	0,008	0,010	0,009	0,000
Mediana (mg/kg)	0,404	0,802	1,064	1,133	0,899	1,546	1,222	1,050	1,338	0,822	0,093	0,082	0,131	0,027
Coefficiente de Variación (%)	64,504	62,418	46,816	44,576	56,221	41,459	57,849	59,236	54,260	62,608	80,705	79,578	63,849	41,063

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-3. Tabla de análisis estadístico descriptivo de arsénico (As) en suelos

	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
N° de muestras	10	12	8	8	13	14
Mínimo (mg/kg)	0,025	0,025	0,015	0,017	0,023	0,019
Máximo (mg/kg)	0,52	1,435	0,504	0,61	0,971	1,477
Media (mg/kg)	0,180	0,703	0,139	0,179	0,317	0,350
Varianza (mg/kg)	0,031	0,293	0,029	0,060	0,113	0,235
Mediana (mg/kg)	0,1125	0,7165	0,0435	0,0375	0,209	0,197
Coefficiente de Variación (%)	98,133	77,064	121,818	136,749	106,143	138,425

	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
N° de muestras	1	6	4	5	5	3	6	5	3	3	6	6	6	6
Mínimo (mg/kg)	0,075	0,110	0,306	0,179	0,041	0,335	0,334	0,038	0,174	0,039	0,028	0,025	0,037	0,015
Máximo (mg/kg)	0,075	1,283	1,435	0,932	1,433	1,477	0,610	1,416	1,031	0,806	0,074	0,177	0,145	0,032
Media (mg/kg)	0,075	0,359	0,763	0,433	0,638	0,780	0,500	0,475	0,471	0,312	0,040	0,059	0,063	0,022
Varianza(mg/kg)	0	0,207	0,295	0,112	0,349	0,374	0,010	0,311	0,235	0,183	0,000	0,003	0,002	0,000
Mediana(mg/kg)	0,075	0,191	0,655	0,220	0,397	0,528	0,512	0,282	0,209	0,092	0,035	0,038	0,045	0,021
Coefficiente de Variación (%)	0	126,976	71,204	77,255	92,543	78,370	19,806	117,530	102,900	137,145	42,409	99,223	65,915	28,444

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-4. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en aguas

	Caño	D.Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	16	16	16	17	16	17	17	17
Mínimo (mg/L)	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,031	0,001	0,002
Máximo (mg/L)	0,436	0,853	2,130	2,534	1,111	0,791	1,584	0,446
Media (mg/L)	0,069	0,139	0,512	0,403	0,226	0,167	0,155	0,065
Varianza (mg/L)	0,019	0,064	0,304	0,365	0,102	0,035	0,155	0,013
Mediana (mg/L)	0,018	0,024	0,407	0,258	0,059	0,090	0,033	0,033
Coefficiente de Variación (%)	199,198	182,712	107,635	150,053	141,216	112,772	253,570	171,742

	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
N° muestras	6	8	8	8	8	7	8	5	8	7	8	7	8	6	8	8	8	6
Mínimo(mg/L)	0,006	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,041	0,006	0,012	0,001	0,041	0,003	0,026	0,032	0,258	0,223	0,001
Máximo(mg/L)	1,111	0,809	0,391	0,821	0,333	0,422	0,267	0,457	2,130	0,637	0,102	0,086	0,047	0,046	0,078	1,123	2,534	0,002
Media (mg/L)	0,483	0,197	0,110	0,160	0,097	0,122	0,083	0,254	0,501	0,233	0,053	0,052	0,033	0,035	0,046	0,595	0,792	0,002
Varianza(mg/L)	0,267	0,091	0,024	0,079	0,020	0,028	0,012	0,030	0,513	0,051	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,700	0,000
Mediana(mg/L)	0,353	0,058	0,034	0,028	0,023	0,004	0,034	0,325	0,330	0,176	0,051	0,043	0,035	0,034	0,041	0,519	0,387	0,002
Coefficiente de Variación (%)	107,017	152,986	141,994	176,166	144,326	138,219	134,234	68,634	143,063	97,158	53,238	31,677	40,401	23,955	34,674	50,448	105,595	36,515

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-5. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en sedimentos

	Caño	D. Pishira	D. Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	12	11	13	13	8	13	8	10
Mínimo (mg/kg)	7,446	8,222	8,130	7,543	7,046	0,227	8,842	8,548
Máximo (mg/kg)	208,8	196,962	204,902	105,516	201,097	190,111	200,003	208,205
Media (mg/kg)	28,894	29,081	59,870	30,824	48,462	22,468	35,641	31,937
Varianza (mg/kg)	3220,019	3107,039	4355,802	753,760	4835,125	2601,538	4416,521	3842,194
Mediana (mg/kg)	13,636	14,034	34,178	22,287	17,344	8,433	13,945	13,829
Coefficiente de Variación (%)	196,390	191,672	110,236	89,071	143,485	227,016	186,464	194,086

	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
N° de muestras	7	6	6	7	7	7	3	6	4	3	8	8	8	8
Mínimo (mg/kg)	0,227	1,088	0,980	6,151	0,670	6,908	13,259	13,166	24,776	9,549	7,543	7,800	7,046	57,151
Máximo (mg/kg)	105,516	72,841	31,084	74,097	25,287	34,178	18,678	37,665	204,902	37,016	10,536	11,044	9,111	208,800
Media (mg/kg)	43,313	28,646	16,784	22,347	14,493	16,661	16,093	21,550	69,982	18,713	8,668	9,138	8,183	182,259
Varianza (mg/kg)	2015,378	773,940	103,873	533,326	63,260	72,189	7,388	95,084	8090,460	251,259	1,314	1,002	0,455	2594,155
Mediana (mg/kg)	14,444	15,272	15,599	14,857	14,012	14,476	16,341	19,246	25,125	9,573	8,328	9,002	8,226	198,483
Coefficiente de Variación (%)	103,648	97,115	60,725	103,343	54,878	50,995	16,890	45,249	128,529	84,708	13,226	10,952	8,242	27,945

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-6. Tablas de análisis estadístico descriptivo de bario (Ba) en suelos

	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
N° de muestras	10	11	9	11	10	11
Mínimo (mg/kg)	9,352	7,053	7,765	7,345	7,336	7,718
Máximo (mg/kg)	205,922	184,868	200,760	212,895	212,327	202,638
Media (mg/kg)	39,222	34,897	40,743	37,295	40,304	36,911
Varianza (mg/kg)	3489,665	2529,897	3665,355	3442,855	3720,462	3078,040
Mediana (mg/kg)	24,311	24,327	26,252	23,446	25,913	24,814
Coefficiente de Variación (%)	150,614	144,131	148,594	157,330	151,338	150,306

	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
N° de muestras	6	6	4	1	5	1	5	5	5	6	6	6	6
Mínimo(mg/kg)	25,596	23,371	23,520	24,929	25,245	25,338	23,084	24,311	24,039	9,174	8,597	7,053	184,868
Máximo(mg/kg)	27,396	26,425	29,488	24,929	27,315	25,338	27,369	25,740	27,944	13,783	14,647	9,352	212,895
Media (mg/kg)	26,312	24,790	26,279	24,929	26,317	25,338	25,250	24,952	25,426	10,321	10,411	7,762	203,235
Varianza(mg/kg)	0,482	1,911	6,069	0	1,044	0	3,815	0,297	2,456	2,973	5,205	0,678	105,406
Mediana(mg/kg)	26,091	24,583	26,054	24,929	26,517	25,338	24,863	24,935	24,693	9,710	9,689	7,532	204,280
Coefficiente de Variación (%)	2,639	5,577	9,374	0	3,882	0	7,736	2,185	6,164	16,706	21,912	10,606	5,052

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-7. Tabla de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en aguas

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	18	17	17	18	17	17	17	18
Mínimo (mg/L)	0,01	0,005	0,004	0,017	0,004	0,001	0,002	0,006
Máximo (mg/L)	0,402	0,523	0,527	0,445	0,524	0,345	0,502	0,454
Media (mg/L)	0,140	0,145	0,136	0,150	0,142	0,149	0,174	0,136
Varianza (mg/L)	0,014	0,021	0,019	0,014	0,020	0,016	0,032	0,018
Mediana (mg/L)	0,137	0,07	0,07	0,109	0,08	0,156	0,091	0,074
Coefficiente de Variación (%)	84,533	100,771	101,899	78,258	98,665	86,245	101,826	98,188

	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
N° de muestras	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	4	8	8	8	8
Mínimo (mg/L)	0,180	0,181	0,050	0,010	0,023	0,022	0,004	0,013	0,015	0,006	0,265	0,230	0,101	0,176	0,241	0,345	0,011	0,001
Máximo (mg/L)	0,463	0,456	0,181	0,197	0,082	0,101	0,050	0,099	0,042	0,030	0,305	0,338	0,215	0,285	0,298	0,527	0,037	0,019
Media (mg/L)	0,251	0,244	0,137	0,084	0,053	0,062	0,027	0,049	0,027	0,023	0,286	0,288	0,168	0,228	0,274	0,465	0,021	0,009
Varianza (mg/L)	0,008	0,008	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0	0
Mediana (mg/L)	0,216	0,202	0,153	0,072	0,048	0,060	0,024	0,051	0,026	0,026	0,289	0,289	0,178	0,226	0,280	0,478	0,017	0,008
Coefficiente de Variación (%)	36,472	37,741	34,187	62,422	44,956	48,882	65,858	56,324	29,230	33,865	5,725	10,916	21,621	20,147	8,170	14,291	40,812	78,029

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-8. Tablas de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en sedimentos

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	14	14	14	11	13	14	14	14
Mínimo (mg/kg)	53,2	132,5	30	43,8	21,3	36,8	80	66,9
Máximo (mg/kg)	724,5	754,1	424,4	310	594,9	270	541,2	457,8
Media (mg/kg)	242,307	316,629	184,107	186,318	148,223	151,350	283,179	223,307
Varianza (mg/kg)	35813,796	35470,644	11640,565	8049,098	20404,589	4158,624	20713,105	14003,018
Mediana (mg/kg)	197,45	231,5	153	160	120	155	288	215
Coefficiente de Variación (%)	78,101	59,482	58,603	48,152	96,371	42,608	50,823	52,992

	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
N° de muestras	7	6	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo (mg/kg)	30	180	120	120	160	150	150	96	74	85	147,6	163,4	21,3	34,7
Máximo (mg/kg)	190,000	485,700	564,600	320,000	310,000	724,500	541,200	344,100	334	200	573,7	754,1	222,5	132,5
Media (mg/kg)	107,143	294,283	272,013	197,143	230,000	359,225	334,938	186,638	170,875	149	264,563	338,288	87,425	68,663
Varianza (mg/kg)	3223,810	11137,682	29027,001	6790,476	3542,857	42640,116	22933,357	6808,194	6076,411	1534,0	18318,948	37685,107	4479,225	1361,386
Mediana (mg/kg)	90,0	285,0	220,0	150,0	245,0	285,0	280,0	153,0	145,500	158,0	221,1	258,2	63,750	53,450
Coefficiente de Variación (%)	52,993	35,862	62,634	41,799	25,879	57,483	45,214	44,210	45,619	26,286	51,159	57,385	76,554	53,737

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-9. Tablas de análisis estadístico descriptivo de manganeso (Mn) en suelos

	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
N° de muestras	12	12	10	12	13	14
Mínimo (mg/kg)	42,9	31,8	31,1	37,1	16,2	104,3
Máximo (mg/kg)	435,6	487,5	489,2	205,7	440,4	576
Media (mg/kg)	196,442	195,108	200,460	119,100	239,085	333,029
Varianza (mg/kg)	11315,764	13966,190	16122,180	2465,000	17479,761	20496,408
Mediana (mg/kg)	201,2	193,5	190	120	270	315
Coefficiente de Variación (%)	54,151	60,571	63,341	41,687	55,299	42,989

	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
N° de muestras	1	6	6	6	5	3	6	6	5	5	6	6	6	6
Mínimo (mg/kg)	280	140	130	110	190	150	170	150	96,1	98,4	175,8	103,8	16,2	38,1
Máximo (mg/kg)	280	435,6	330	359,70	487,5	310	576	440,7	288	336	515,4	539,3	104,3	133
Media (mg/kg)	280	262,6	241,667	196,617	324,38	253,333	309,4	273,45	161,74	173,2	251,850	279,75	43,9	68,483
Varianza (mg/kg)	0	9878,960	5976,667	9407,082	16711,922	8033,333	26031,6	9993,415	5737,283	9456,855	17315,471	36067,459	954,588	1130,526
Mediana (mg/kg)	280	240	240	150	270	300	230	270	144,8	127,5	196,35	218,85	34,45	59,75
Coefficiente de Variación (%)	0	37,850	31,990	49,330	39,853	35,380	52,147	36,558	46,831	56,147	52,249	67,887	70,379	49,097

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-10. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en aguas

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	12	13	11	9	8	6	8	13
Mínimo (mg/L)	0,004	0,006	0,005	0,003	0,012	0,023	0,002	0,002
Máximo (mg/L)	0,441	0,090	0,090	0,240	0,171	0,069	0,111	0,091
Media (mg/L)	0,091	0,034	0,031	0,071	0,051	0,045	0,043	0,036
Varianza (mg/L)	0,013	0,001	0,001	0,007	0,003	0,001	0,001	0,001
Mediana (mg/L)	0,065	0,029	0,021	0,022	0,025	0,043	0,035	0,032
Coefficiente de Variación (%)	126,256	72,951	85,598	117,584	110,586	50,583	79,738	85,312

	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
N° de muestras	4	3	6	4	1	3	3	2	2	1	8	8	6	5	7	5	4	8
Mínimo (mg/L)	0,016	0,005	0,021	0,006	0,009	0,006	0,002	0,057	0,015	0,004	0,003	0,006	0,019	0,018	0,002	0,015	0,003	0,014
Máximo (mg/L)	0,106	0,090	0,121	0,084	0,009	0,041	0,061	0,069	0,023	0,004	0,441	0,240	0,090	0,090	0,065	0,032	0,091	0,055
Media (mg/L)	0,045	0,055	0,072	0,035	0,009	0,023	0,023	0,063	0,019	0,004	0,118	0,065	0,051	0,056	0,033	0,022	0,038	0,028
Varianza (mg/L)	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,022	0,006	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
Mediana (mg/L)	0,030	0,069	0,074	0,025	0,009	0,023	0,006	0,063	0,019	0,004	0,058	0,054	0,055	0,068	0,026	0,021	0,029	0,025
Coefficiente Variación (%)	90,641	80,992	60,053	99,780	0,000	75,010	143,346	13,469	29,773	0,000	125,004	115,263	52,492	62,843	71,320	32,012	99,995	43,959

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-11. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en sedimentos

	Caño	D. Pishira	D.Playayacu	Zona Profunda	Muelle	Río Napo	Río Pishira	Río Playayacu
N° de muestras	9	6	6	7	8	10	7	8
Mínimo (mg/kg)	1,556	2,15	2,463	1,333	1,404	0,571	0,889	1,904
Máximo (mg/kg)	80,533	66,364	121,351	115,162	170,286	100,332	68,702	88,471
Media (mg/kg)	12,689	14,582	23,590	18,919	23,884	11,901	11,509	13,697
Varianza (mg/kg)	649,765	645,813	2294,546	1760,771	3502,183	965,983	636,852	914,049
Mediana (mg/kg)	3,9	4,558	4,65	3,275	2,786	2,2425	2,481	2,8845
Coefficiente de Variación (%)	200,883	174,273	203,058	221,796	247,782	261,159	219,277	220,735

	abr-15	jun-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	sep-16	nov-16	ene-17	mar-17
N° de muestras	6	2	5	6	6	6	3	5	8	4	5	5
Mínimo (mg/kg)	1,301	1,750	1,904	0,571	1,224	2,263	2,609	2,150	66,364	2,222	1,213	0,889
Máximo (mg/kg)	6,838	2,840	4,400	4,838	5,400	5,519	5,713	3,150	170,286	3,650	6,775	3,778
Media (mg/kg)	3,754	2,295	3,101	2,961	2,466	3,526	3,928	2,745	101,400	3,028	4,200	1,945
Varianza(mg/kg)	5,820	0,594	1,058	1,919	2,500	1,789	2,571	0,139	1176,161	0,367	4,608	1,263
Mediana(mg/kg)	3,259	2,295	2,840	3,148	1,835	3,123	3,463	2,840	94,402	3,119	4,650	1,556
Coefficiente de Variación (%)	64,264	33,584	33,172	46,793	64,125	37,931	40,818	13,564	33,822	20,017	51,106	57,782

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-12. Tablas de análisis estadístico descriptivo de plomo (Pb) en suelos

	Pozo Antiguo	Pozo Laguna	Pozo Jivino B	Instituto	Estación	Blanco
N° de muestras	4	6	4	5	6	3
Mínimo (mg/kg)	0,024	0,008	0,035	0,019	0,009	0,015
Máximo (mg/kg)	0,846	1,378	0,511	0,813	0,637	0,944
Media (mg/kg)	0,259	0,290	0,168	0,182	0,148	0,329
Varianza (mg/kg)	0,155	0,288	0,052	0,125	0,058	0,284
Mediana (mg/kg)	0,082	0,068	0,064	0,023	0,058	0,028
Coefficiente de Variación (%)	152,159	184,668	135,778	194,074	162,689	161,957

	jun-15	sep-15	oct-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	sep-16	nov-16	ene-17	mar-17
N° de muestras	2	4	1	2	0	0	2	1	6	4	5	1
Mínimo (mg/kg)	0,032	0,009	0,068	0,015	N.D	N.D	0,024	0,074	0,511	0,035	0,022	0,008
Máximo (mg/kg)	0,193	0,063	0,068	0,019	N.D	N.D	0,091	0,074	1,378	0,050	0,114	0,008
Media (mg/kg)	0,113	0,035	0,068	0,017	N.D	N.D	0,058	0,074	0,855	0,043	0,054	0,008
Varianza (mg/kg)	0,013	0,001	0	0,000	N.D	N.D	0,002	0,000	0,090	0,000	0,001	0
Mediana (mg/kg)	0,113	0,035	0,068	0,017	N.D	N.D	0,058	0,074	0,830	0,044	0,042	0,008
Coefficiente de Variación (%)	101,195	68,021	0	16,638	N.D	N.D	82,393	0,000	35,062	18,893	68,817	0

N.D = No Detectable

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

ANEXO D

A-1. Puntos de muestreo de aguas y sedimentos



Ilustración 1. Río Napo



Ilustración 2. Río Playayacu



Ilustración 3. Río Pishira

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA



Ilustración 4. Caño



Ilustración 5. Desembocadura Playayacu

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA



Ilustración 6. Desembocadura Pishira



Ilustración 7. Zona Profunda



Ilustración 8. Muelle

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-2. Puntos de muestreo de suelos



Ilustración 9. Pozo Jivino B



Ilustración 10. Instituto

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

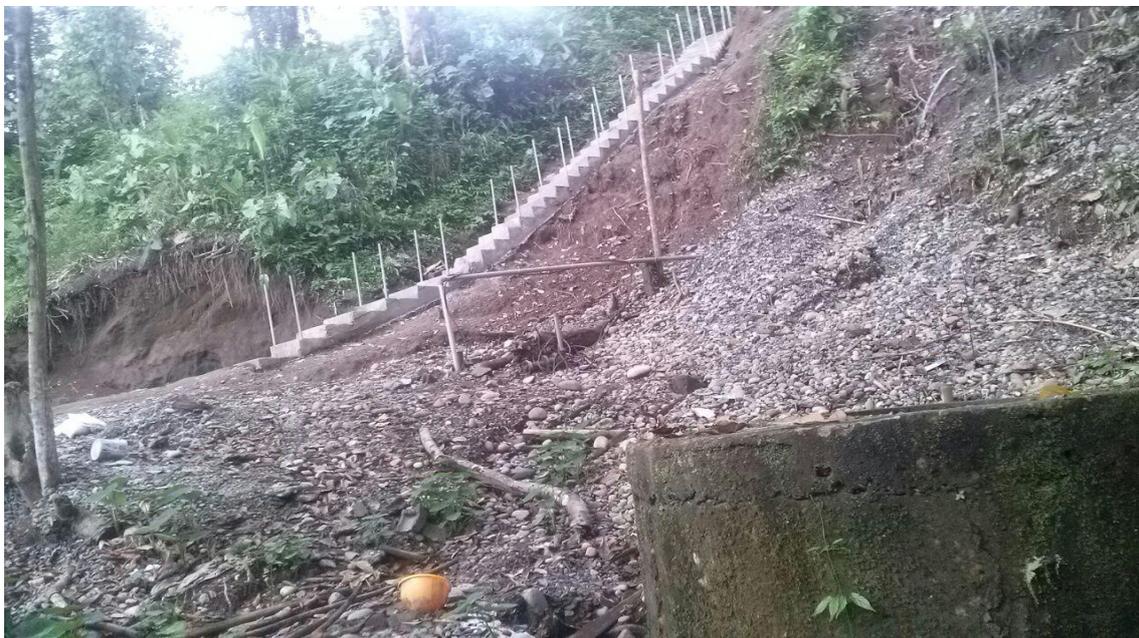


Ilustración 11. Pozo Antiguo

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-3. Pre tratamiento de las muestras de suelos y sedimentos en base al método EPA
3050B



Ilustración 12. Secado de las muestras



Ilustración 13. Trituración de la muestra



Ilustración 14. Proceso de digestión con reflujo



Ilustración 15. Aforo de las muestras

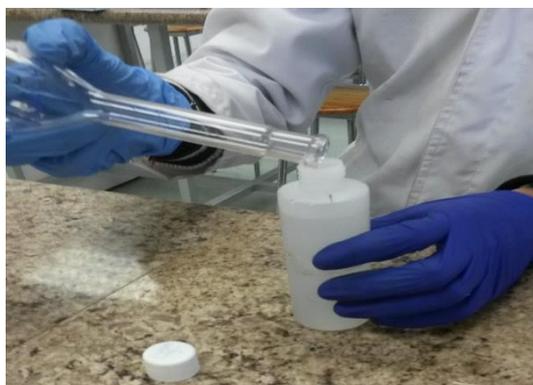


Ilustración 16. Envasado

ARSÉNICO, BARIO, MANGANESO Y PLOMO EN AGUAS, SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA

A-4. Equipos para la determinación de arsénico, bario, manganeso y plomo



Ilustración 17. Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito



Ilustración 18. Espectrofotómetro de absorción atómica con llama

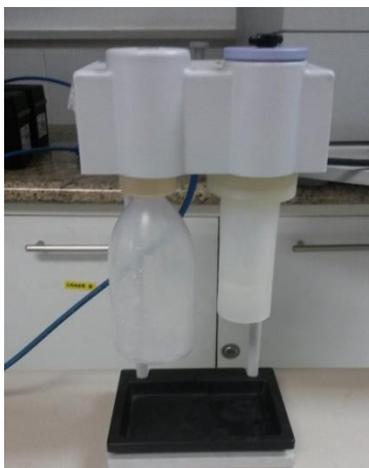


Ilustración 19. Generador de hidruros