



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO
DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA
BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN”**

Realizado por:

RODNEY ROBALINO ROBAYO

Director del proyecto:

MSc. KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 27 de julio de 2017

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, RODNEY JACINTO ROBALINO ROBAYO, con cédula de identidad # 172151993-0, 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.



CI: 172151993-0

FIRMA Y CÉDULA

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO
DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA
BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN”**

Realizado por:

RODNEY JACINTO ROBALINO ROBAYO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

MSc. 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 MARTÍNEZ-FRESNEDA

IVONNE CARRILLO

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



FIRMA

PhD. Miguel Martínez Fresneda



FIRMA

MSc. Emma Ivonne Carrillo

Quito, 27 de JULIO de 2017

DEDICATORIA

A mis padres, que son el pilar fundamental en mi vida, por su esfuerzo y apoyo brindado día a día para poder lograr mis objetivos planteados.

A mi hermano, por sus consejos impartidos a lo largo de mi carrera.

A mi familia, por creer en mí.

A mi enamorada.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Internacional SEK

A Katty Coral, Directora de este proyecto, por su apoyo, consejos, sugerencias brindadas a lo largo de mi carrera y en la realización de este proyecto.

A Miguel Martínez e Ivonne Carrillo, miembros del tribunal por su confianza y la guía impartida en este proyecto de titulación.

A mis amigos, por su amistad, apoyo y consejos así como su cariño y preocupación.

Finalmente un agradecimiento **A Jendry Moya y su familia**, por su acogida y atención prestada en la Estación Científica Amazónica Limoncocha.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIALES Y MÉTODOS	12
<i>ZONA DE ESTUDIO</i>	12
<i>METODOLOGÍA DE CAMPO</i>	14
Recolección de muestras.....	14
<i>METODOLOGÍA DE LABORATORIO</i>	16
<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</i>	17
RESULTADOS.....	18
☐ Valores obtenidos en análisis de Laboratorio.....	18
☐ Valores de parámetros obtenidos in situ.....	33
☐ Índice de Geoacumulación en Sedimentos.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES	47
AGRADECIMIENTO.....	49

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

REFERENCIAS	49
ANEXOS.....	52
ANEXO A. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	52
<input type="checkbox"/> A-1: Níquel en Aguas	52
<input type="checkbox"/> A-2: Níquel en Suelos.....	55
<input type="checkbox"/> A-3: Níquel en Sedimentos.....	58
<input type="checkbox"/> A-4: Cobalto en Aguas	62
<input type="checkbox"/> A-5: Cobalto en Suelos.....	64
<input type="checkbox"/> A-6: Cobalto en Sedimentos.....	66
<input type="checkbox"/> A-7: Zinc en Aguas.....	68
<input type="checkbox"/> A-8: Zinc en Suelos	70
<input type="checkbox"/> A-9: Zinc en Sedimentos	72
<input type="checkbox"/> A-10: Cadmio en Aguas	74
<input type="checkbox"/> A-11: Cadmio en Suelos.....	77
<input type="checkbox"/> A-12: Cadmio en Sedimentos.....	79
ANEXO B. GRÁFICOS BOXPLOT	80
<input type="checkbox"/> B-1: Zinc en Aguas.....	80
<input type="checkbox"/> B-2: Zinc en Suelos	81
<input type="checkbox"/> B-3: Zinc en Sedimentos	82
<input type="checkbox"/> B-4: Níquel en Aguas	83

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

□ B-5: Níquel en Suelos.....	84
□ B-6: Níquel en Sedimentos.....	85
□ B-7: Cobalto en Aguas	86
□ B-8: Cobalto en Suelos	87
□ B-9: Cobalto en Sedimentos	88
□ B-10: Cadmio en Aguas	89
□ B-11: Cadmio en Suelos	90
□ B-12: Cadmio en Sedimentos	91
ANEXO C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA	92
□ C-1: ANOVA-Cadmio.....	92
□ C-2: ANOVA-Cobalto.....	93
□ C-3: ANOVA-Níquel	94
□ C-4: ANOVA: Zinc	95
ANEXO D. FOTOGRAFÍAS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normativa para Agua, Suelo y Sedimento.....	11
Tabla 2: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en aguas	18
Tabla 3: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en suelos.....	23
Tabla 4: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en sedimentos.....	27

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos de aguas	33
Tabla 6: IG-Metal: Níquel.....	38
Tabla 7: IG-Metal: Cobalto	39
Tabla 8: IG-Metal: Zinc	41
Tabla 9: IG-Metal: Cadmio	43

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1: Fórmula Índice de Geo acumulación.....	9
FIG 2 Tabla de Categorización	10
FIG 3: PUNTOS DE MUESTREO.....	96
FIG 4: DIGESTIÓN DE METALES POR ÁCIDO NÍTRICO- PLANCHA DE CALENTAMIENTO.....	97
FIG 5: EQUIPO SOXHLET UTILIZADO PARA DIGESTIÓN DE SUELO Y SEDIMENTO..	97
FIG 6: ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO	98
FIG 7: ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA	98

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Para someter a: *Rev. Int. de Contaminación Ambiental*

To be submitted: *Rev. Int. de Contaminación Ambiental*

Determinación de Cd, Co, Ni, Zn en agua, suelo y sedimento de la RBL en el período 2015-2017 para establecer la línea base con fines de conservación.

Determination of Cd, Co, Ni, Zn in water, soil and sediment of the RBL in the period 2015-2017 to establish baseline for conservation purposes.

Rodney Robalino¹ rjrobalino@hotmail.com

Katty Verónica Coral^{1*}

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

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

Teléfono: 0983084617; email: katty.coral@uisek.edu.ec

Título corto o Running Tittle: **Determinación de Cd, Co, Ni, Zn en agua suelo y sedimentos de la RBL.**

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

RESUMEN

La presente investigación pretende realizar una determinación de cadmio, cobalto, níquel y zinc en muestras de agua, suelo y sedimento tomadas en diferentes puntos de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL), a partir del mes de septiembre de 2016 hasta abril de 2017 recolectándose ocho muestras de agua, ocho de sedimentos y seis de suelos en cada muestreo. La RBL es de gran importancia ecológica en la Amazonía Ecuatoriana ya que habitan numerosas especies de flora y fauna así como la categorización que la RBL posee desde 1998 como sitio RAMSAR. Los metales pesados se los encuentra generalmente como componentes naturales, en concentraciones muy bajas pueden ser también tóxicos y venenosos. Las muestras tomadas fueron analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotometría de absorción atómica con llama, dependiendo del contenido del metal a analizar, se empleó uno de los dos métodos propuestos. Los resultados obtenidos de aguas y suelos de Cd, Co, Ni y Zn se los comparó con la Normativa Legal Ecuatoriana (TULSMA y RAOHE) encontrándose por debajo del límite máximo permisible en su mayoría, sin embargo muestras de cadmio en aguas, suelos; zinc en aguas si sobrepasan la misma, mientras que los resultados obtenidos de sedimentos al no existir una normativa nacional se las comparó con la normativa internacional y servirán de valores de referencia para estudios posteriores.

Palabras clave: Metales pesados, contaminación, efectos antropogénicos, espectrofotometría, ambiente, Ecuador

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

ABSTRACT

The present investigation intends to make a determination of cadmium, cobalt, nickel and zinc in samples of water, soil and sediments taken in different points of the Limoncocha Biological Reserve (RBL), from September 201 until April 2017 being collected eight water samples, eight sediments water and six soils samples for each samples. The RBL is of great ecological importance in the Ecuadorian Amazon since they inhabit numerous species of flora and fauna as well as the categorization that the RBL has from 1998 like site RAMSAR. Heavy metals are generally found as natural components, in very low concentrations they can also be toxic and poisonous. The samples taken were analyzed by atomic absorption spectrometry with graphite furnace and flame atomic absorption spectrometry, depending on the content of the metal to be analyzed, one of the two methods proposed was used. The results obtained from the waters and soil of the different metals were compared them with the Ecuadorian Legal Regulation (TULSMA and RAOHE) being below the maximum permissible limit, however samples of cadmium in water, soil; zinc in water exceeds the same, while the results obtained from sediments in the absence of a national normative were compared with international regulations and will serve as reference values for later studies.

Keywords: *Heavy metals, contamination, anthropogenic effects, spectrophotometry, Environment, Ecuador*

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

INTRODUCCIÓN

“La contaminación ambiental es parte inherente en las actividades del hombre, el ser humano es un agente de cambio en el planeta y no escapa a los efectos de la destrucción, se introducen al ambiente miles de compuestos químicos, la mayoría de los cuales no han sido evaluados responsablemente ocasionando graves daños a la población y al ambiente debido a su gran toxicidad” (Juana et al., 2014); uno de estos agentes de cambio son los metales pesados que se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre. El término “metal pesado” se refiere a cualquier elemento químico que tiene un alta densidad relativa (superior a 6 g/cm³), su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0.1% y casi siempre menor al 0.01%, aunque también se pueden encontrar en bajas concentraciones en la corteza los elementos traza (mg/kg), muchos de ellos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y seres humanos aunque también pueden ser tóxicos si superan ciertos umbrales (Galán Huertos & Romero Baena, 2008). La presencia de metales en el ambiente tiene un origen natural o antropogénica, los mismos que se pueden movilizar en matrices de agua, sedimentos, suelo y aire; son persistentes, es decir no pueden ser creados o degradados ni mediante procesos biológicos ni antropológicos pero si pueden ser transformados a través de procesos biogeoquímicos (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016). En los últimos años, la acumulación de metales pesados se ha incrementado debido al aumento exponencial de su uso por parte de la industria y urbanización así como también por corrosión de metales, deposición, erosión del suelo, presencia de iones metálicos, resuspensión de sedimentos, etc., en altas concentraciones son peligrosos porque tienden a bioacumularse, es decir aumentar su

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

concentración en un cierto tiempo, pueden abandonar el suelo por volatilización, disolución, lixiviación, erosión o por la influencia de factores característicos del suelo como: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico), presencia de carbonatos, materia orgánica (Méndez et al., 2009).

Sudamérica ha sufrido graves problemas ambientales que han evolucionado constantemente en la última década como consecuencia del agravamiento de los impactos en la calidad de vida de los habitantes de la región, años atrás, estos problemas eran conocidos por la población que seguía consumiendo y ocasionando daños al ambiente sin un control que genere cambios en la forma de actuar de los habitantes y que fueron creciendo, problemas como la deforestación, el declive de la biodiversidad, agotamiento y contaminación de las aguas, pérdida de suelos y deterioro ambiental que sumados al cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, aumento de contaminantes orgánicos persistentes emergían y llegarían a transformarse en problemas críticos para la región (M. & Espinoza, 2002).

En Latinoamérica, los problemas de agotamiento y el uso no sostenible de recursos naturales es uno de los mayores problemas ambientales urbanos e industriales, por ejemplo, en el caribe colombiano en la ciénaga grande de Santa Marta, los manglares así como el sistema lagunar que allí se encuentran sufren un proceso de degradación paulatina del sistema natural causado por las actividades antrópicas generando una variación de las condiciones hidráulicas así como una contaminación química debido a que las grandes cantidades de metales pesados son

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

provenientes de caños interconectados o escorrentías menores así como de cultivos agroindustriales (Macías-Hernández, 2015).

En los últimos 40 años, la actividad extractiva en la Amazonía Ecuatoriana ha sido la mayor fuente de ingresos económicos del país, siendo las actividades petroleras las causantes de generar grandes impactos ambientales en la biodiversidad provocando la deforestación de aproximadamente dos millones de hectáreas, se han derramado más de 65000 barriles de crudo en bosques, ríos, esteros, y la contaminación de la matriz ambiental con metales pesados provenientes de aguas de formación (Naranjo, 2015) donde la concentración de metales pesados de origen antropogénica pueden llegar a ser altamente tóxica.

En Ecuador se han realizado varios estudios relacionados con la evaluación de la contaminación por metales pesados, uno de éstos por ejemplo es la “Determinación de elementos mayores en sedimentos provenientes de zonas afectadas por actividades petroleras en Ecuador” que se realizó en tres provincias del país: Orellana, Sucumbíos y Esmeraldas, donde las actividades petroleras son relevantes, con monitoreo en los pozos de producción y las piscinas de residuos petroleros mediante la recolección de muestras de aguas, suelos y sedimentos así como productos vegetales. En cada punto de muestreo se midieron parámetros físico-químicos del agua como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y potencial redox con Multiparámetros YSI 556 MPS (Naranjo, 2015).

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Los resultados mostraron que las concentraciones de los elementos mayores decrecen en el orden $Al > Fe > Na > K > Mg > Mn$; las mayores concentraciones de Mn, Al y Fe se encontraron en la cuenca del Río Aguarico mientras que en la cuenca del Río Esmeraldas se encontraron altas concentraciones de Mg y Na, así como elevadas concentraciones de K se localizaron en la cuenca del Río Napo; las variaciones de las concentraciones pueden atribuirse a las variaciones en las propiedades de los sedimentos así como de sus fuentes, propiedades y condiciones hidrodinámicas de las fuentes de agua (Naranjo, 2015).

La Amazonía Ecuatoriana representa un ecosistema megadiverso y heterogéneo pero a la vez altamente frágil debido a la gran cantidad de especies que allí habitan, específicamente en la RBL. Su importancia ecológica radica en las especies de flora y fauna así como en la categorización de Reserva Biológica que posee desde 1998 (MAE, 2002); una de las principales amenazas que presenta es la contaminación de los cursos de agua debido a la explotación del campo petrolero (bloque 15) que se encuentra ubicada dentro de la Reserva realizada desde los años 80 y que afecta a los pueblos indígenas Kichwa de la FECUNAE (Federación de Comunas Unión de Nativos de la Amazonía Ecuatoriana), el pueblo Secoya y las comunidades Siona y Shuar (Chicta et al., 1999) así como por las diferentes actividades antropogénicas que desarrollan los habitantes de la zona.

Los metales pesados analizados en aguas, suelos y sedimentos de la RBL fueron cadmio, cobalto, níquel y zinc. El cadmio forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al ambiente cercana a 25000 ton. a nivel mundial, es un metal

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas aumentando las concentraciones en el ambiente, solamente el 5% del metal es reciclado siendo el 95% el que provoca una importante contaminación ambiental (Reyes et al., 2016).

El cobalto es un elemento natural que se encuentra en las rocas, el suelo, aguas, plantas y animales, muchos de los compuestos que tienen cobalto se usan para colorear vidrio, cerámicas y pinturas; se los encuentra en el ambiente debido a fuentes naturales, así como también al quemar carbón o petróleo o durante la producción de aleaciones de cobalto que al ser liberado se disuelven en agua (Stefanie & Salinas, 2013).

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado que tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones, es un elemento abundante que constituye cerca de 0,008% de la corteza terrestre y 0,01% de las rocas ígneas, se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales así como en el agua de mar, petróleo y en la mayor parte de carbón, en la industria se la puede encontrar principalmente en el acero inoxidable, pilas recargables, turbinas, artefactos de uso doméstico como lavaplatos, baterías de cocina y artefactos de uso doméstico (Morales & Ruiz, 2008).

El zinc es un elemento maleable, químicamente activo, de color blanco que puede aparecer en forma de silicato, sulfuro o carbonato, es uno de los elementos menos comunes, es un metal insoluble en agua y soluble en alcohol y ácidos; se utiliza principalmente como un agente anti-corrosivo en productos de metal y se encuentra naturalmente en muchos alimentos y en el

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

agua potable considerándose un elemento traza que es esencial para la salud humana; la contaminación ambiental por zinc y sus efectos sobre la población no son tan conocidos, sin embargo cada vez se los encuentra en mayor concentración en las aguas subterráneas y de superficie (Taipe, 2013).

El estudio geoquímico de un sedimento es una etapa fundamental en el análisis de la contaminación, la cuantificación de esta contaminación por metales se realiza comparando el nivel hallado en el sedimento con la concentración natural de los elementos respectivos (Rodríguez et al., n.d.); para su evaluación Müller (1969) propone el Índice de Geo acumulación (I-geo) que señala el enriquecimiento relativo de un determinado elemento en un sistema dado; se aplica la siguiente fórmula (Trujillo-González & Torres-Mora, 2015):

$$I - geo = \log_2 \left[\left[\left(\frac{C_s}{1.5 \times B_n} \right) \right] \right]$$

FIG 1: Fórmula Índice de Geo acumulación

FUENTE: (Trujillo-González & Torres-Mora, 2015)

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. Las categorías de interpretación son:

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Clase	Índice de Geoacumulación	Factor de Concentración	Tipificación de la Contaminación
6	$I_{geo} \geq 5$	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	$I_{geo} \leq 0$	0 a 1	No contaminada

FIG 2 Tabla de Categorización

FUENTE: (Rodríguez et al., n.d.)

Para el estudio de fondo geoquímico de la laguna se obtuvo la mediana de los resultados desde el 2015 hasta el 2017, para Aguas y Sedimentos se tomó como referencia la Zona Profunda de la Laguna, para suelos el fondo geoquímico es la mediana de los resultados del Sendero El Caimán, zona no intervenida antropogénicamente.

La normativa ambiental ecuatoriana vigente aplicable para aguas y suelos es el ACUERDO MINISTERIAL 097-A mientras que al no contar con una normativa ambiental ecuatoriana para sedimentos, se tomó la **NORMATIVA EPA-NORMATIVA CANADÁ CCME** y se realizó un *PROMEDIO*. A continuación se explica de mejor manera las normativas:

- AGUAS: **ANEXO 1** “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EL FUENTES AL RECURSO AGUAS”. **TABLA 2:** “CRITERIOS DE CALIDAD

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

AMBIENTAL ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y ESTUARIOS”

- SUELOS: **ANEXO 2** “NORMA CALIDAD AMBIENTAL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS”. **TABLA 2:** “CRITERIOS DE CALIDAD AL SUELO”

Tabla 1: Normativa para Agua, Suelo y Sedimento

NORMATIVA	ACUERDO MINISTERIAL 097-A	ACUERDO MINISTERIAL 097-A	PROMEDIO NORMATIVAS INTERNACIONALES
Metal	AGUA(ppm)	SUELO(mg/kg)	SEDIMENTO(mg/kg)
Cd	0,001	0,5	583
Ni	0,025	19	20
Co	0,2	10	-
Zn	0,03	60	110,50

Según lo expuesto anteriormente, es necesario determinar las características naturales del sitio así como la posible influencia antrópica mediante la detección de cadmio, cobalto, níquel y zinc en aguas, suelos y sedimentos con la finalidad de evaluar la contaminación de la misma y así aportar datos que contribuyan a tomar decisiones para estrategias de conservación y gestión ambiental de la RBL y sus zonas aledañas. Como objetivo general de la investigación se planteó el establecer la línea base de concentración de cadmio, cobalto, níquel y zinc en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica Limoncocha a través de monitoreos mensuales de aguas y bimensuales de suelos y sedimentos para fines de conservación esperando que las concentraciones de dichos metales presenten niveles inferiores a la norma establecida para aguas

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

naturales dados en la norma TULSMA y RAOHE, en cuanto a sedimentos, al no existir normativa ambiental en el Ecuador se espera que los valores obtenidos sirvan de referencia para estudios futuros en la RBL. La concentración de cadmio y Níquel en los puntos de suelos: Pozo Antiguo, Pozo Laguna, Pozo Jivino B y puntos de aguas: Río Napo, Río Pishira y Río Playayacu se espera que tenga altas concentraciones debido a que la contaminación antrópica por parte de comunidades aledañas es mayor.

MATERIALES Y MÉTODOS

ZONA DE ESTUDIO

En la provincia de Sucumbíos, en el nororiente de la Región Oriental Ecuatoriana, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha se encuentra la RBL, declarada área protegida en 1985 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, ubicada dentro del bloque petrolero número 15, actualmente bajo la responsabilidad de PetroAmazonas EP, éste bloque petrolero es el primero que afecta a cuatro áreas protegidas: la RBL (46km²), Bosque Protector Pañacocha, las áreas de amortiguamiento de la Reserva Faunística Cuyabeno (28km²) y el Parque Nacional Yasuní (209km²), así como otras actividades antropogénicas: la maderera, agroindustrial, agricultura, ganadería y de turismo que han generado un alto riesgo para la preservación y conservación (Chicta et al., 1999); goza de estatus RAMSAR (Convención sobre los humedales RAMSAR, Irán 1971) desde el 10 de Julio de 1998, tiene una superficie aproximada de 413 ha ubicadas a una altura de 230msnm; dentro de la reserva se encuentra la laguna del mismo nombre con una

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

profundidad máxima de 3,10m, un espejo de agua de 370has y un área de 2,04km² (Neira, Gómez, & Pérez, 2006).

La creación de la RBL se llevó a cabo en 1985, año en el que el Estado Ecuatoriano expulsó a la misión evangélica norteamericana conocida como Instituto Lingüístico de Verano (ILV) que desarrollaba procesos de evangelización y apoyo social en comunidades indígenas en varios sectores de la Amazonía (MAE, 2002), la reserva protege principalmente a la laguna de Limoncocha, una de menor tamaño llamada Yanacocha y sus humedales, zonas de pantano y bosques húmedos tropicales que la rodean (MAE, 2015).

La hidrología de la RBL consiste en varios tributarios del Río Napo y de la Laguna de Limoncocha, sus cuencas principales incluyen; el Río Capucuy (actualmente conocido como Laguna de Limoncocha), Río Jivino, Río Itaya, Río Napo y Río Indillana, cuyas cabeceras se localizan en zonas intervenidas fuera de la Reserva, donde existen fuentes potenciales de contaminación que incluyen aguas servidas de zonas urbanas y de población dispersa, actividades petroleras y agricultura (MAE, 2002).

Entre las actividades que la población realiza se encuentra la agricultura que es la principal fuente de ingresos, la maderera y la cacería practicada exclusivamente por hombres, la pesca es una actividad muy importante que sirve para la subsistencia de la población (Neira et al., 2006).

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

METODOLOGÍA DE CAMPO

Recolección de muestras

Los puntos de monitoreo y recolección de muestras son aquellos puntos establecidos en la Línea de Investigación “Conservación y Diversidad” que han sido escogidos en base al mayor potencial de contaminación por influencia antrópica. (ver **ANEXOC-FIG 3**)

Los puntos de muestreo en la Laguna de Limoncocha para muestras de aguas y sedimentos fueron:

1.- *Caño*: ubicado en la zona norte de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 322277 Y: 9956972

2.- *Desembocadura Río Pishira*: ubicado en la zona norte de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 321458 Y: 9957198

3.- *Desembocadura Río Playayacu*: ubicado en la zona nororiente de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 320343 Y: 9956403

4.- *Zona Profunda*: ubicada en la zona occidental de la Laguna (centro)

Coordenadas UTM: X: 320450 Y: 9955796

5.- *Muelle*: ubicado en la zona sur oeste de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 319854 Y: 9954875

Adicionalmente, se tomaron muestras de los afluentes superficiales:

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

6.- *Río Pishira*: ubicado en la zona norte en referencia de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 318816 Y: 9959482

7.- *Río Playayacu*: ubicado en la zona norte en referencia de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 317593 Y: 9957681

8.- *Río Napo*: ubicado en la zona sur en referencia de la Laguna

Coordenadas UTM: X: 319255 Y: 9950769

Los puntos de muestreo de suelos fueron seis:

1.- Pozo Antiguo

Coordenadas UTM: X: 319303 Y: 9954281

2.- Pozo Laguna

Coordenadas UTM: X: 322661 Y: 9954913

3.- Pozo Jivino

Coordenadas UTM: X: 320055 Y: 9956277

4.- Instituto

Coordenadas UTM: X: 319717 Y: 9955425

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

5.- Estación Científica de la Reserva

Coordenadas UTM: X: 319673 Y: 9954996

6.- Sendero el Caimán (Blanco)

Coordenadas UTM: X: 320526 Y: 9957796

El muestreo se inició en el mes de septiembre de 2016 hasta el mes de abril de 2017 con un total de 8 salidas, 64 muestras de agua, 32 muestras de sedimentos y 24 muestras de suelos. Las muestras de aguas se colocaron en un recipiente de plástico previamente homogenizado de 600mL, las muestras de sedimentos fueron tomadas con un nucleador de acero inoxidable tipo “core sampler” de 350 mm de longitud y un diámetro de 50 mm y almacenadas en fundas ziploc de cierre hermético mientras que en las muestras de suelos se utilizó un barreno y se almacenó en fundas ziploc de cierre hermético. Todas las muestras recolectadas fueron colocadas en un cooler para su posterior transporte para su análisis en la ciudad de Quito.

METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Para la conservación de las muestras de agua, se añadió 5 mL de Ácido Nítrico y se refrigeraron hasta su análisis, el procedimiento seguido fue explicado en el método: ESTÁNDAR METHOD 3030 E “Digestión de metales por Ácido Nítrico en aguas” (APHA AWA WEF, 2005). (**ver ANEXOC-FIG 4**)

Para la conservación de las muestras de suelos y sedimentos de la RBL, éstas se almacenaron en fundas de polietileno con cierre hermético, se las digirió utilizando el método:

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

EPA 3050B “Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils” (APHA AWA WEF, 2005). (**ver ANEXOC-FIG 5**).

La detección de metales pesados se realizó utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS) (**ver ANEXOC-FIG 6**) para detectar cadmio, cobalto y níquel en aguas, suelos y sedimentos mientras que la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con llama (EAA) (**ver ANEXOC-FIG 7**) fue usada para determinar la concentración de zinc en aguas, suelos y sedimentos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de las muestras de aguas, suelos y sedimentos fueron clasificados y agrupados en tablas dinámicas, a partir de éstos se elaboraron gráficos boxplot, determinación del fondo geoquímico así como gráficos de evolución de la concentración del metal utilizando el Programa Estadístico PAST y la realización del análisis estadístico ANOVA (Análisis de Varianza) que evalúa la importancia de uno o dos factores probando la hipótesis de que dos o más poblaciones son iguales. Para el cálculo del Índice de Geoacumulación se utilizó la ecuación planteada en la (**ver FIG 1**) y el resultado obtenido se comparará con la (**ver FIG 2**) donde se muestra la tipificación de la contaminación.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

RESULTADOS

- Valores obtenidos en análisis de Laboratorio

Tabla 2: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en aguas

Recurso	Punto	Mes Muestreo	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Zn (ppm)
AGUAS	Caño	Abril 2015	0,001	0,012	N.D	0,094
		Junio 2015	0,005	0,021	0,045	0,223
		Septiembre 2015	0,002	0,044	0,035	0,003
		Octubre 2015	0,011	0,022	0,034	0,005
		Noviembre 2015	0,012	0,028	0,033	0,030
		Diciembre 2015	0,014	0,012	0,038	0,066
		Enero 2016	0,013	0,012	0,034	0,010
		Febrero 2016	0,012	0,048	-	-
		Marzo 2016	0,004	0,013	0,017	0,651
		Abril 2016	0,006	0,118	0,042	0,483
		Septiembre 2016	N.D	0,008	N.D	0,011
		Octubre 2016	0,003	N.D	N.D	0,077
		Noviembre 2016	0,010	0,003	N.D	0,017
		Diciembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,082
		Enero 2017	N.D	0,007	N.D	0,016
		Febrero 2017	N.D	0,007	N.D	0,35
		Marzo 2017	1,175	N.D	N.D	0,020
		Abril 2017	0,708	N.D	0,015	0,023
		Abril 2015	0,002	0,054	0,031	0,042
		Junio 2015	0,004	0,012	N.D	0,060
Septiembre 2015	0,002	0,068	0,027	0,021		
Octubre 2015	0,009	0,007	0,031	0,025		
Noviembre 2015	0,011	0,021	0,027	0,009		

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Desembocadura Pishira	Diciembre 2015	0,014	0,021	0,020	0,026
	Enero 2016	0,013	0,016	0,021	0,008
	Febrero 2016	0,013	0,031	-	-
	Marzo 2016	0,004	0,063	0,016	0,345
	Abril 2016	0,004	0,109	0,032	0,11
	Septiembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,022
	Octubre 2016	N.D	0,001	N.D	0,027
	Noviembre 2016	N.D	0,003	N.D	0,117
	Diciembre 2016	-	-	-	-
	Enero 2017	N.D	0,007	N.D	0,021
	Febrero 2017	0,035	N.D	N.D	0,294
	Marzo 2017	8,870	N.D	N.D	0,014
	Abril 2017	0,340	N.D	0,016	0,019
	Abril 2015	0,001	0,057	0,033	0,046
	Junio 2015	0,008	0,018	0,027	0,046
	Septiembre 2015	0,002	0,022	0,029	0,039
Octubre 2015	0,009	0,034	0,019	0,021	
Noviembre 2015	0,012	0,023	0,034	N.D	
Diciembre 2015	0,013	0,023	0,029	0,026	
Desembocadura Playayacu	Enero 2016	0,012	0,044	0,045	0,917
	Febrero 2016	0,013	0,054	0,035	0,132
	Marzo 2016	0,004	0,061	0,045	0,011
	Abril 2016	0,003	0,066	-	-
	Septiembre 2016	N.D	N.D	0,034	0,024
	Octubre 2016	-	-	-	-
	Noviembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,037
	Diciembre 2016	0,033	N.D	N.D	0,021
	Enero 2017	0,028	N.D	N.D	0,037

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	Febrero 2017	0,025	N.D	N.D	0,3
	Marzo 2017	0,328	N.D	N.D	0,058
	Abril 2017	0,680	N.D	0,017	0,025
	Abril 2015	0,002	0,059	0,050	0,051
	Junio 2015	0,007	0,015	0,043	0,048
	Septiembre 2015	0,001	0,029	0,045	0,023
	Octubre 2015	0,009	0,044	0,038	0,025
	Noviembre 2015	0,012	0,010	0,037	0,030
	Diciembre 2015	0,014	0,015	0,041	0,024
	Enero 2016	0,013	0,000	0,035	N.D
	Febrero 2016	0,013	0,022	-	-
	Marzo 2016	0,004	0,046	0,046	0,669
	Abril 2016	0,003	0,046	0,047	0,819
	Septiembre 2016	N.D	0,002	N.D	0,240
	Octubre 2016	0,008	0,011	N.D	0,094
	Noviembre 2016	0,003	0,008	N.D	0,040
	Diciembre 2016	N.D	0,012	N.D	0,071
	Enero 2017	N.D	0,109	N.D	0,016
	Febrero 2017	0,013	N.D	N.D	0,281
	Marzo 2017	0,363	N.D	N.D	0,018
	Abril 2017	1,063	N.D	0,014	N.D
	Abril 2015	0,001	0,042	0,046	0,058
	Junio 2015	0,006	0,005	N.D	0,031
	Septiembre 2015	0,001	0,044	N.D	0,015
	Octubre 2015	0,009	0,053	N.D	0,020
	Noviembre 2015	0,012	0,029	N.D	0,001
	Diciembre 2015	0,014	0,020	-	-
	Enero 2016	0,014	0,037	N.D	0,845
Zona profunda					
Muelle					

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	Febrero 2016	0,012	0,011	N.D	1,234
	Marzo 2016	0,004	0,067	0,040	0,227
	Abril 2016	0,006	0,044	N.D	0,034
	Septiembre 2016	N.D	0,011	N.D	0,026
	Octubre 2016	N.D	0,001	N.D	0,037
	Noviembre 2016	0,000	0,052	N.D	0,055
	Diciembre 2016	-	-	-	-
	Enero 2017	N.D	N.D	N.D	0,032
	Febrero 2017	N.D	N.D	N.D	0,317
	Marzo 2017	0,075	0,0005	N.D	0,044
	Abril 2017	0,688	N.D	0,016	N.D
Río Napo	Abril 2015	0,001	0,080	0,044	0,025
	Junio 2015	0,003	0,026	N.D	0,031
	Septiembre 2015	0,001	0,043	N.D	N.D
	Octubre 2015	0,009	0,075	N.D	0,020
	Noviembre 2015	0,011	0,007	N.D	0,005
	Diciembre 2015	0,013	0,028	N.D	0,027
	Enero 2016	0,012	0,025	N.D	N.D
	Febrero 2016	0,012	0,022	0,024	0,28
	Marzo 2016	0,005	0,150	N.D	0,282
	Abril 2016	0,003	0,04	0,033	0,264
	Septiembre 2016	0,013	N.D	N.D	0,147
	Octubre 2016	N.D	0,014	N.D	0,346
	Noviembre 2016	0,003	0,002	N.D	0,008
	Diciembre 2016	0,010	0,067	N.D	0,03
	Enero 2017	0,065	N.D	N.D	N.D
	Febrero 2017	0,020	0,004	N.D	0,376
Marzo 2017	N.D	N.D	N.D	0,050	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Río Pishira	Abril 2017	0,010	N.D	0,001	0,039
	Abril 2015	0,002	0,083	-	-
	Junio 2015	0,004	0,026	0,022	0,003
	Septiembre 2015	0,002	0,071	1,684	0,029
	Octubre 2015	0,003	0,068	0,018	0,031
	Noviembre 2015	0,017	0,02	1,704	0,027
	Diciembre 2015	0,013	0,025	0,017	0,039
	Enero 2016	0,013	0,065	0,018	0,026
	Febrero 2016	0,008	0,011	0,021	0,218
	Marzo 2016	0,004	0,061	0,019	0,040
	Abril 2016	0,004	0,047	0,021	0,460
	Septiembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,045
	Octubre 2016	0,005	N.D	N.D	0,045
	Noviembre 2016	N.D	0	N.D	0,043
	Diciembre 2016	N.D	N,D	N.D	0,032
	Enero 2017	N.D	N.D	N.D	0,031
	Febrero 2017	0,015	N.D	N.D	0,391
	Marzo 2017	1,065	0,003	N.D	0,119
	Abril 2017	4,168	N.D	N.D	0,065
	Río Playayacu	Abril 2015	0,001	0,03	-
Junio 2015		0,005	0,04	N.D	0,038
Septiembre 2015		0,005	0,073	N.D	0,021
Octubre 2015		0,011	0,021	N.D	0,032
Noviembre 2015		0,024	0,017	N.D	0,027
Diciembre 2015		0,013	0,022	N.D	0,018
Enero 2016		0,013	0,031	N.D	0,016
Febrero 2016		0,012	0,013	0,172	0,419
Marzo 2016		0,004	0,045	N.D	0,066

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Abril 2016	0,004	0,068	0,208	0,111
Septiembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,025
Octubre 2016	N.D	N.D	N.D	0,286
Noviembre 2016	N.D	0,002	N.D	0,020
Diciembre 2016	N.D	N.D	N.D	0,046
Enero 2017	0,013	0,003	N.D	0,018
Febrero 2017	N.D	N.D	N.D	0,250
Marzo 2017	5,168	N.D	N.D	0,061
Abril 2017	0,630	N.D	0,001	0,077

Tabla 3: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en suelos

Recurso	Punto	Mes Muestreo	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Co (mg/kg)	Zn (mg/kg)
SUELOS	Pozo Antiguo	Abril 2015	-	-	-	-
		Junio 2015	1	7,736	N.D	17,00
		Septiembre 2015	1,1	19,420	N.D	12,50
		Octubre 2015	0,4	3,358	-	-
		Noviembre 2015	0,3	2,639	-	-
		Diciembre 2015	0,4	8,319	N.D	11,70
		Enero 2016	2	7,440	-	-
		Febrero 2016	0,7	13,129	N.D	7,70
		Marzo 2016	0,7	7,200	N.D	38,40
		Abril 2016	N.D.	19,400	N.D	38,20
		Septiembre 2016	2,75	11,90	5,20	28,90
		Noviembre 2016	6,30	10,50	3,80	13,80

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Pozo Laguna	Enero 2017	N.D	N.D	4,50	8,20
	Marzo 2017	N.D	N.D	2,80	119,50
	Abril 2015	-	-	-	-
	Junio 2015	1,1	1,588	N.D	12,700
	Septiembre 2015	0,6	8,177	N.D	7,30
	Octubre 2015	0,3	4,497	N.D	6,90
	Noviembre 2015	1,2	18,187	-	-
	Diciembre 2015	0,4	8,096	N.D	26,40
	Enero 2016	1,6	14,448	-	-
	Febrero 2016	1,2	9,130	N.D	7,30
	Marzo 2016	1,1	18,200	N.D	46,80
	Abril 2016	0,6	13,900	66,90	15,50
	Septiembre 2016	1,750	10,30	3,30	21,20
	Noviembre 2016	1,750	12,20	0,30	9,80
	Enero 2017	N.D	0,10	3,00	13,70
	Marzo 2017	N.D	0,10	1,10	38,30
	Abril 2015	-	-	-	-
	Junio 2015	0,8	6,940	127,90	10,80
	Septiembre 2015	0,3	5,882	137,90	10,60
	Octubre 2015	0,1	2,458	110,40	9,20
	Noviembre 2015	0,6	1,082	130,70	9,90
	Diciembre 2015	0,3	4,220	-	-

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Pozo Jivino B	Enero 2016	1,8	8,364	-	-
	Febrero 2016	1,3	6,340	123,00	22,80
	Marzo 2016	1	-	-	-
	Abril 2016	0,6	-	-	-
	Septiembre 2016	120,50	8,60	2,00	8,60
	Noviembre 2016	54,25	7,30	5,10	12,10
	Enero 2017	N.D	N.D	2,40	14,00
	Marzo 2017	N.D	0,10	2,30	38,70
	Abril 2015	-	-	-	-
	Junio 2015	0,8	7,038	138,90	10,10
Instituto	Septiembre 2015	1,2	7,558	129,20	9,40
	Octubre 2015	0,8	2,159	167,20	9,10
	Noviembre 2015	0,2	1,466	-	-
	Diciembre 2015	0,3	5,655	145,70	534,90
	Enero 2016	2,2	7,288	-	-
	Febrero 2016	1,1	5,240	156,60	11,80
	Marzo 2016	0,4	12,900	176,90	13,30
	Abril 2016	N.D.	20,100	146,20	8,20
	Septiembre 2016	55,00	5,90	0,50	12,30
	Noviembre 2016	6,50	7,90	1,40	15,00
Enero 2017	N.D	N.D	2,80	9,60	
Marzo	N.D	0,20	1,70	259,70	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

		2017				
Estación	Abril 2015	-	-	-	-	
	Junio 2015	0,9	9,656	176,20	213,70	
	Septiembre 2015	0,6	8,615	143,90	36,80	
	Octubre 2015	0,7	5,386	166,30	85,30	
	Noviembre 2015	0,1	1,459	-	-	
	Diciembre 2015	0,6	4,008	-	-	
	Enero 2016	1,9	8,779	-	-	
	Febrero 2016	1,8	7,850	151,50	16,20	
	Marzo 2016	1,4	11,600	145,90	16,80	
	Abril 2016	1,3	15,200	173,60	324,60	
	Septiembre 2016	39,750	11,00	1,50	9,50	
	Noviembre 2016	4,250	3,70	N.D	10,20	
	Enero 2017	0,250	N.D	1,90	19,00	
	Marzo 2017	N.D	N.D	3,10	51,00	
	Sendero "El Caimán" Blanco	Abril 2015	0,4	5,195	-	-
		Junio 2015	0,5	6,224	170,90	52,40
Septiembre 2015		0,5	7,851	173,00	69,40	
Octubre 2015		0,3	2,832	24,80	67,70	
Noviembre 2015		0,2	6,034	-	-	
Diciembre 2015		0,5	5,852	24,00	67,80	
Enero 2016		1,8	6,684	21,00	55,20	
Febrero		1,2	5,640	-	-	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	2016				
	Marzo	1,1	12,800	25,00	447,70
	2016				
	Abril 2016	1	10,400	21,00	101,90
	Septiembre 2016	8,00	6,00	2,90	19,30
	2016				
	Noviembre 2016	22,00	7,10	1,50	10,50
	2016				
	Enero 2017	N.D	N.D	5,00	10,30
	2017				
	Marzo 2017	0,300	N.D	4,10	120,20

Tabla 4: Valores obtenidos de análisis de Cd, Co, Ni, Zn en sedimentos

Recurso	Punto	Mes Muestreo	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Co (mg/kg)	Zn (mg/kg)
SEDIMENTOS	Caño	Abril 2015	N.D.	7,970	5,700	32,100
		Junio 2015	0,1	10,290	7,100	97,200
		Septiembre 2015	0,7	6,620	7,500	55,800
		Octubre 2015	0,5	10,630	6,200	45,400
		Noviembre 2015	1,5	12,380	5,500	59,200
		Diciembre 2015	1,1	10,390	7,100	79,500
		Enero 2016	1,4	9,570	6,800	114,900
		Febrero 2016	1,8	8,500	6,700	115,700
		Marzo 2016	1,3	0,200	-	-
		Abril 2016	0,4	1,200	-	-
		Septiembre 2016	4,80	11,60	4,10	71,70
		Noviembre 2016	7,50	11,80	4,70	36,70

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	Enero 2017	0,00	N.D	N.D	20,30	
	Marzo 2017	N.D	0,90	4,30	38,50	
	Abril 2015	0,1	9,790	5,600	59,600	
	Junio 2015	0,1	5,500	6,800	59,700	
	Septiembre 2015	0,6	12,790	6,900	87,100	
	Octubre 2015	0,9	7,310	7,100	63,700	
	Noviembre 2015	1,7	16,340	7,000	95,300	
	Diciembre 2015	1,7	15,580	7,500	101,200	
Desembocadura Pishira	Enero 2016	1,4	14,740	6,700	131,100	
	Febrero 2016	1,8	14,170	6,800	123,100	
	Marzo 2016	1,2	0,180	-	-	
	Abril 2016	1	1,420	-	-	
	Septiembre 2016	N.D	11,00	5,60	24,50	
	Noviembre 2016	0,33	11,60	3,90	19,30	
	Enero 2017	0,80	N.D	5,20	16,30	
	Marzo 2017	2,30	N.D	4,50	164,00	
		Abril 2015	N.D.	6,130	2,400	53,500
		Junio 2015	0,1	1,000	6,800	50,900
	Septiembre 2015	1,2	5,530	6,100	47,600	
	Octubre 2015	0,5	6,670	6,600	55,100	
	Noviembre 2015	1,8	4,980	6,900	72,900	
Desembocadura	Diciembre 2015	2,3	9,330	7,400	88,600	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Playayacu	Enero 2016	1,3	13,210	-	-
	Febrero 2016	1,9	10,300	-	-
	Marzo 2016	1,1	0,200	-	-
	Abril 2016	0,8	1,210	-	-
	Septiembre 2016	2,00	8,30	4,00	20,10
	Noviembre 2016	1,30	7,10	2,40	13,00
	Enero 2017	N.D	51,60	4,50	17,50
	Marzo 2017	N.D	N.D	4,20	64,70
	Abril 2015	-	-	-	-
	Junio 2015	-	-	-	-
	Septiembre 2015	0,2	13,140	6,900	104,300
	Octubre 2015	-	-	6,600	118,000
	Noviembre 2015	0,3	1,280	5,200	36,100
	Diciembre 2015	1,4	11,130	7,200	86,300
	Zona profunda	Enero 2016	2	15,250	6,200
Febrero 2016		1,2	13,670	6,900	146,700
Marzo 2016		2,1	0,220	-	-
Abril 2016		1,6	1,490	-	-
Septiembre 2016		44,30	17,20	5,70	42,70
Noviembre 2016		14,50	14,70	4,40	28,20
Enero 2017		N.D	6,10	5,10	20,60
Marzo		N.D	N.D	3,40	391,20

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

		2017				
Muelle	Abril 2015	0,9	9,300	5,800	77,800	
	Junio 2015	-	-	-	-	
	Septiembre 2015	0,7	3,700	-	-	
	Octubre 2015	0,6	0,920	5,500	45,100	
	Noviembre 2015	1,7	8,270	7,700	141,600	
	Diciembre 2015	2,1	10,110	6,800	76,660	
	Enero 2016	2,1	12,380	7,500	210,600	
	Febrero 2016	1,7	11,780	-	-	
	Marzo 2016	1,5	0,150	-	-	
	Abril 2016	0,8	0,730	-	-	
	Septiembre 2016	12,80	1,10	4,80	41,30	
	Noviembre 2016	17,50	17,30	5,80	29,50	
	Enero 2017	N.D	1,00	5,40	30,70	
	Marzo 2017	N.D	N.D	5,30	82,30	
	Río Napo	Abril 2015	N.D.	1,490	6,200	94,800
		Junio 2015	0,1	6,360	5,700	77,800
		Septiembre 2015	0,2	6,330	5,400	63,800
Octubre 2015		0,2	8,610	5,200	57,900	
Noviembre 2015		1,5	5,900	4,200	105,400	
Diciembre 2015		0,5	8,290	5,400	74,600	
Enero 2016		2,2	8,340	-	-	
Febrero		1	8,300	3,900	49,800	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	2016				
	Marzo	1,4	0,180	-	-
	2016				
	Abril 2016	1,1	0,760	-	-
	Septiembre	5,80	12,20	1,60	20,90
	2016				
	Noviembre	18,80	15,20	2,50	20,70
	2016				
	Enero	N.D	N.D	4,30	33,30
	2017				
	Marzo	N.D	N.D	2,90	201,30
	2017				
	Abril 2015	N.D.	3,090	3,900	40,400
	Junio 2015	0,2	7,650	6,900	87,000
	Septiembre	0,4	2,580	5,200	44,800
	2015				
	Octubre	0,1	3,330	5,900	62,600
	2015				
	Noviembre	1,1	5,220	6,000	60,900
	2015				
	Diciembre	2	5,250	5,500	52,800
	2015				
	Enero	1,6	11,380	-	-
	2016				
	Febrero	0,9	8,560	6,400	90,500
	2016				
	Marzo	1,2	0,250	-	-
	2016				
	Abril 2016	0,8	1,250	-	-
	Septiembre	12,80	7,90	2,50	17,30
	2016				
	Noviembre	7,00	8,90	4,00	37,00
	2016				
	Enero	N.D	0,30	4,80	14,50
	2017				
	Marzo	0,30	N.D	4,40	80,70
	2017				
	Abril 2015	N.D.	5,280	3,700	42,000
	Junio 2015	1	8,440	6,800	79,000

**Río
Pishira**

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Río Playayacu	Septiembre 2015	0,3	8,800	5,600	67,700
	Octubre 2015	0,1	7,360	6,300	69,200
	Noviembre 2015	0,6	7,320	6,000	65,600
	Diciembre 2015	1,5	5,100	5,000	442,600
	Enero 2016	1,6	2,400	-	-
	Febrero 2016	0,5	5,140	-	-
	Marzo 2016	0,6	0,110	-	-
	Abril 2016	0,4	1,160	-	-
	Septiembre 2016	6,00	10,20	4,60	26,60
	Noviembre 2016	N.D	8,80	5,00	39,00
	Enero 2017	N.D	N.D	4,10	24,20
	Marzo 2017	3,00	N.D	2,70	60,80

Leyenda de Tablas:

N.D. No Detectable por el Método Utilizado

- Mes No Tomado

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- Valores de parámetros obtenidos in situ

Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos de aguas

Recurso	Punto	Mes Muestreo	Temperatura °C	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	O.D mg/L	Potencial Redox
AGUAS	Caño	Septiembre 2016	28,3	7,61	161,8	9,28	283,5
		Octubre 2016	26,9	7,22	152,6	6,63	272,3
		Noviembre 2016	29,7	7,77	157,7	5	292,9
		Diciembre 2016	29,6	8,15	159,5	4,61	284,9
		Enero 2017	28	6,8	110,3	5,46	374,4
		Febrero 2017	28,5	7,38	122,8	7,7	321,9
		Marzo 2017	27,1	7,17	114,6	4,89	309,5
	Abril 2017	26,9	7,57	118,2	3,29	301,7	
	Desembocadura Pishira	Septiembre 2016	28,1	8,32	168,1	10,54	258,9
		Octubre 2016	26,7	8,44	165,4	8,28	196
		Noviembre 2016	29,7	8,65	161,6	10,29	199,6
		Diciembre 2016	28,2	8,66	154,5	7,52	218

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Desembocadura Playayacu	Enero 2017	26,9	8,57	116,1	5,43	344,8
	Febrero 2017	25,5	7,71	135,1	8,4	284,9
	Marzo 2017	27,5	7,27	112,2	3,32	304,8
	Abril 2017	27,1	7,37	117,4	7,31	315,1
	Septiembre 2016	29,5	9,1	169,2	15,27	166
	Octubre 2016	29,2	8,59	165,9	9,51	185,7
	Noviembre 2016	29,9	8,9	214,6	9,86	167
	Diciembre 2016	27,6	8,34	174,8	6,82	219
	Enero 2017	27,6	7,59	188,3	3,91	308,9
	Febrero 2017	25,7	7,85	134,5	5,63	218,9
	Marzo 2017	30	7,79	125,2	9,9	287,3
	Abril 2017	27,6	7,48	155,2	7,82	328,7
	Septiembre 2016	29,2	9,44	183,1	16,22	192,1
Octubre 2016	29,4	8,31	179,5	6,71	211,4	
Noviembre	30,5	8,66	166,3	9,78	209	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Zona profunda	2016					
	Diciembre 2016	27,8	8,33	171,4	7,22	203
	Enero 2017	27,8	7,15	116,9	4,88	316,2
	Febrero 2017	29,4	7,46	133,3	7,11	289,5
	Marzo 2017	28,6	8,03	126,3	13,15	319,3
	Abril 2017	27,2	6,96	129,8	10,89	280,7
	Septiembre 2016	28,8	7,58	170,1	3,1	204,2
Muelle	Octubre 2016	30	8,35	165,6	8,85	275,4
	Noviembre 2016	31,4	8,53	166,1	9,11	197,7
	Diciembre 2016	27,5	7,83	166,6	5,6	224,9
	Enero 2017	28,5	7,11	108,5	5,03	292,6
	Febrero 2017	29,6	7,61	128	2,67	287,1
	Marzo 2017	23,1	7,99	126,8	11,39	297,8
	Abril 2017	28,2	7,88	1118,7	13,99	255,2
Septiembre 2016	25,7	7,35	78,5	7,48	237,3	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Río Napo	Octubre 2016	26,2	7,81	80,4	7	261
	Noviembre 2016	24	7,18	66,8	7,36	288,7
	Diciembre 2016	25	7,09	59,6	7,55	291,2
	Enero 2017	24,7	8,35	97,9	7,37	340,9
	Febrero 2017	25,3	7,87	74	7,22	278,2
	Marzo 2017	24,3	7,48	71,7	7,19	359,3
	Abril 2017	26,4	6,93	58,6	7,17	328,2
Río Pishira	Septiembre 2016	26,9	7,39	95,7	6,32	232,8
	Octubre 2016	25,3	7,66	96,3	6,45	221,1
	Noviembre 2016	25	7,87	116,4	6,27	236
	Diciembre 2016	24	7,61	115,8	6,89	237,1
	Enero 2017	24,8	8,23	103,3	6,52	322,1
	Febrero 2017	28,1	7,69	115	6,51	265,3
	Marzo 2017	25	7,42	80,2	6,34	255,5

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Río Playayacu	Abril 2017	25,7	6,55	70,9	6,23	306
	Septiembre 2016	25	7,6	113,2	6,58	234,4
	Octubre 2016	26,5	7,57	111,3	5,89	197,5
	Noviembre 2016	25,25	7,48	119	5,65	231,3
	Diciembre 2016	26	7,29	117,3	5,32	233,5
	Enero 2017	24,9	8,16	123,8	5,95	248,7
	Febrero 2017	25,8	7,42	117,7	5,82	309,9
	Marzo 2017	25,4	7,34	103,3	6,81	322,1
	Abril 2017	26,2	6,86	80	6,44	318,5

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- Índice de Geoacumulación en Sedimentos

Tabla 6: IG-Metal: Níquel

Punto	Mes Muestreo	Ni (mg/kg)	IG	Evaluación de Contaminación
Caño	Septiembre 2016	11,60	-1,75	No Contaminada
	Noviembre 2016	11,80		
	Marzo 2017	0,90		
Desembocadura Playayacu	Septiembre 2016	8,30	-0,20	No Contaminada
	Noviembre 2016	7,10		
	Enero 2017	51,60		
Zona profunda	Septiembre 2016	17,20	-0,53	No Contaminada
	Noviembre 2016	14,70		
	Enero 2017	6,10		
Muelle	Septiembre 2016	1,10	-2,64	No Contaminada
	Noviembre 2016	17,30		
	Enero 2017	1,00		
Río Pishira	Septiembre 2016	7,90	-2,60	No Contaminada
	Noviembre 2016	8,90		
	Enero 2017	0,30		
Río Napo	Septiembre 2016	12,20	-0,29	No Contaminada

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	Noviembre 2016	15,20		
Río Playayacu	Septiembre 2016	10,20	-0,82	No Contaminada
	Noviembre 2016	8,80		
Desembocadura Pishira	Septiembre 2016	11,00	-0,56	No Contaminada
	Noviembre 2016	11,60		

Tabla 7: IG-Metal: Cobalto

Punto	Mes Muestreo	Co (mg/kg)	IG	Evaluación de Contaminación
Caño	Septiembre 2016	4,10	-1,03	No Contaminada
	Noviembre 2016	4,70		
	Marzo 2017	4,30		
Desembocadura Pishira	Septiembre 2016	5,60	-0,91	No Contaminada
	Noviembre 2016	3,90		
	Enero 2017	5,20		
	Marzo 2017	4,50		
Desembocadura Playayacu	Septiembre 2016	4,00	-1,28	No Contaminada
	Noviembre 2016	2,40		
	Enero 2017	4,50		
	Marzo 2017	4,20		
	Septiembre	5,70	-0,97	

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Zona profunda	2016			No Contaminada
	Noviembre 2016	4,40		
	Enero 2017	5,10		
	Marzo 2017	3,40		
Muelle	Septiembre 2016	4,80	-0,75	No Contaminada
	Noviembre 2016	5,80		
	Enero 2017	5,40		
	Marzo 2017	5,30		
Río Napo	Septiembre 2016	1,60	-1,75	No Contaminada
	Noviembre 2016	2,50		
	Enero 2017	4,30		
	Marzo 2017	2,90		
Río Pishira	Septiembre 2016	2,50	-1,23	No Contaminada
	Noviembre 2016	4,00		
	Enero 2017	4,80		
	Marzo 2017	4,40		
Río Playayacu	Septiembre 2016	4,60	-1,16	No Contaminada
	Noviembre 2016	5,00		
	Enero 2017	4,10		
	Marzo 2017	2,70		

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Tabla 8: IG-Metal: Zinc

Punto	Mes Muestreo	Zn (mg/kg)	IG	Evaluación de Contaminación
Caño	Septiembre 2016	71,70	-1,92	No Contaminada
	Noviembre 2016	36,70		
	Enero 2017	20,30		
	Marzo 2017	38,50		
Desembocadura Pishira	Septiembre 2016	24,50	-2,09	No Contaminada
	Noviembre 2016	19,30		
	Enero 2017	16,30		
	Marzo 2017	164,00		
Desembocadura Playayacu	Septiembre 2016	20,10	-2,62	No Contaminada
	Noviembre 2016	13,00		
	Enero 2017	17,50		
	Marzo 2017	64,70		
Zona profunda	Septiembre 2016	42,70	-1,36	No Contaminada
	Noviembre 2016	28,20		
	Enero 2017	20,60		
	Marzo 2017	391,20		
Muelle	Septiembre 2016	41,30	-1,77	No Contaminada
	Noviembre 2016	29,50		

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

	Enero 2017	30,70		
	Marzo 2017	82,30		
Río Napo	Septiembre 2016	20,90	-1,79	No Contaminada
	Noviembre 2016	20,70		
	Enero 2017	33,30		
	Marzo 2017	201,30		
Río Pishira	Septiembre 2016	17,30	-2,28	No Contaminada
	Noviembre 2016	37,00		
	Enero 2017	14,50		
	Marzo 2017	80,70		
Río Playayacu	Septiembre 2016	26,60	-2,02	No Contaminada
	Noviembre 2016	39,00		
	Enero 2017	24,20		
	Marzo 2017	60,80		

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Tabla 9: IG-Metal: Cadmio

Punto	Mes Muestreo	Cd (mg/kg)	IG	Evaluación de Contaminación
Caño	Septiembre 2016	4,80	1,32	Contaminación Moderada
	Noviembre 2016	7,50		
Desembocadura Pishira	Noviembre 2016	0,33	-1,50	No Contaminada
	Enero 2017	0,80		
	Marzo 2017	2,30		
Desembocadura Playayacu	Septiembre 2016	2,00	-0,57	No Contaminada
	Noviembre 2016	1,30		
Zona profunda	Septiembre 2016	44,30	3,40	Contaminación Fuerte
	Noviembre 2016	14,50		
Muelle	Septiembre 2016	12,80	2,64	Contaminación Moderada
	Noviembre 2016	17,50		
Río Napo	Septiembre 2016	5,80	2,12	Contaminación Moderada
	Noviembre 2016	18,80		
Río Pishira	Septiembre 2016	12,80	0,32	Poco Contaminada
	Noviembre 2016	7,00		
	Marzo 2017	0,30		
Río Playayacu	Septiembre 2016	6,00	0,82	Poco Contaminada
	Marzo 2017	3,00		

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- En la mayoría de muestras de aguas tomadas en los diferentes meses no se detectó cobalto pues sus concentraciones se encontraron por debajo del límite de detección teórico del equipo utilizado que es de 1 ppb.
- En todos los muestreos de agua realizados en el punto Caño y Río Pishira no se obtuvieron valores de Co ya que se encuentran por debajo del límite de detección.
- En la mayoría de muestras de agua tomadas en los diferentes puntos no se detectó Níquel lo que indica que este metal se encuentra bajo los límites de detección en dichos puntos.
- La muestra de agua tomada en el mes de Enero en el punto de la Zona Profunda de la laguna supera la Norma Establecida para el metal Níquel (0,109ppm) siendo un valor anómalo.
- La muestra de suelo tomada en el mes de Marzo en Instituto supera la norma para el metal Zinc.
- La mayoría de muestras tomadas en suelos en los diferentes muestreos realizados superan la norma establecida para el metal Cadmio de 0,5mg/kg.
- Todas las muestras de agua tomadas en los diferentes muestreos realizados superan la norma establecida para Cadmio de 0,001ppm.
- Los valores de fondo geoquímico de Níquel para agua, suelo y sedimento en la RBL son de 0,015ppm; 6,129mg/kg; 11,13mg/kg respectivamente.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- Los valores de fondo geoquímico de Zinc para agua, suelo y sedimento en la RBL son de 0,048ppm; 67,70mg/kg; 95,3mg/kg respectivamente.
- Los valores de fondo geoquímico de Cobalto para agua, suelo y sedimento en la RBL son de 0,042ppm; 21mg/kg; 5,95mg/kg respectivamente.
- Los valores de fondo geoquímico de Cadmio para agua, suelo y sedimento en la RBL son de 0,009ppm; 0,519mg/kg; 1,597mg/kg respectivamente
- Los metales analizados: Níquel, Cobalto, Zinc, no presentan acumulación en sus sedimentos, esto se conoce porque al aplicar la fórmula del Índice de Geoacumulación obtenemos resultados negativos lo que indica una Tipificación de No Contaminada.
- El metal analizado Cadmio presenta acumulación en los sedimentos de la Laguna así como los Ríos obteniendo los siguientes resultados:
 - ✓ Desembocadura Pishira y Desembocadura Playayacu nos da una Tipificación de No Contaminada ya que se obtiene resultados negativos.
 - ✓ Río Pishira y Río Playayacu nos da una Tipificación de Poco Contaminada ya que los resultados se encuentran entre 0 y 1.
 - ✓ Caño, Muelle y Río Napo nos da una Tipificación de Contaminación Moderada que los resultados obtenidos se encuentran entre 1 y 3.
 - ✓ Zona Profunda de la Laguna nos da una Tipificación de Contaminación Fuerte ya que su resultado se encuentra entre 3 y 4.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- El gráfico estadístico boxplot de Zinc en Aguas (**ver ANEXO B1**) permite afirmar que los valores de las medianas de los diferentes puntos son semejantes, sin embargo se puede evidenciar valores atípicos en cuatro puntos: Caño, Río Pishira, Desembocadura Playayacu y Muelle.
- El gráfico estadístico boxplot de Níquel en Aguas (**ver ANEXO B4**) permite afirmar que los valores de las medianas de los diferentes puntos son semejantes, sin embargo se pueden evidenciar valores atípicos en tres puntos: Zona Profunda, Muelle y Río Napo.
- El gráfico estadístico boxplot de Cadmio en Aguas (**ver ANEXO B10**) permite afirmar que los valores de las medianas de los diferentes puntos son semejantes, sin embargo se pueden evidenciar valores atípicos en todos los puntos debido a que los valores obtenidos son menores al límite de detección del equipo utilizado o mayores al mismo.
- El análisis estadístico ANOVA para Cadmio en aguas, suelos y sedimentos (**ver ANEXO C1**) el valor de P es mayor a 0,05; por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir que no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Cd en aguas, suelos y sedimentos de la RBL.
- El análisis estadístico ANOVA para Cobalto en aguas, (**ver ANEXO C2**) el valor de P es mayor a 0,05; por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir que no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Co en aguas de la RBL; para suelos y sedimentos, el valor de P es menor a 0,05 por lo cual

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

se rechaza la hipótesis nula, es decir que son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Co en suelos y sedimentos de la RBL.

- El análisis estadístico ANOVA para Níquel en aguas y suelos (**ver ANEXOC- C3**) el valor de P es mayor a 0,05; por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir que no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Ni en aguas y suelos de la RBL, para sedimentos, el valor de P es menor a 0,05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir que son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Ni en sedimentos de la RBL.
- El análisis estadístico ANOVA para Zinc en aguas, suelos y sedimentos (**ver ANEXOC- C4**) el valor de P es mayor a 0,05; por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir que no son significativos los cambios de variación de las concentraciones de Zn en aguas, suelos y sedimentos de la RBL.

CONCLUSIONES

- La metodología desarrollada e implementada para monitorear y muestrear aguas, suelos y sedimentos en la RBL ayudó a que se pueda determinar la concentración de cadmio, cobalto, níquel y zinc, sin embargo los datos obtenidos servirán para la elaboración de una línea base que ayude a futuro en la realización de un proyecto de investigación que permita dar una Caracterización Ambiental de la Laguna.
- La presencia de cobalto existe en mayor proporción en suelos y sedimentos, esto debido a actividades antropogénicas, industriales o naturales de la zona de estudio,

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

por lo que se hace indispensable determinar las causas físicas y químicas de esta condición.

- Los metales. Níquel, Cobalto y Zinc en la Laguna de Limoncocha así como en los Ríos estudiados que se encuentran en el sedimento son liberados a la columna de agua cuando existe movimientos de la laguna haciendo que no se acumulen en los sedimentos.
- La variación notable de la presencia de los metales Cd, Co, Ni y Zn a lo largo del periodo de tiempo estudiado puede deberse al cambio existente de temperatura y precipitación en los meses analizados aumentando su concentración en la época lluviosa (meses de enero, febrero y marzo) y disminuyendo la misma en verano.
- Un pH neutro impide que las sales de cadmio precipiten y se absorban sobre las partículas del sedimentos, sin embargo al no obtener lecturas neutras en los diferentes muestreos realizados ($\text{pH} > 7$) y donde el valor de fondo geoquímico de Cadmio en sedimentos es bajo (1,597mg/kg), existe una acumulación de dicho metal en varios puntos de la Laguna así como en los tres ríos estudiados que indican una contaminación por dicho metal ya que el cadmio a un pH mayor a 7 tiende a precipitar formándose hidróxidos de cadmio que son insolubles en el agua.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

AGRADECIMIENTO

- Fondos UISEK
- MSc. Katty Coral, MSc. Ivonne Carrillo, PhD. Miguel Martínez, asesoría metodológica

REFERENCIAS

- APHA AWA WEF, S. M. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (A. Eaton, L. Clesceri, E. Rice, & A. Greenberg, Eds.) (21st ed.).
- Chicta, S. F. De, Descanso, E., Roque, S., Isla, S., Remolino, S., Kantetsiaya, S. P. De, ... Elena, S. (1999). Bloque 15 : Occidental Petroleum Corporation.
- Galán Huertos, E., & Romero Baena, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Macla*, 10, 48–60.
- Juana, S., Ana, O., Laura, L., Norma, S., Hilda, C., María, L., ... Wilver, A. (2014). Monitoreo y evaluación del grado de contaminación en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química (FQIQ) y su impacto en la salud y medio ambiente. *Rev. Soc. Quím. Perú*, 80(3), 211–219. Retrieved from [/scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lang=pt](http://scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lang=pt)
- M., R.-B., & Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales prácticas., 1–277. Retrieved from <http://cebem.org/cmsfiles/publicaciones/gestionambientalLACaribe.pdf>

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Macías-Hernández, P. (2015). Determinación de metales pesados (Pb, Cd, Cr) en agua y sedimentos de la zona estuarina del río Tuxpan, Veracruz, 62. Retrieved from <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41940/1/MaciasHernandezPatricia.pdf>

MAE. (2002). *Plan de manejo de la Reserva Biológica Limoncocha*. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+manejo+de+la+Reserva+Limoncocha.pdf/bf9eb887-e71f-4d35-bb0a-019fc8ac9432>

MAE. (2015). Reserva Biológica Limoncocha. Retrieved from <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-biológica-limoncocha>

Méndez, P., Ramírez, G., César, A., Gutiérrez, R., Alma, D., & García, P. (2009). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44.

Morales, D., & Ruiz, K. (2008). *Determinacion de la capacidad de remocion de cadmio, plomo y niquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados diana milena morales fonseca katherine johanna ruiz tovar*. Pontifica Universidad Javeriana.

Naranjo, G. (2015). Determinación de elementos mayores en sedimentos provenientes de zonas afectadas por actividades petroleras en Ecuador Proyecto de investigación, 1–36.

Neira, F., Gómez, S., & Pérez, G. (2006). Sostenibilidad de los usos de subsistencia de la biodiversidad en un Área Protegida de la Amazonia Ecuatoriana: un análisis biofísico.

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Ecuador Debate, (67), 155–164.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación Por Metales Pesados : Implicaciones En Salud , Ambiente Y Seguridad Alimentaria.

Investigacion Y Desarrollo, 16(2), 66–77.

Rodríguez, Y., Castañeda, M. del R., Lango, F., Montoya, J., Sánchez, A., & Galaviz, I.

(n.d.). Índice de Geoacumulación por metales en sedimentos de la Laguna de Alvarado, VER.

Stefanie, P., & Salinas, T. (2013). *Determinación de los metales pesados Cobalto ,*

Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo . Universidad de Guayaquil.

Taipe, D. (2013). *Validación de Métodos Analíticos para la determinación de Boro, Zinc y Potasio por Espectrofotometría en muestras de agua en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental.*

Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2015). Contamination levels in three sectors of Villavicencio using the geoaccumulation (Igeo) index. *Orinoquia*, 19(1),

109–117. Retrieved from

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

[37092015000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Notas de autor

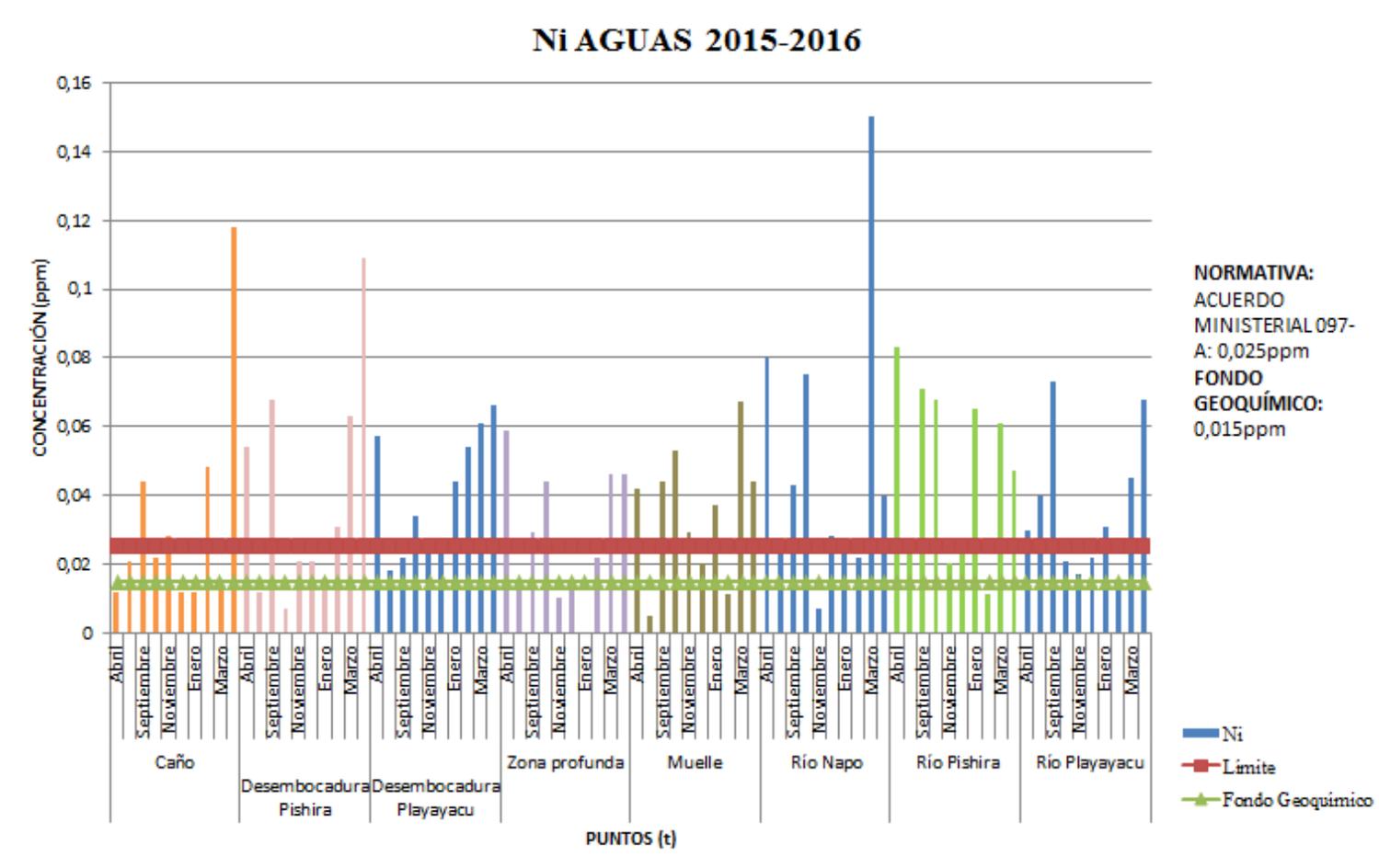
Enlace alternativo

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

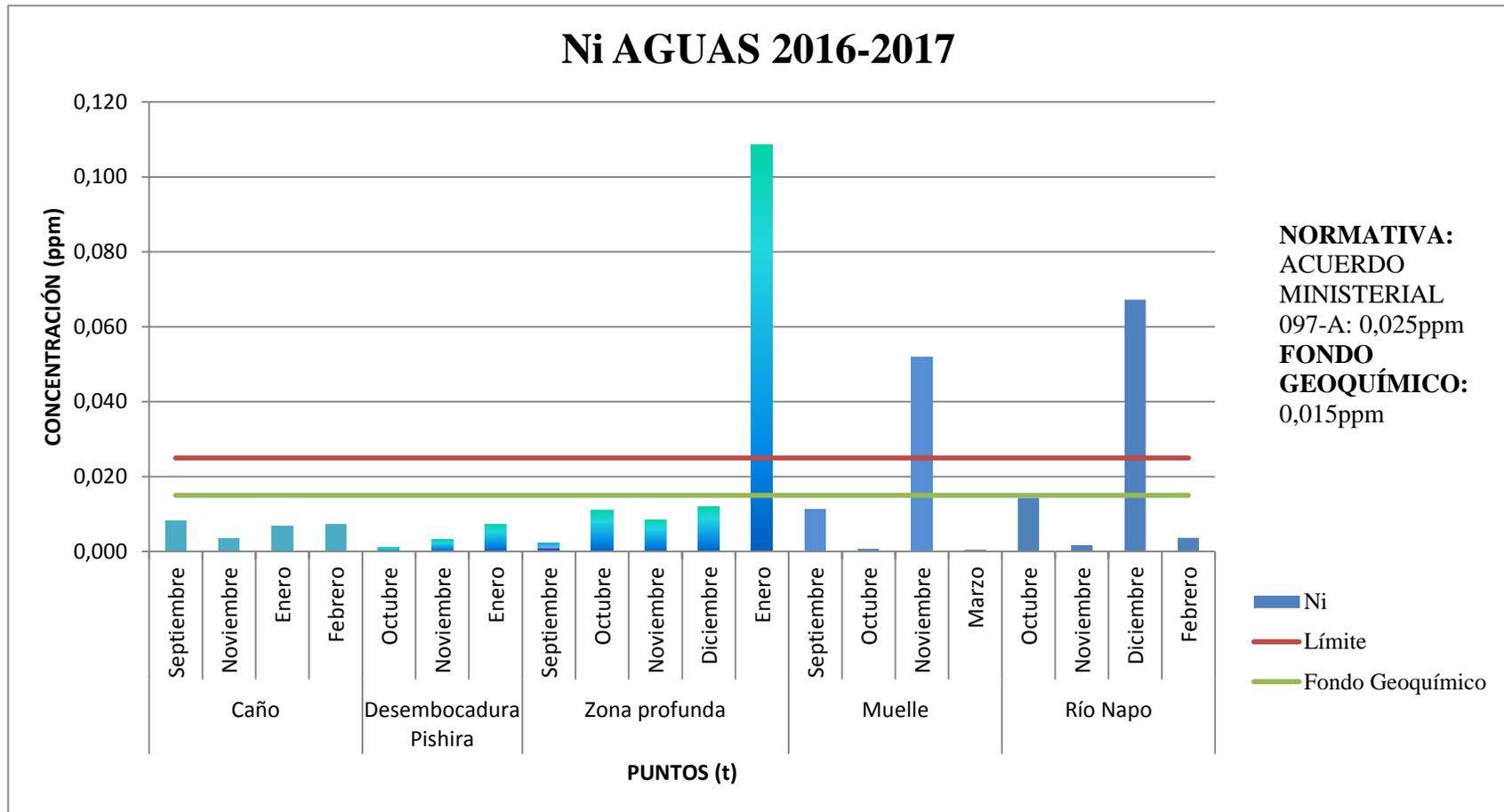
ANEXOS

ANEXO A. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

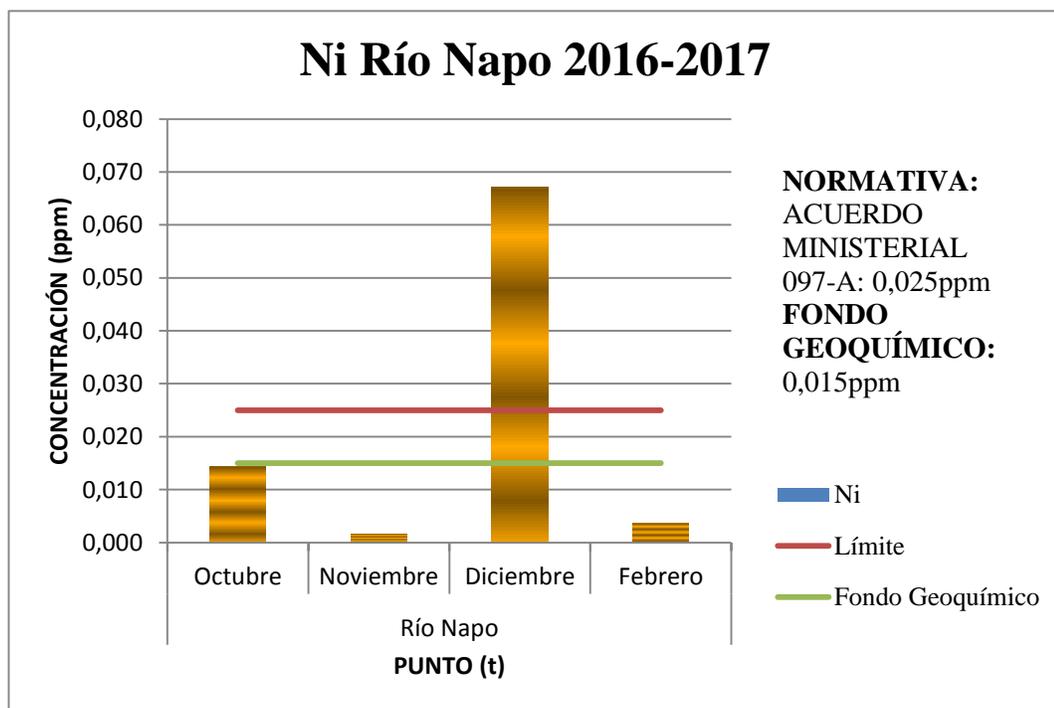
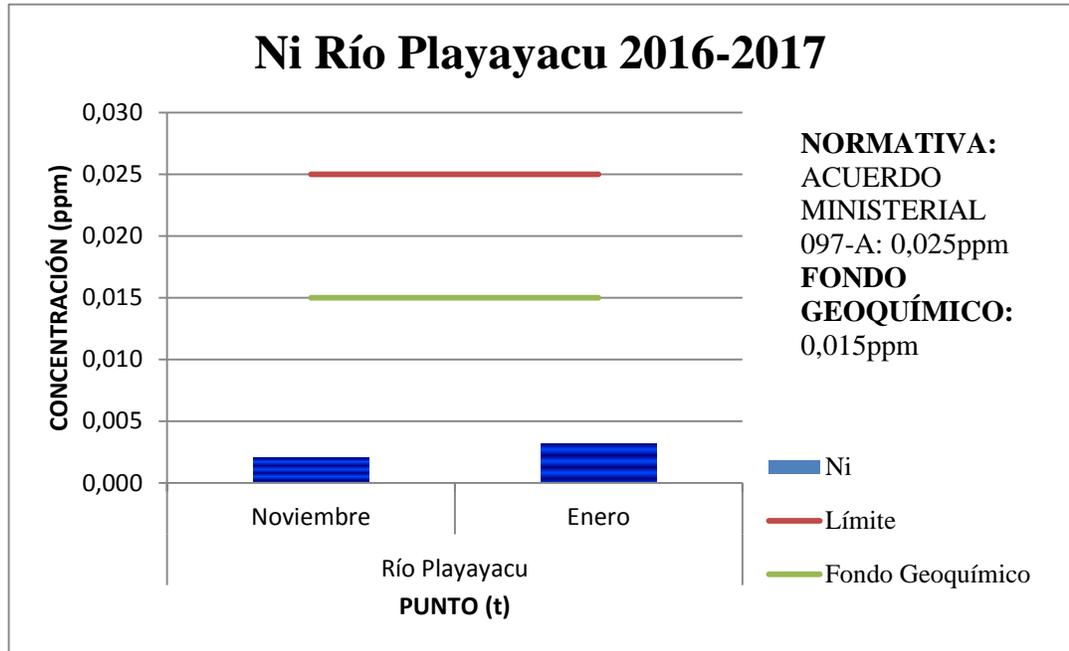
- A-1: Níquel en Aguas



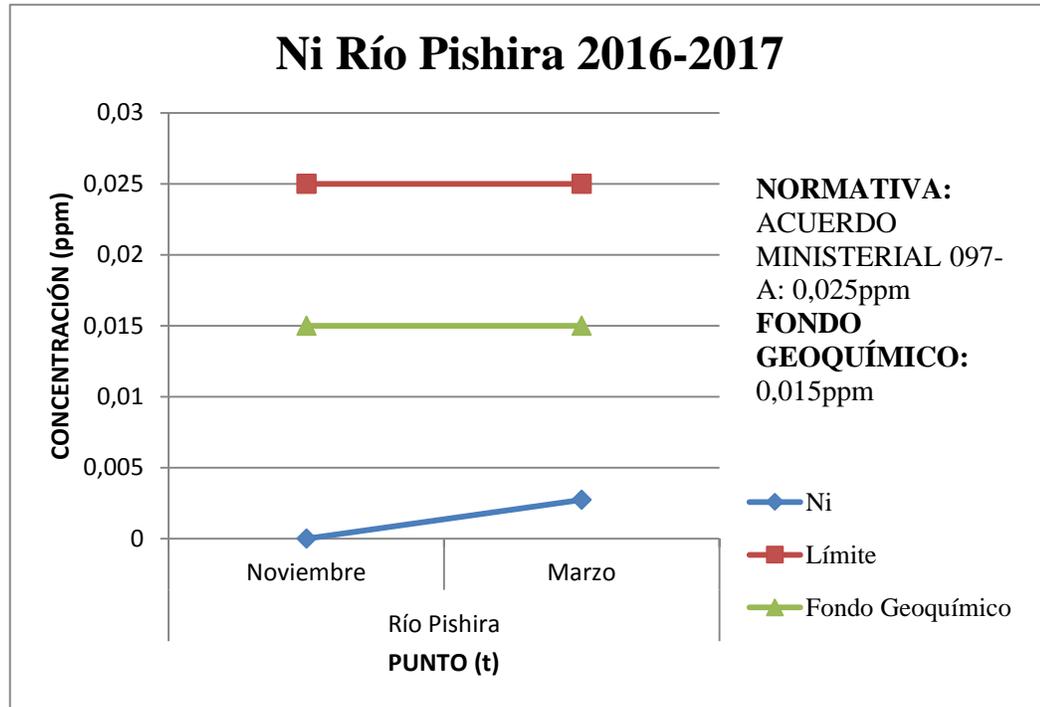
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



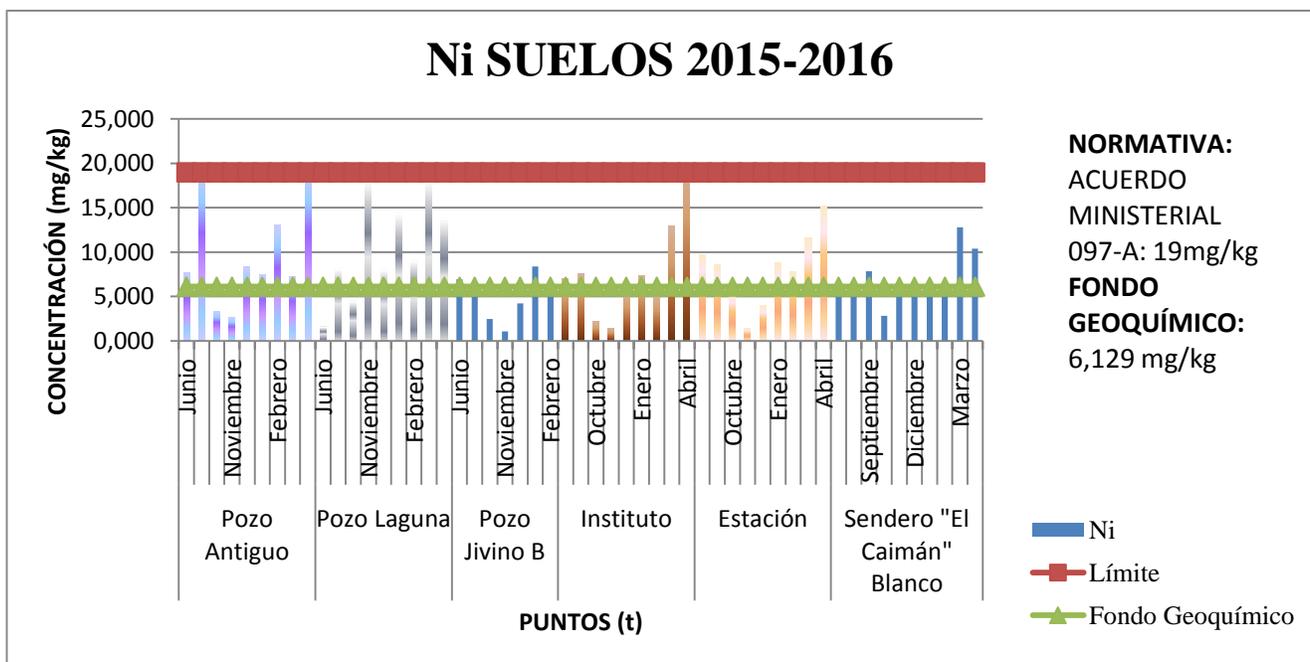
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



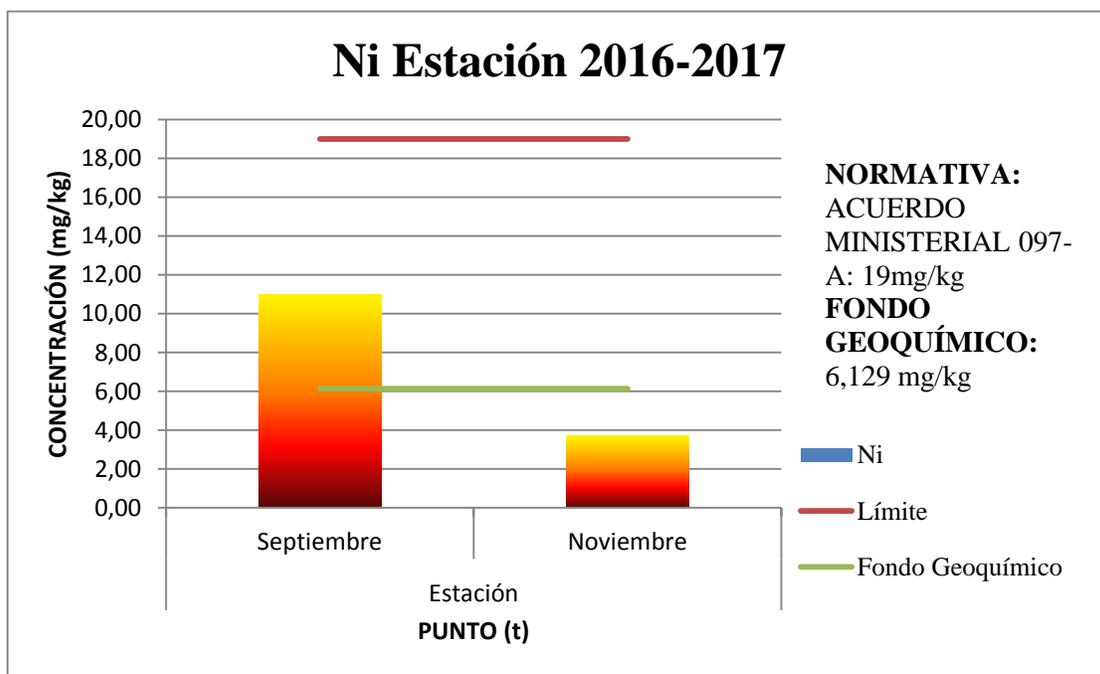
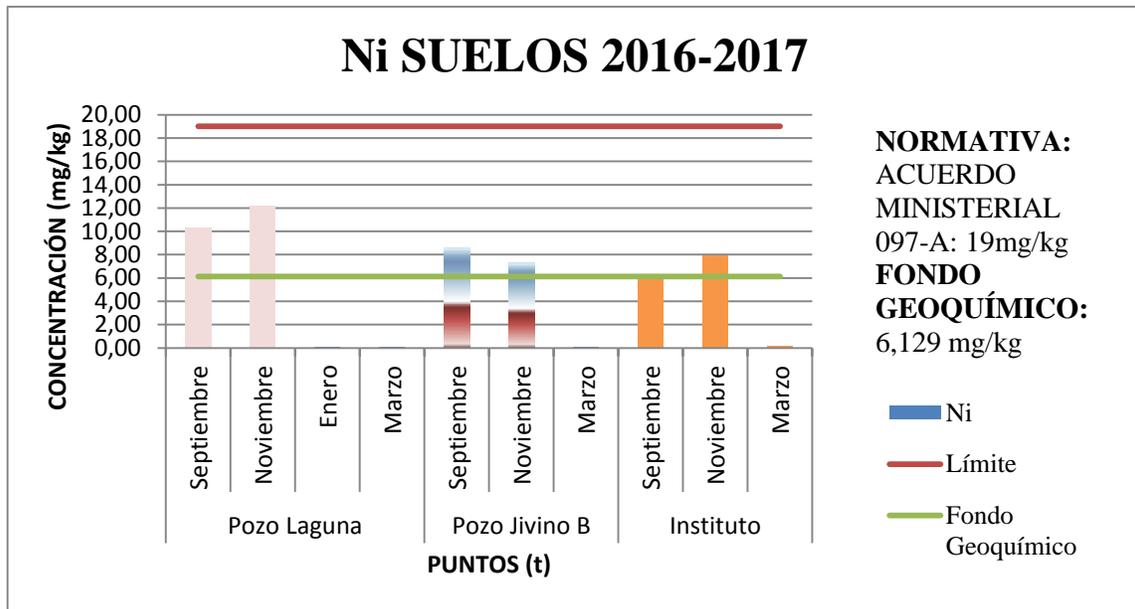
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



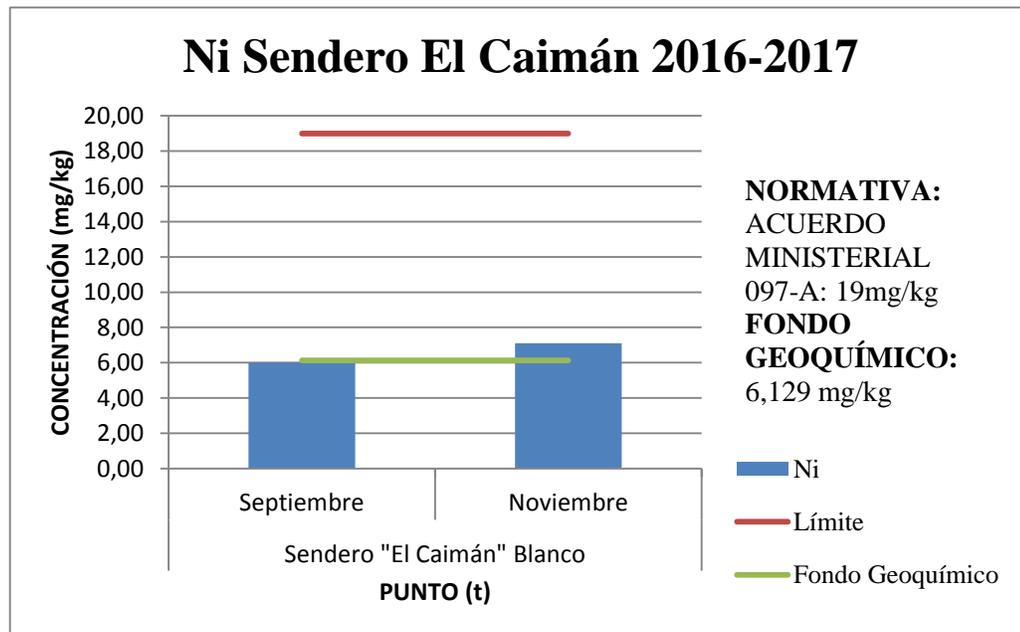
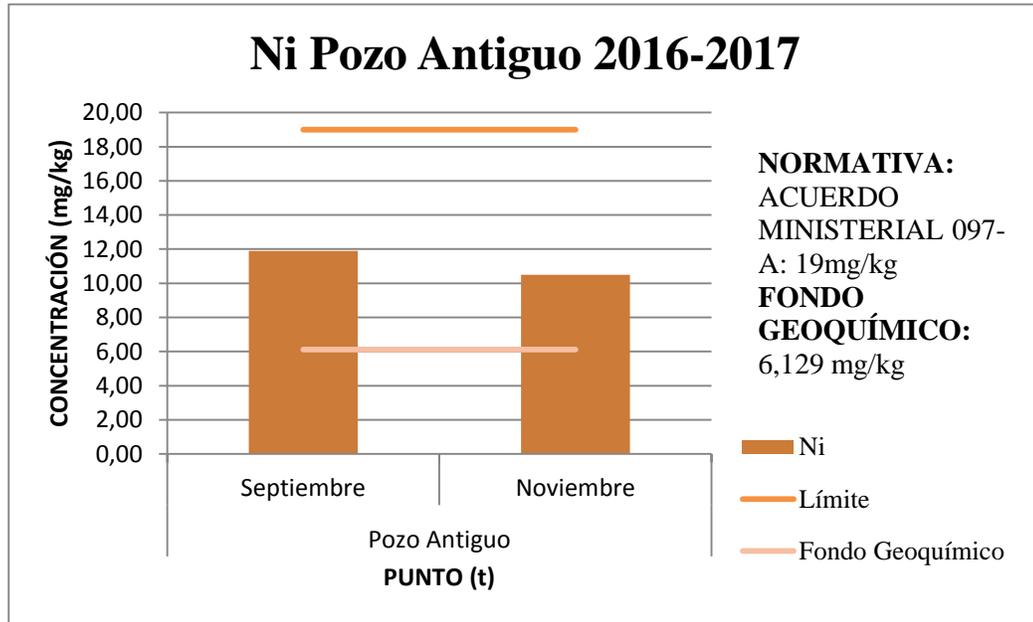
- A-2: Níquel en Suelos



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

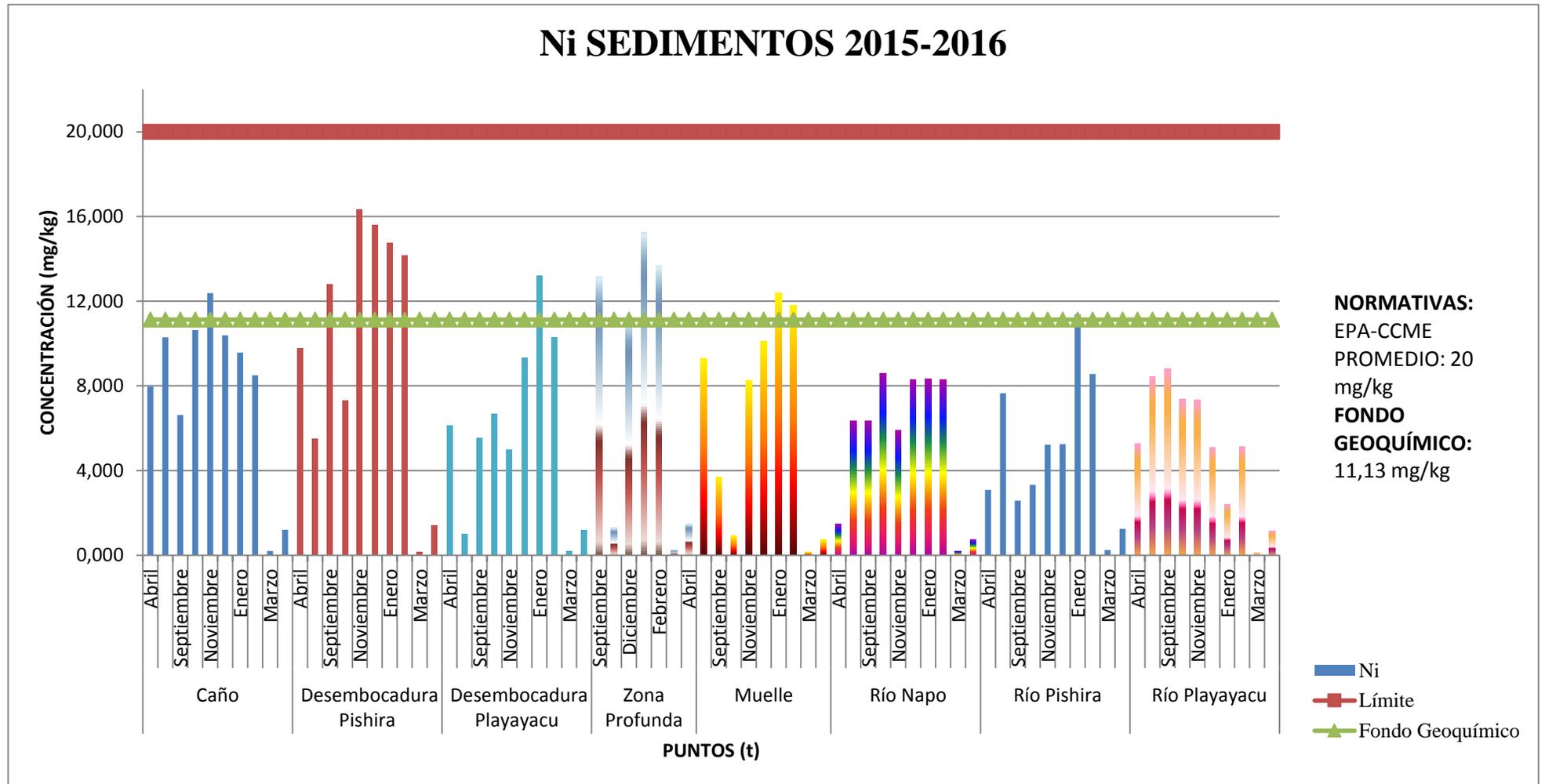


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

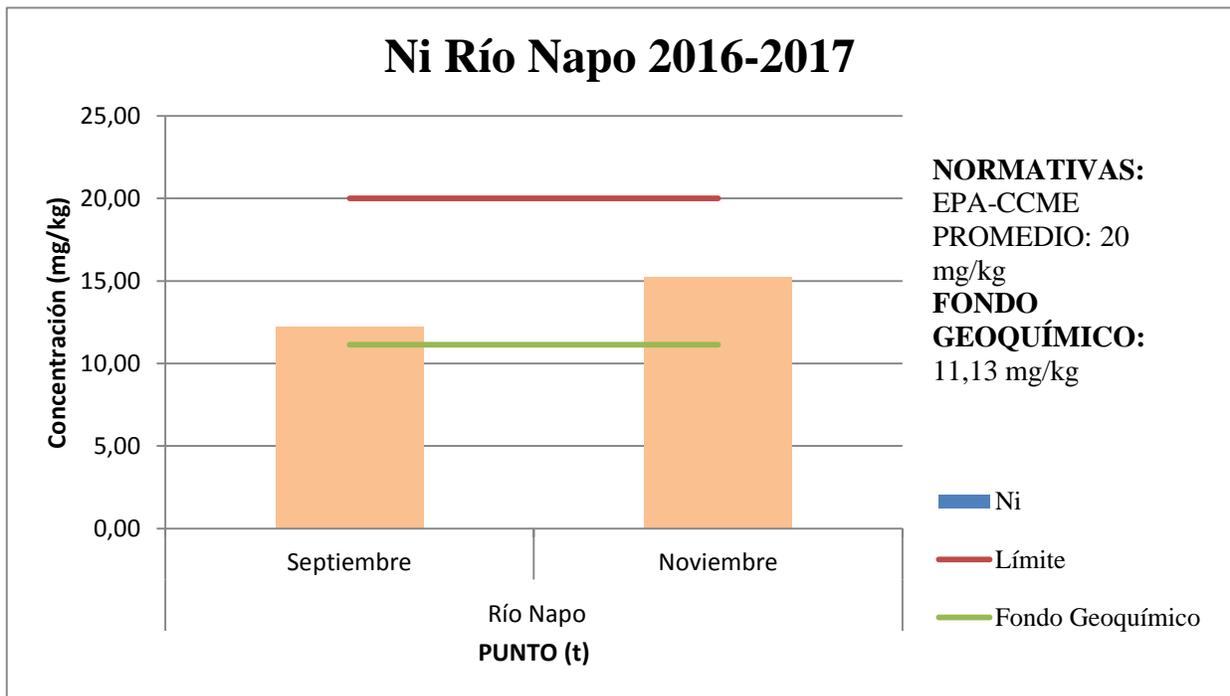


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

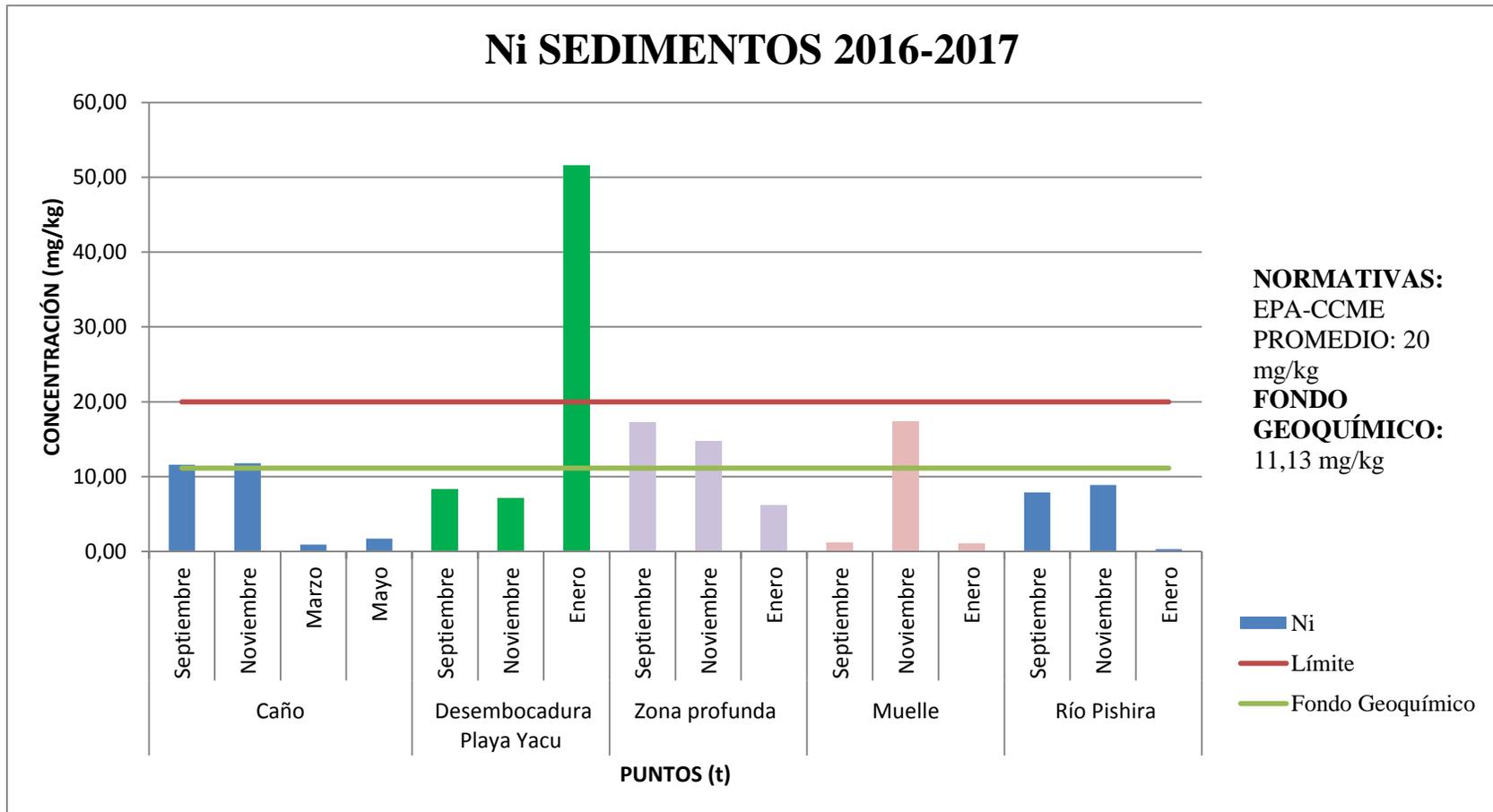
- A-3: Níquel en Sedimentos



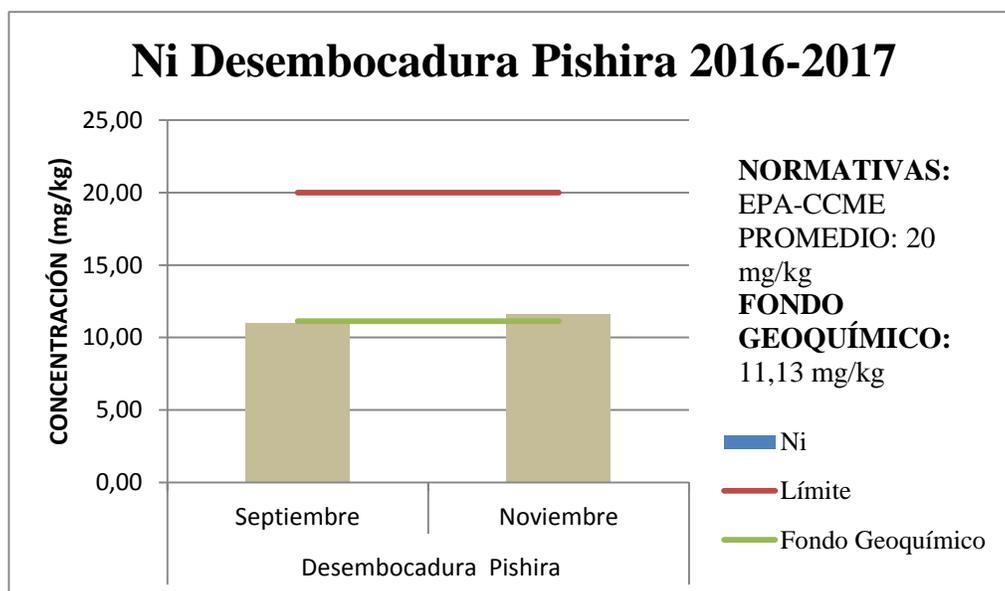
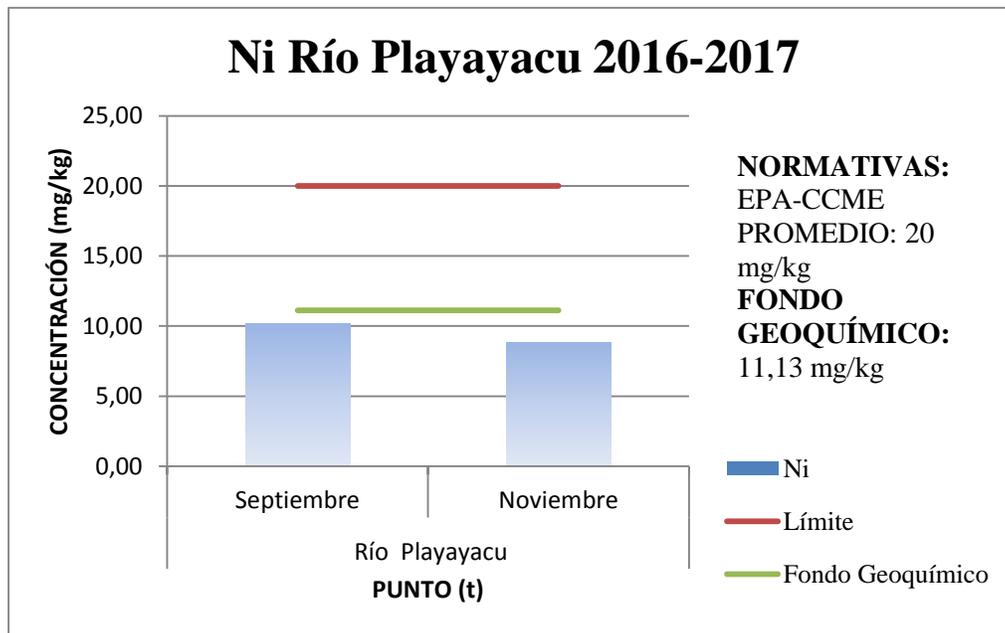
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

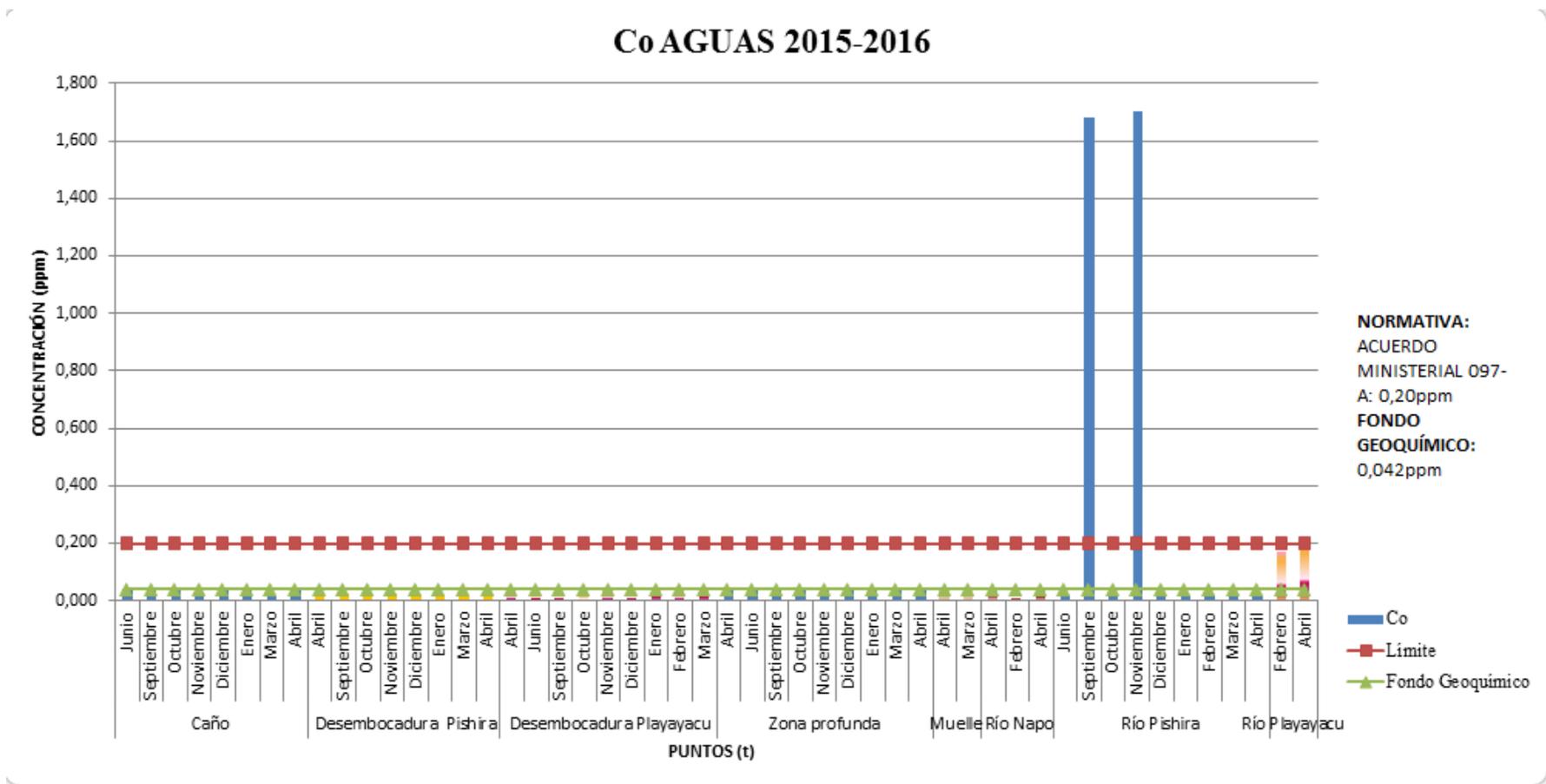


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

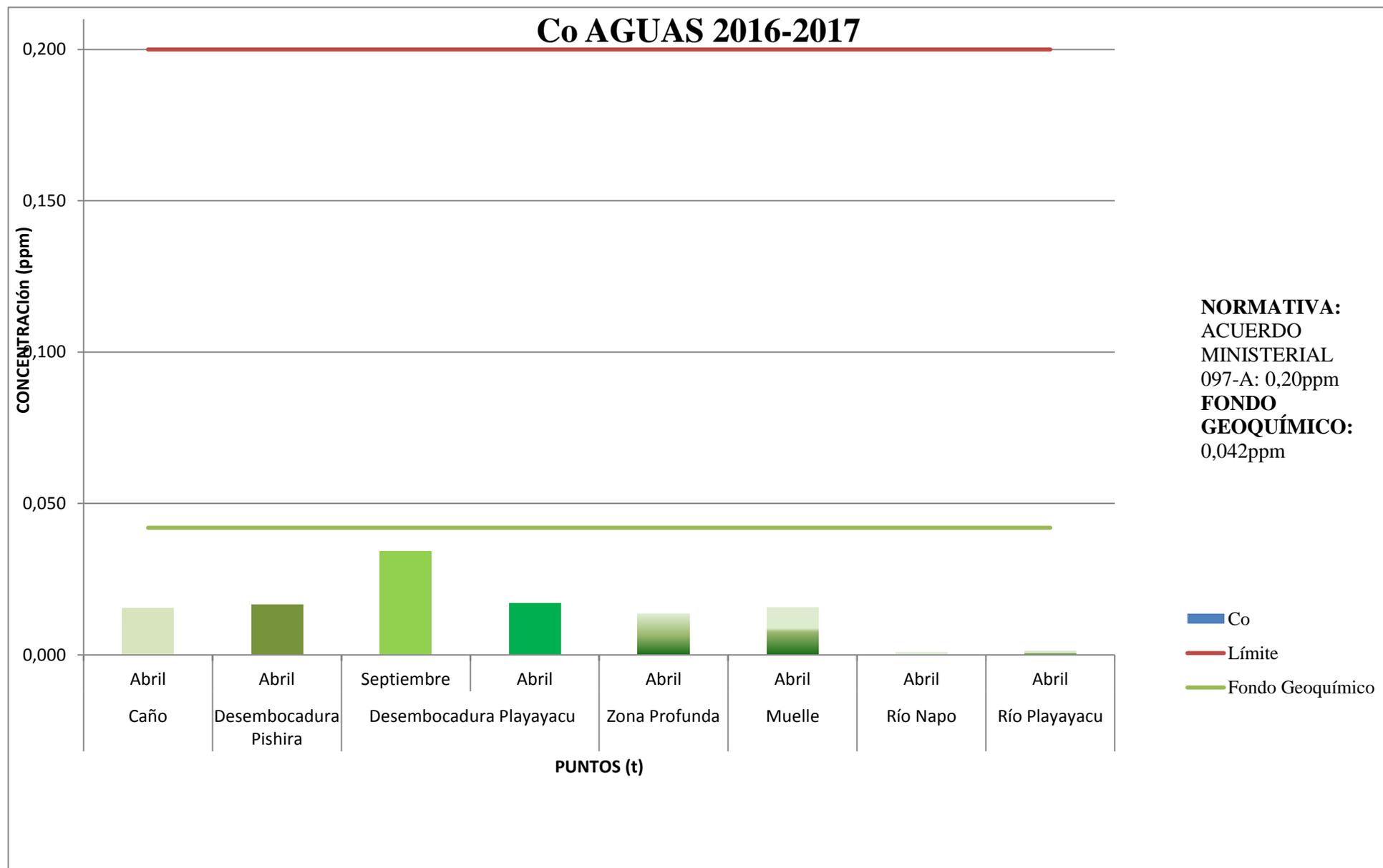


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-4: Cobalto en Aguas

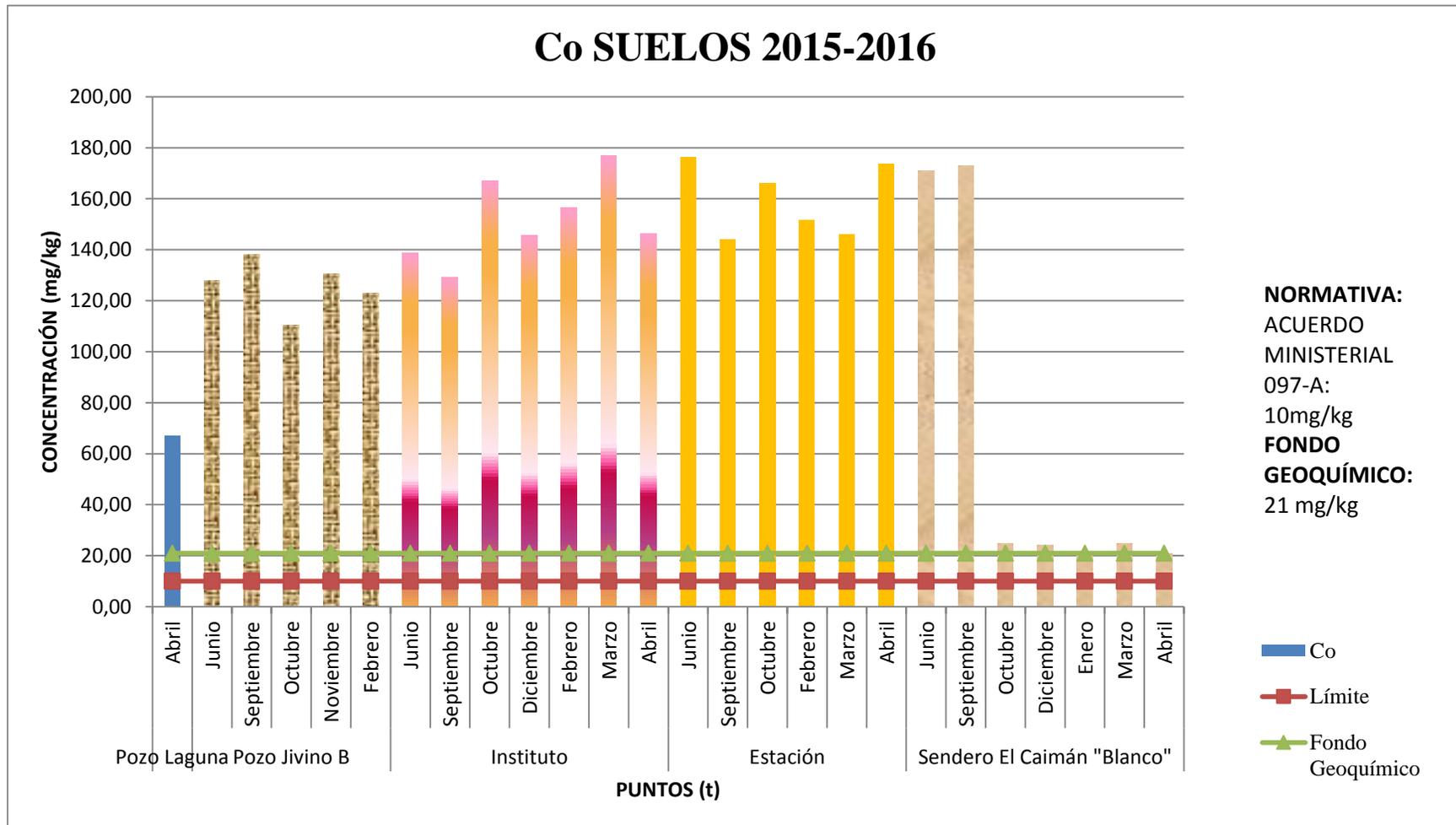


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

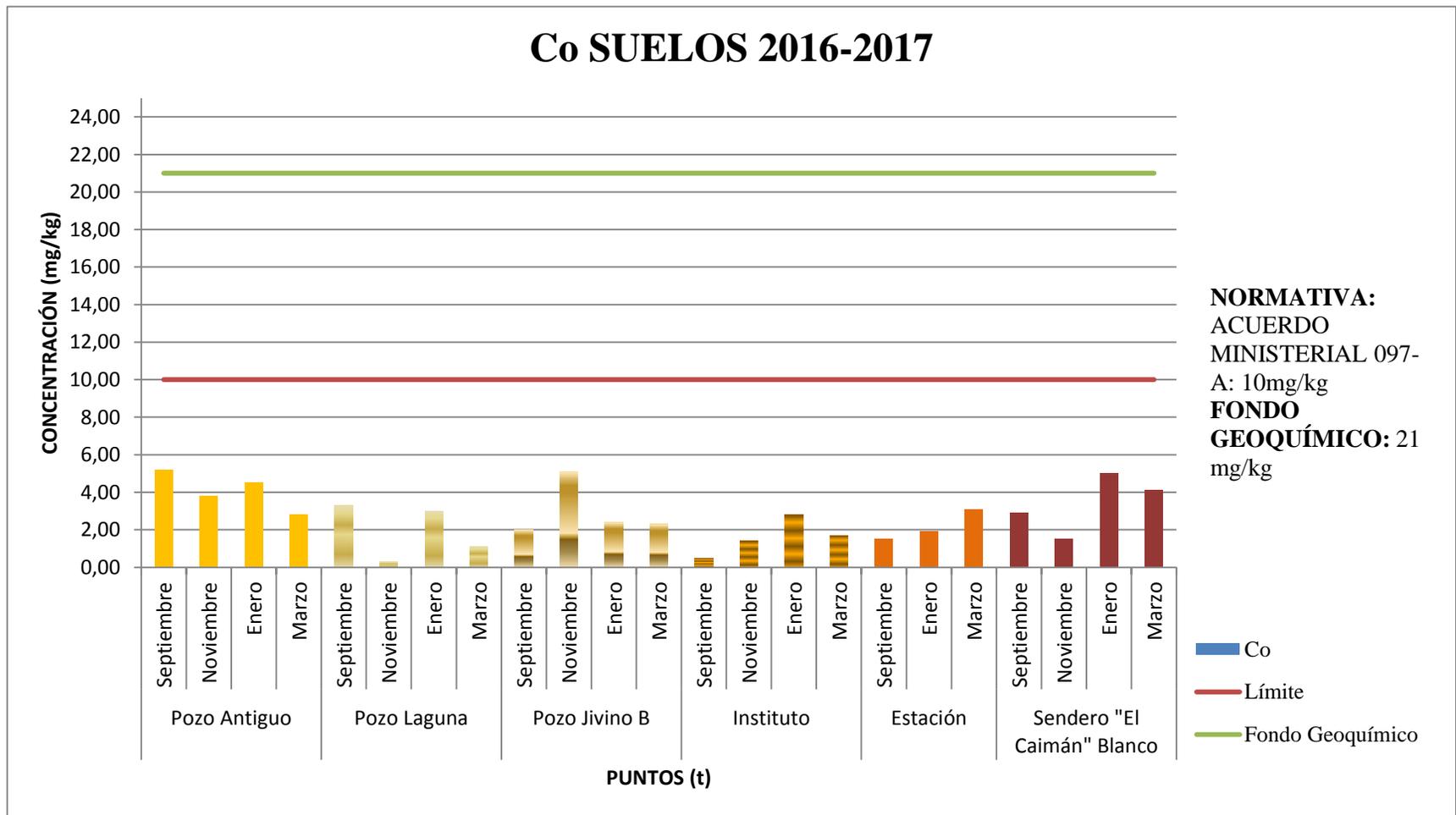


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-5: Cobalto en Suelos

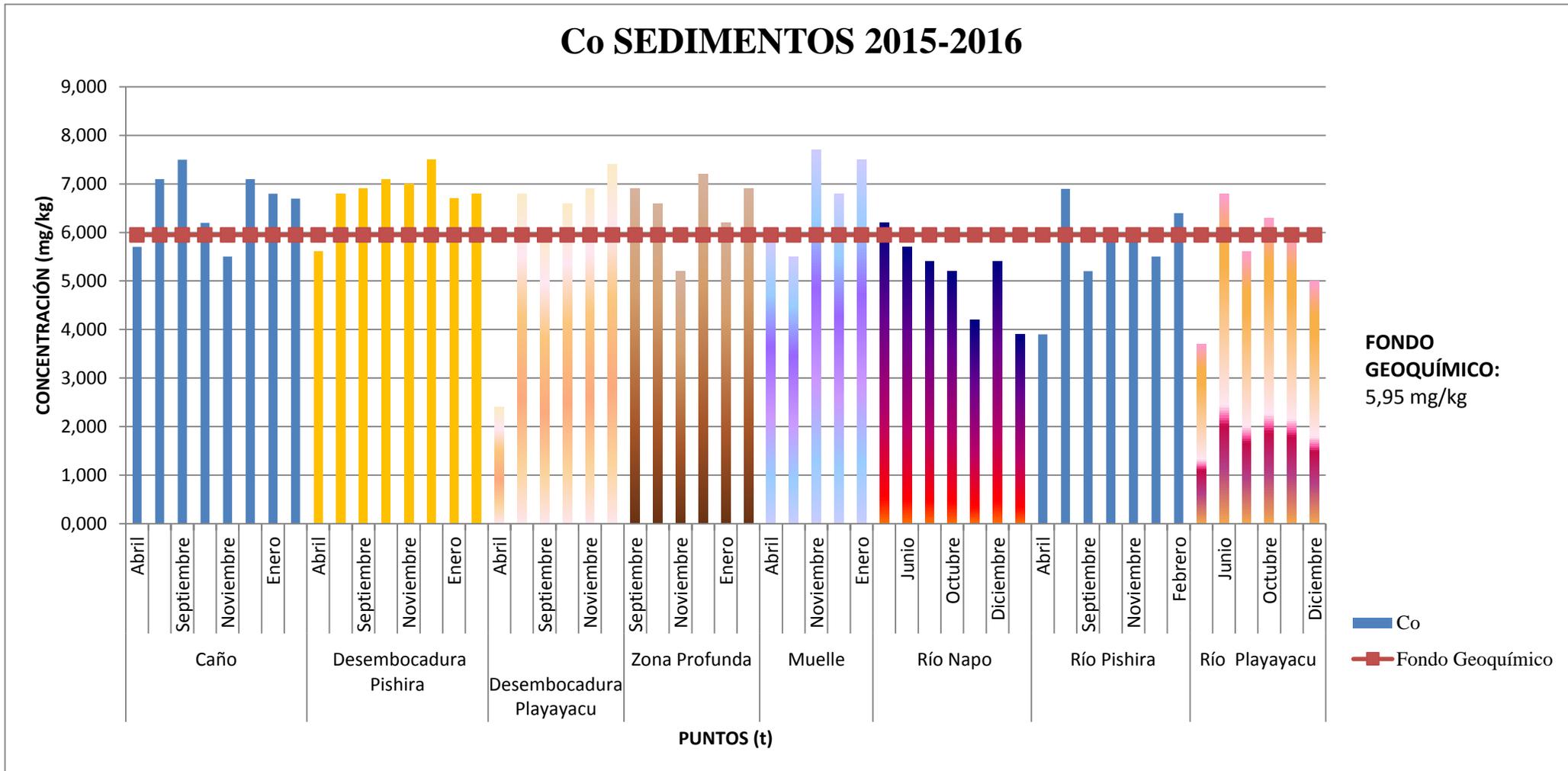


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



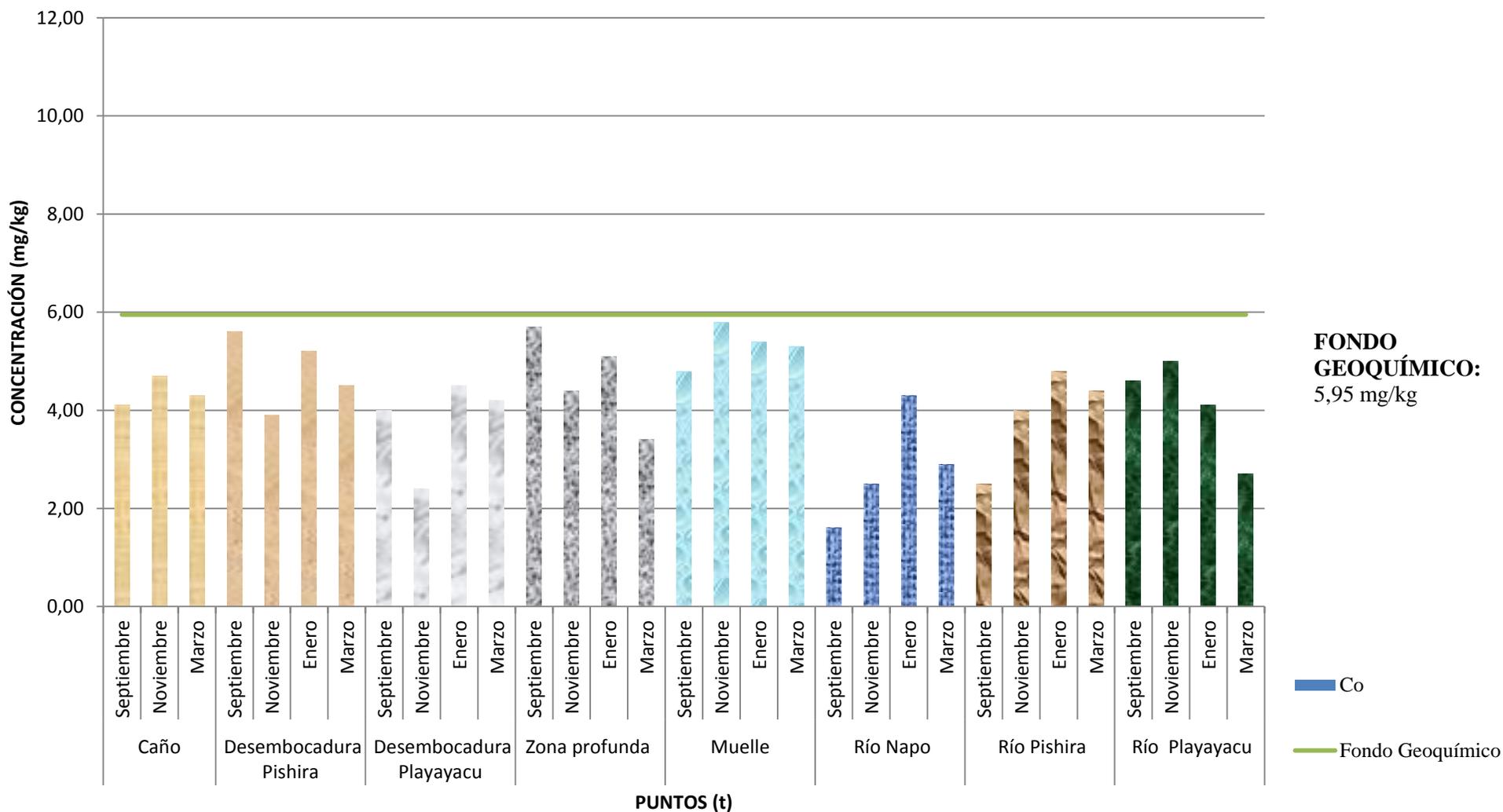
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-6: Cobalto en Sedimentos



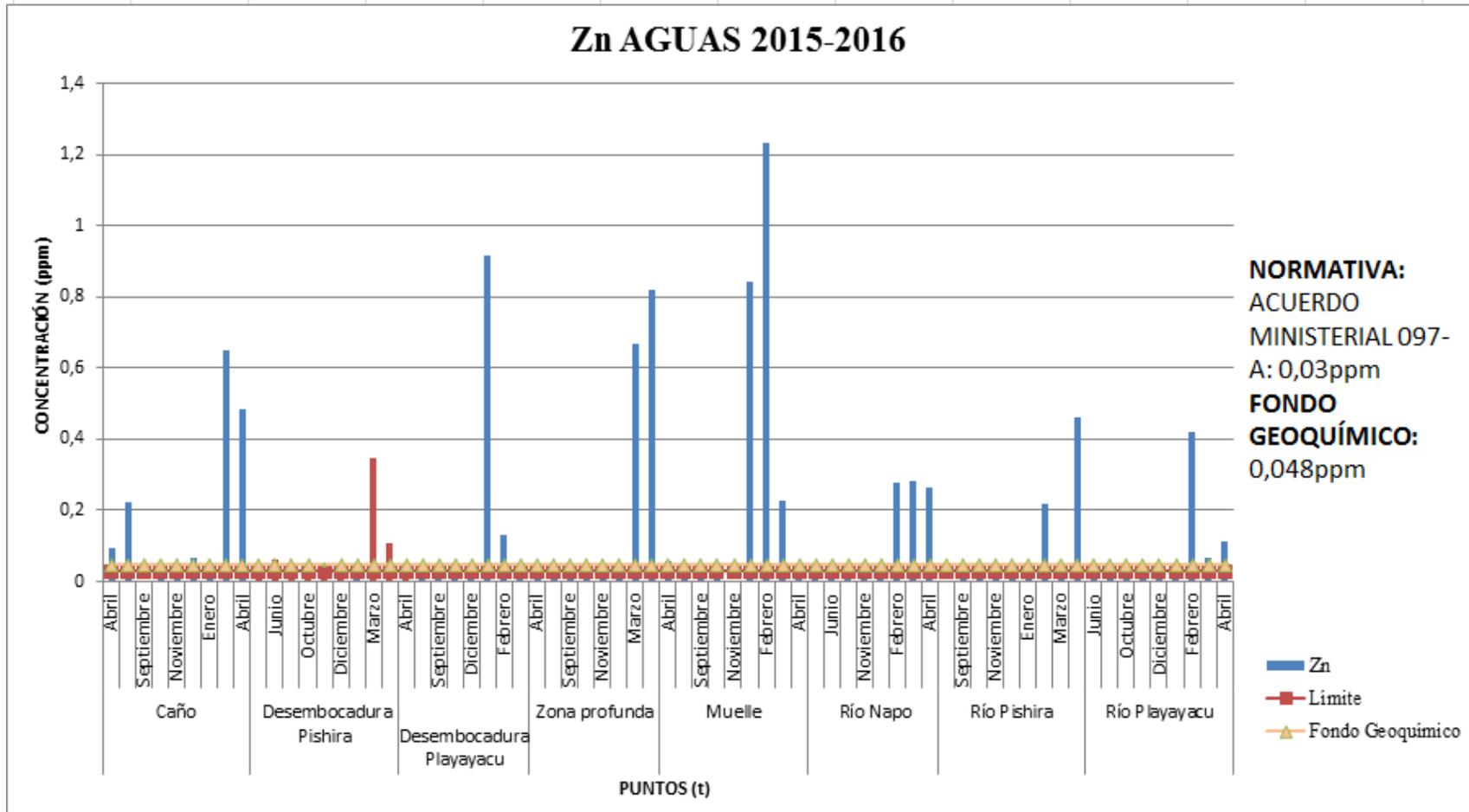
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Co SEDIMENTOS 2016-2017

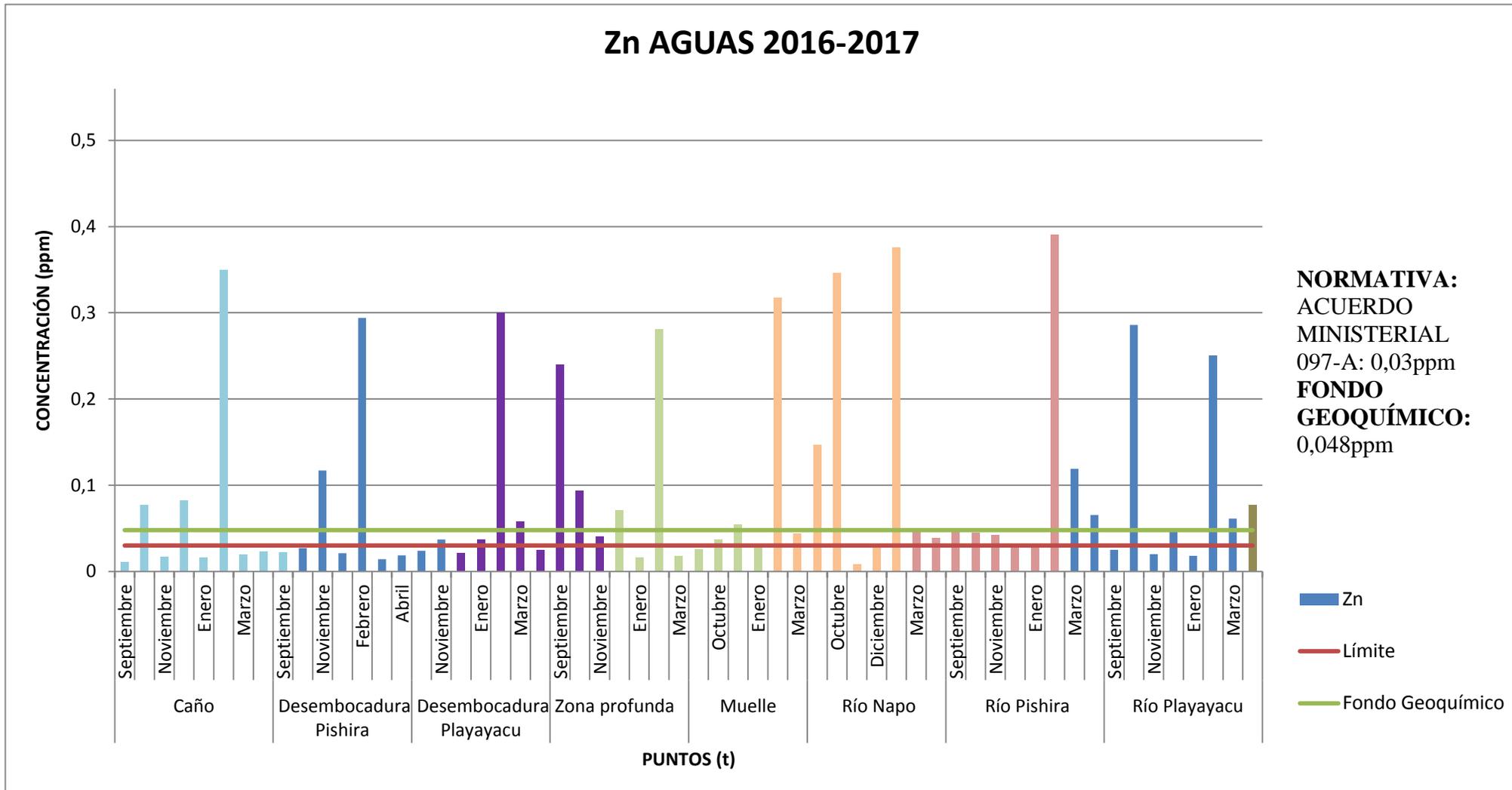


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-7: Zinc en Aguas



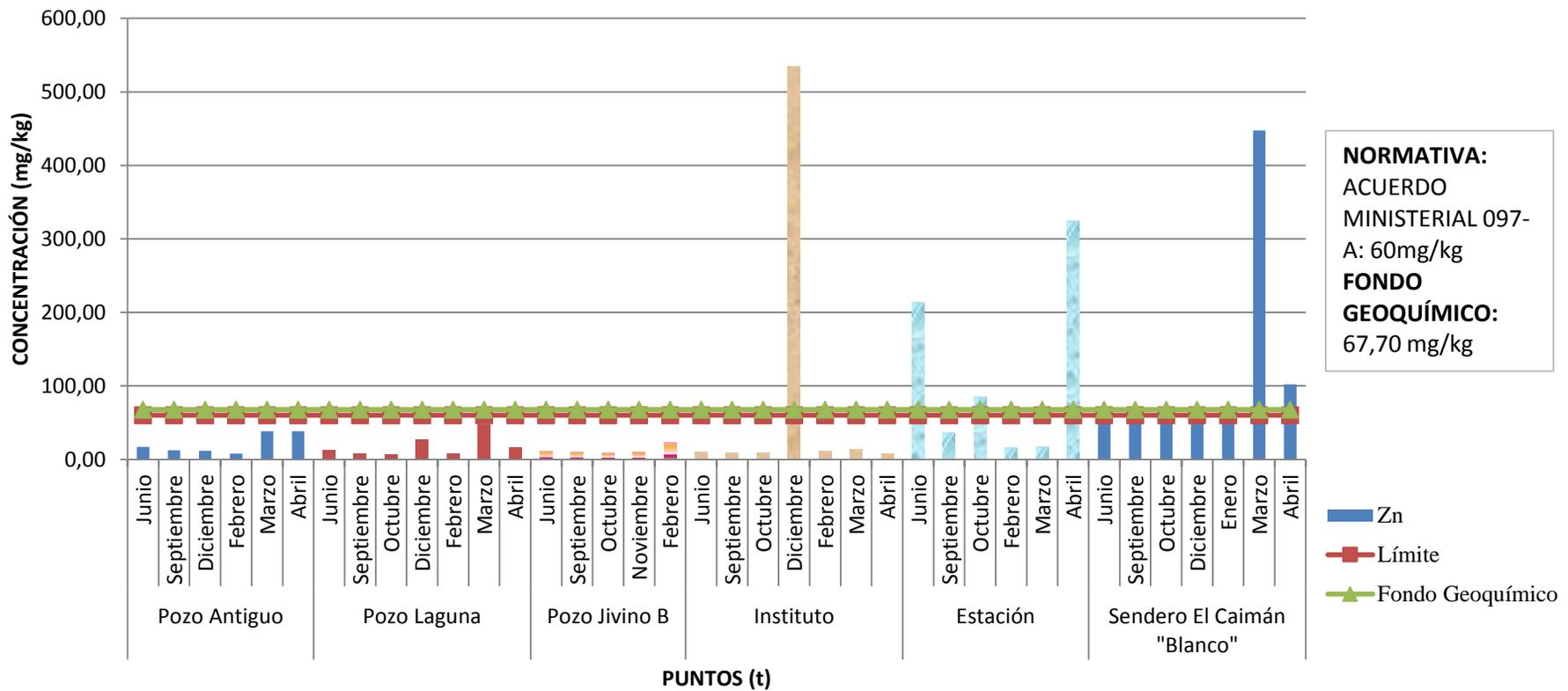
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



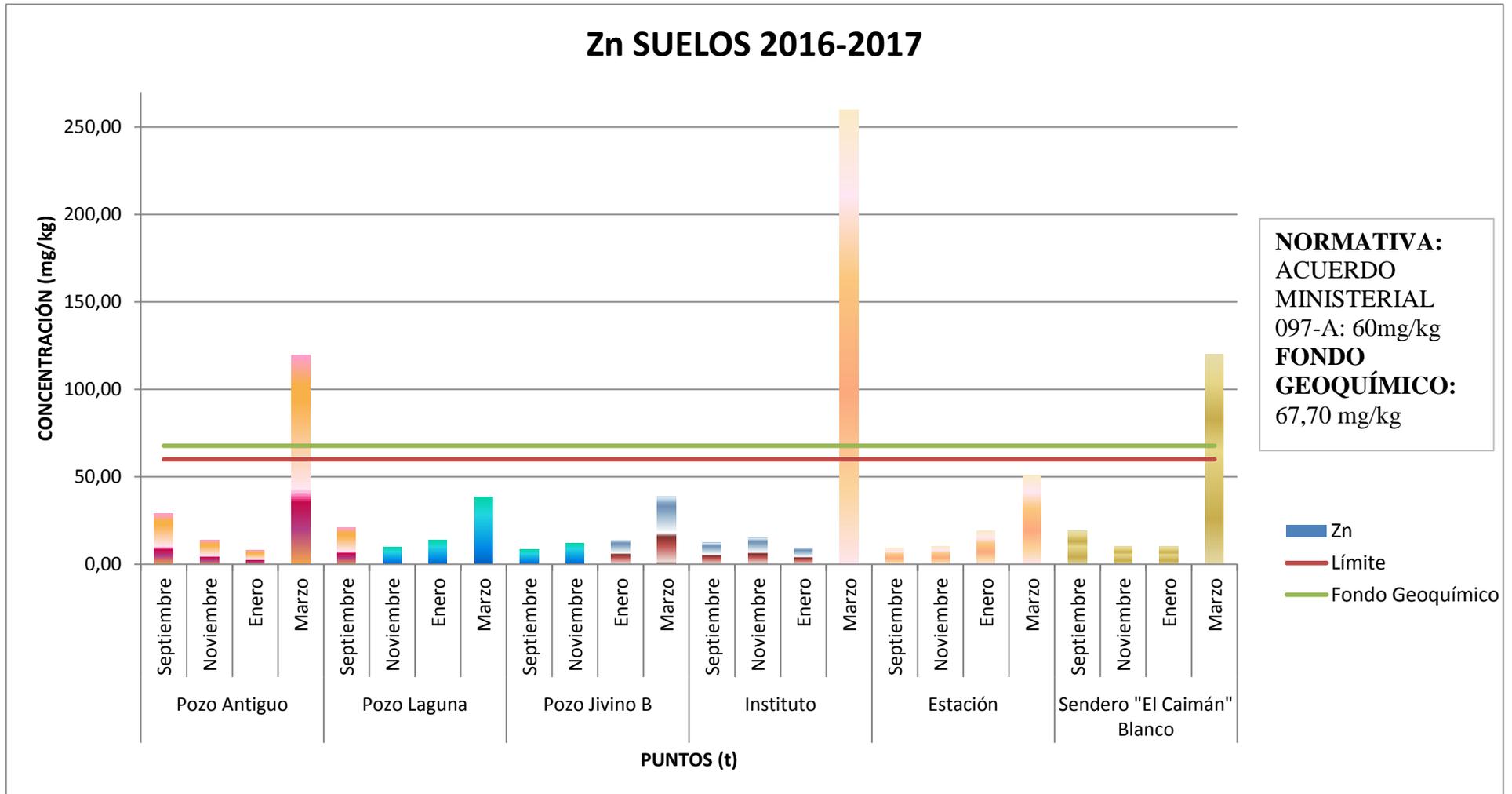
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-8: Zinc en Suelos

Zn SUELOS 2015-2016



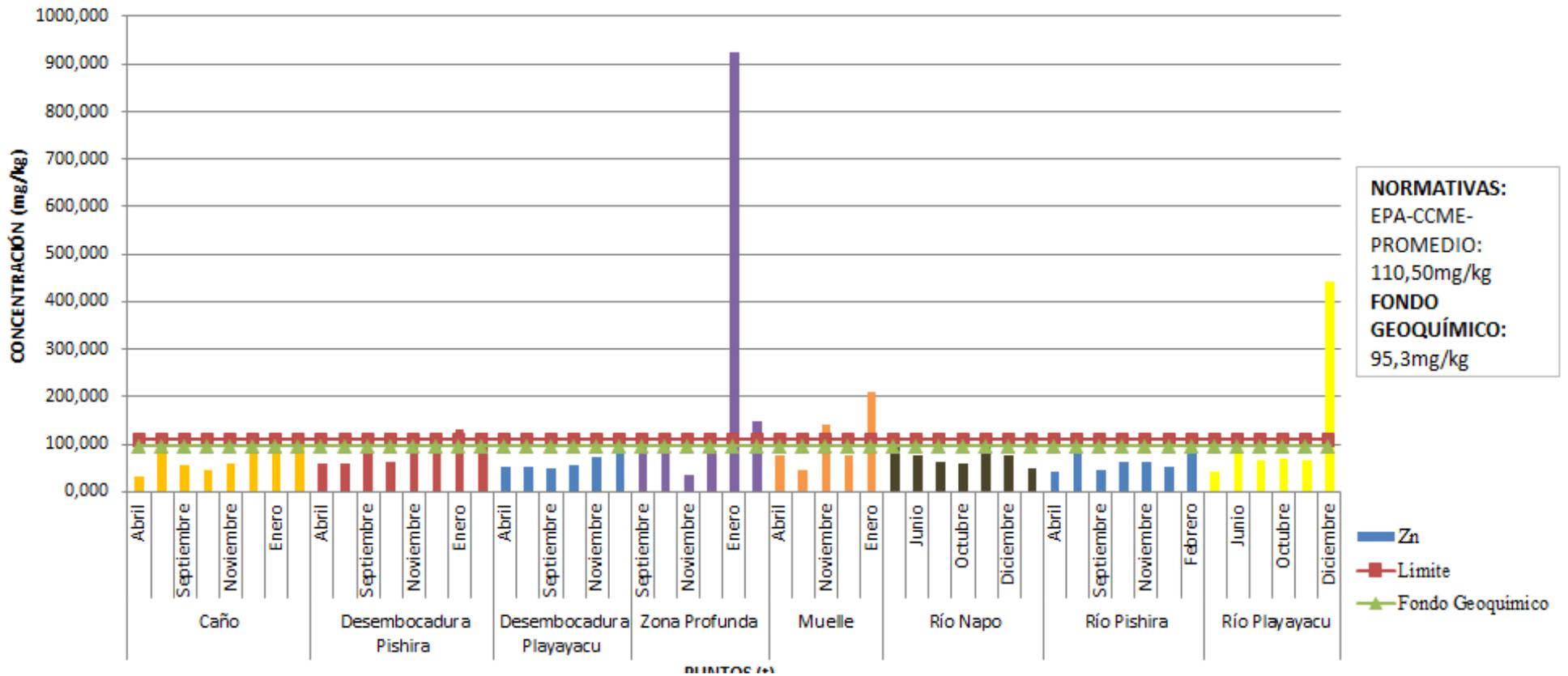
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

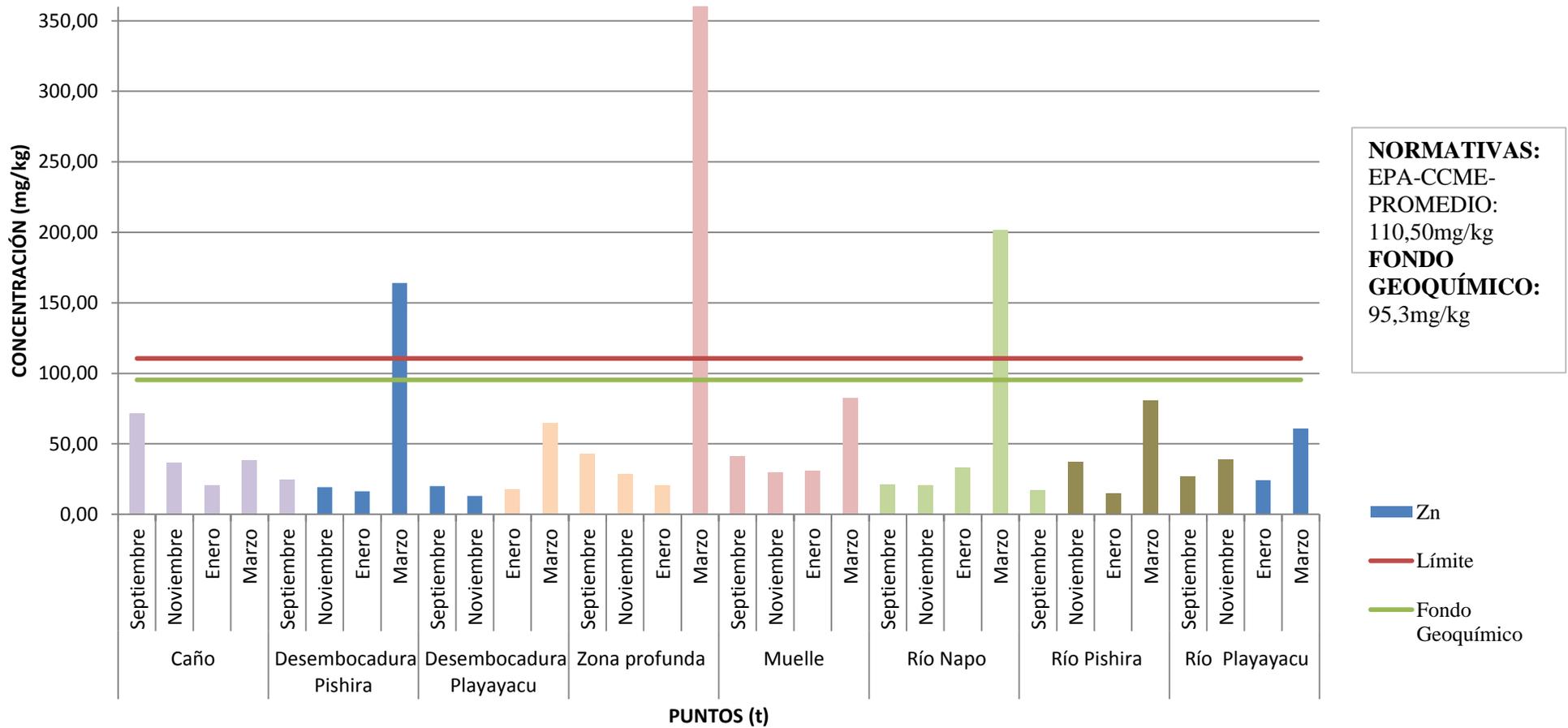
- A-9: Zinc en Sedimentos

Zn SEDIMENTOS 2015-2016



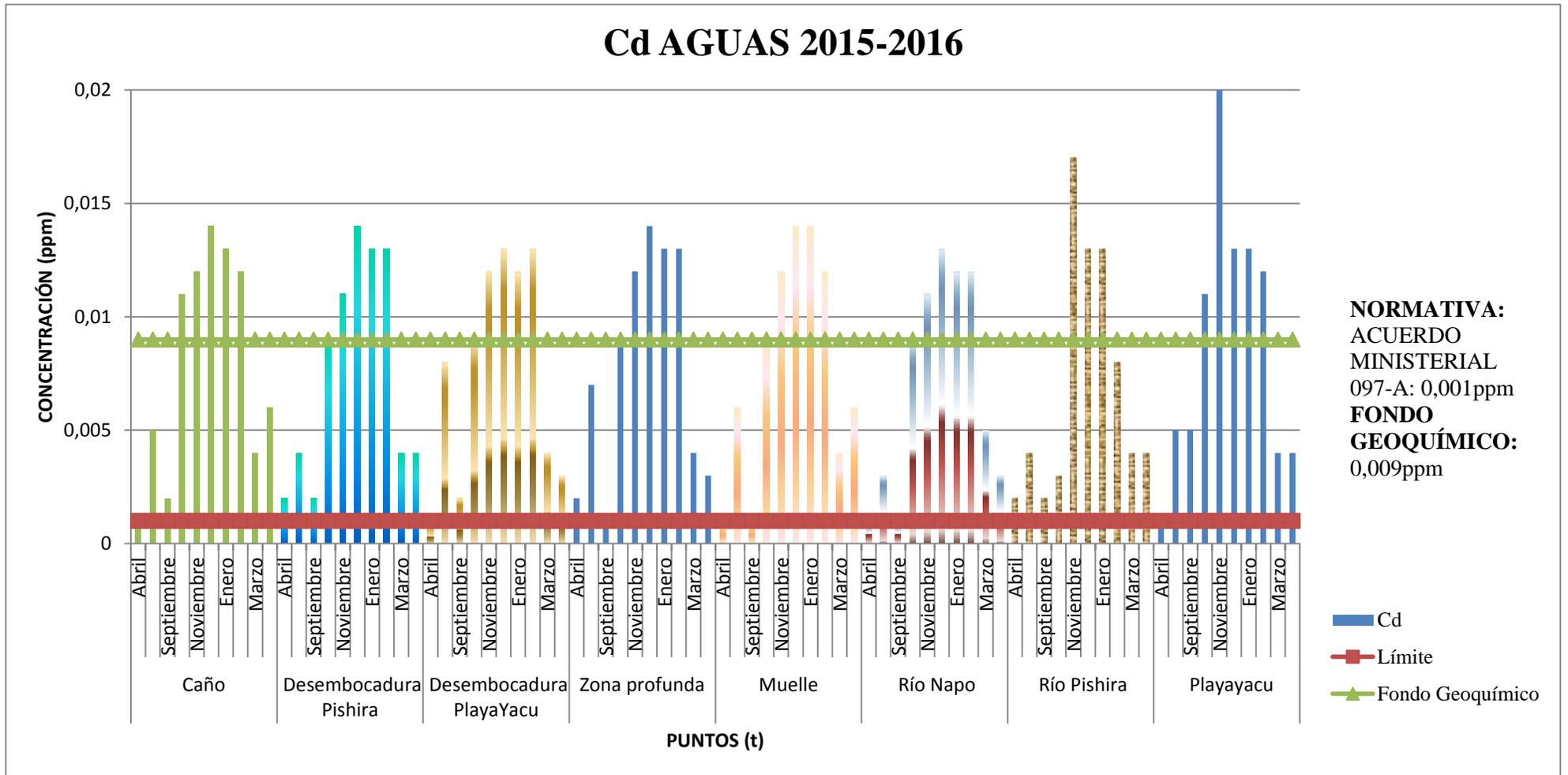
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

Zn SEDIMENTOS 2016-2017

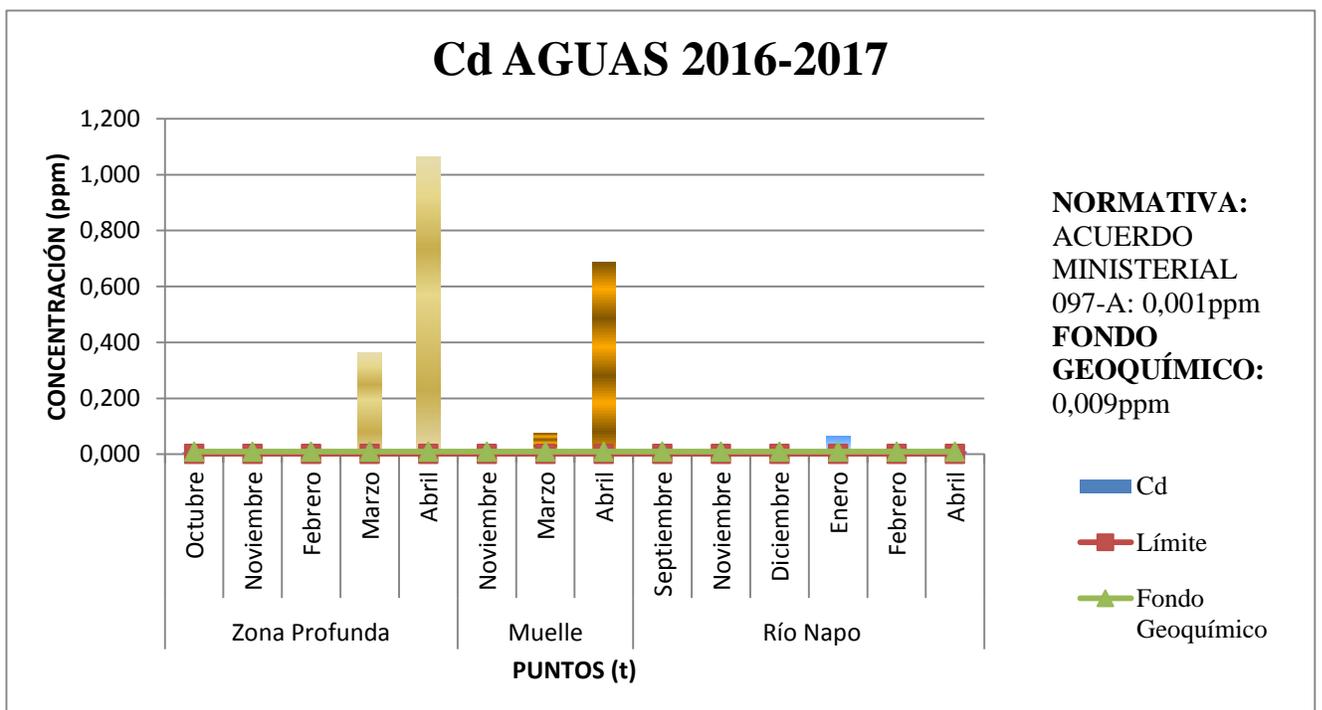
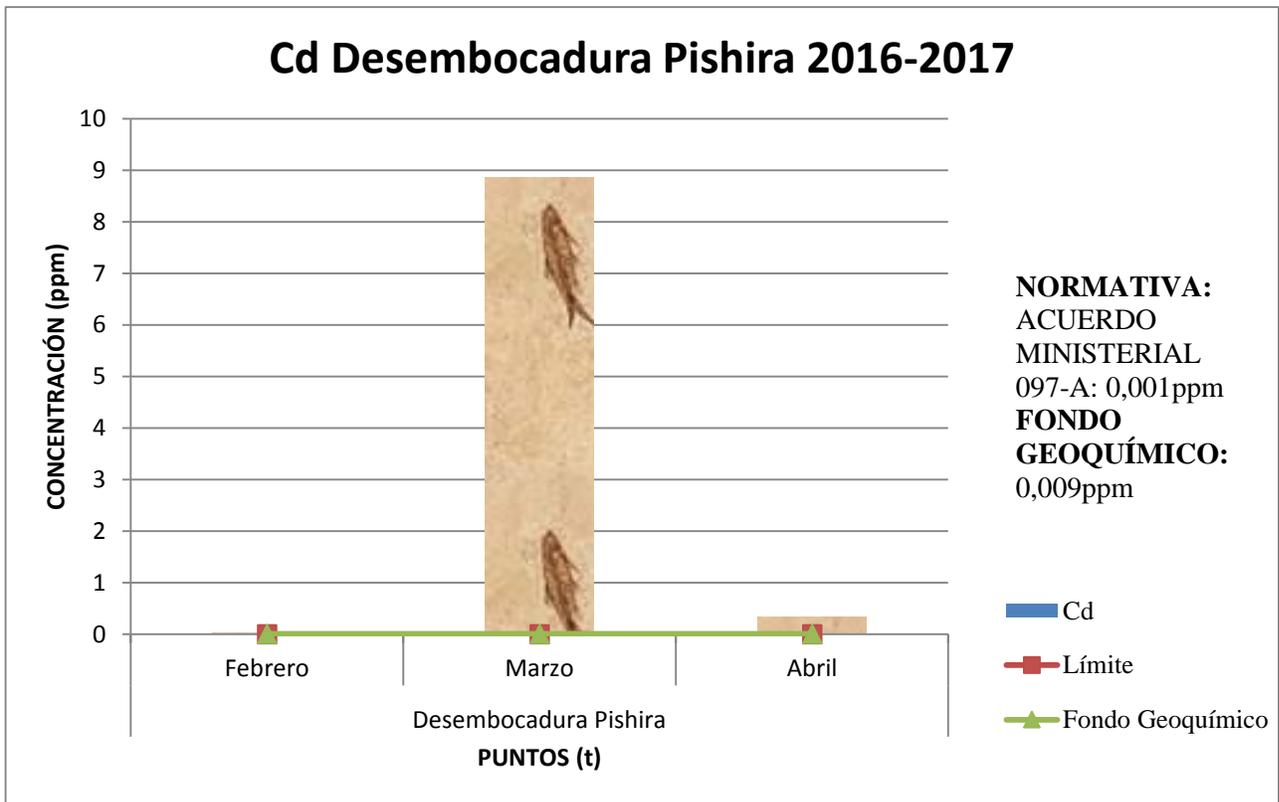


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

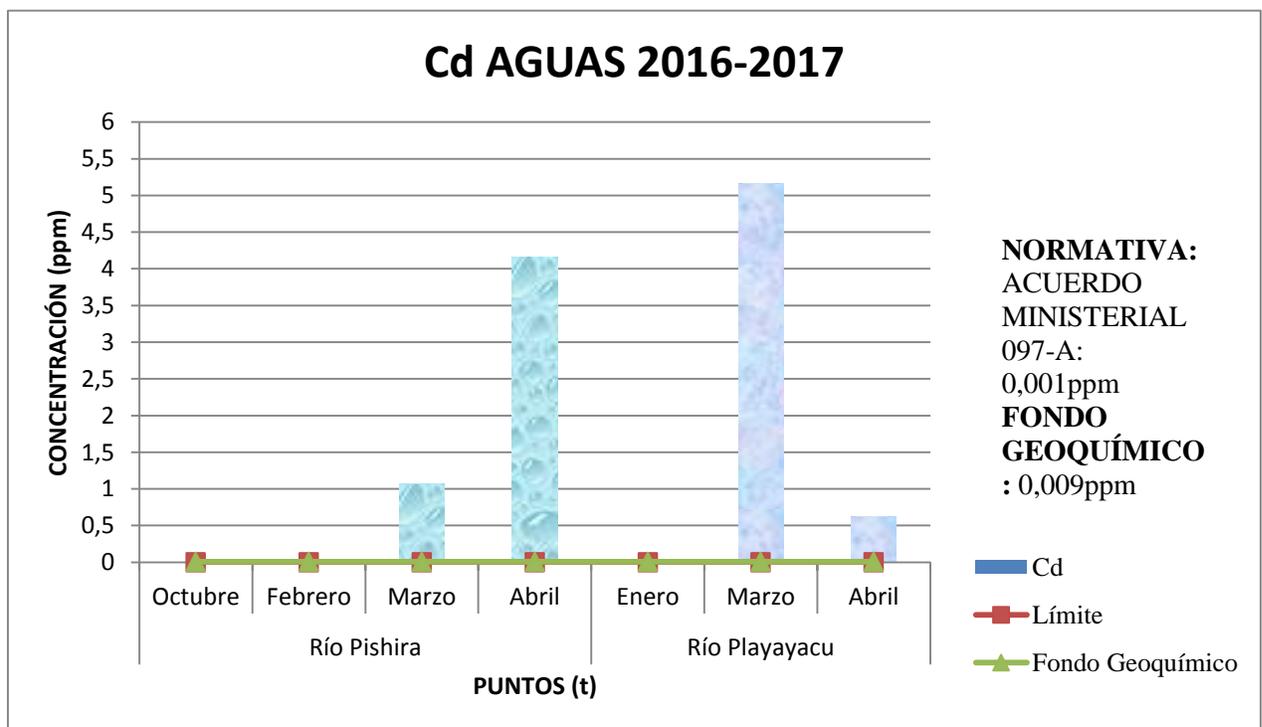
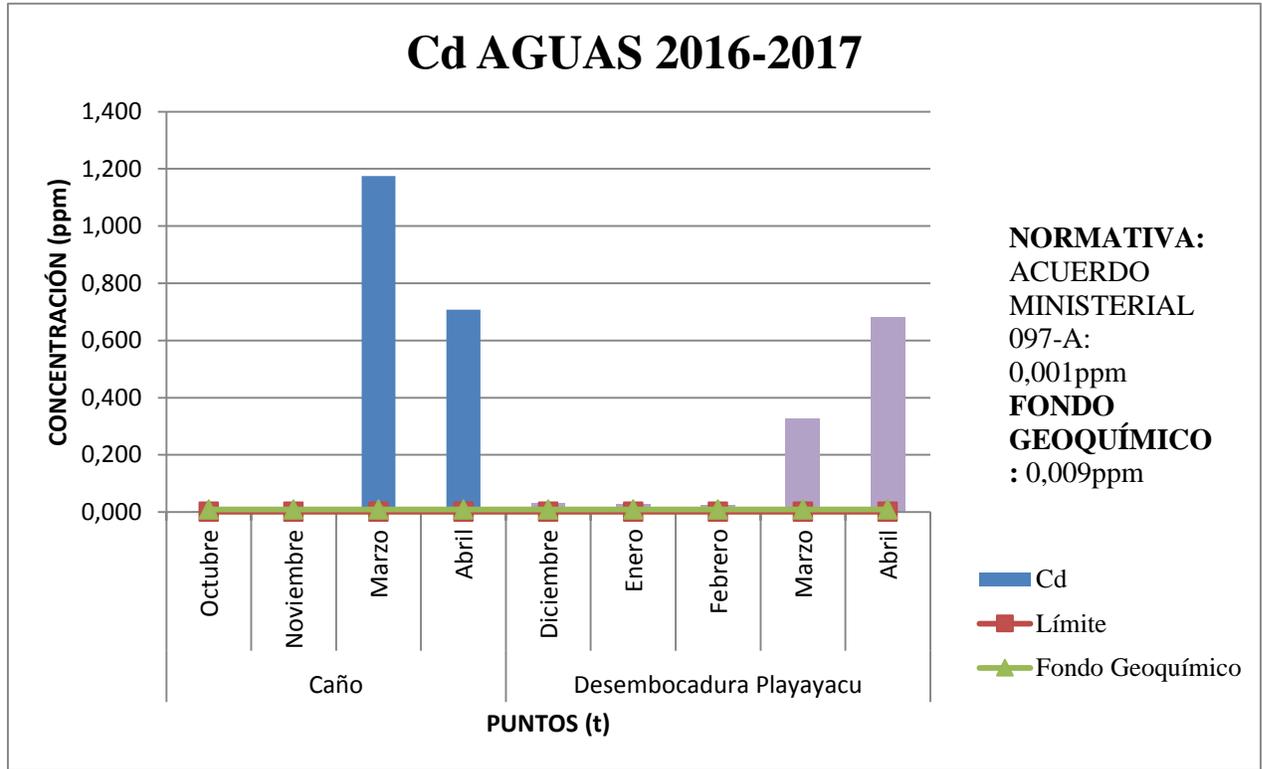
- A-10: Cadmio en Aguas



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

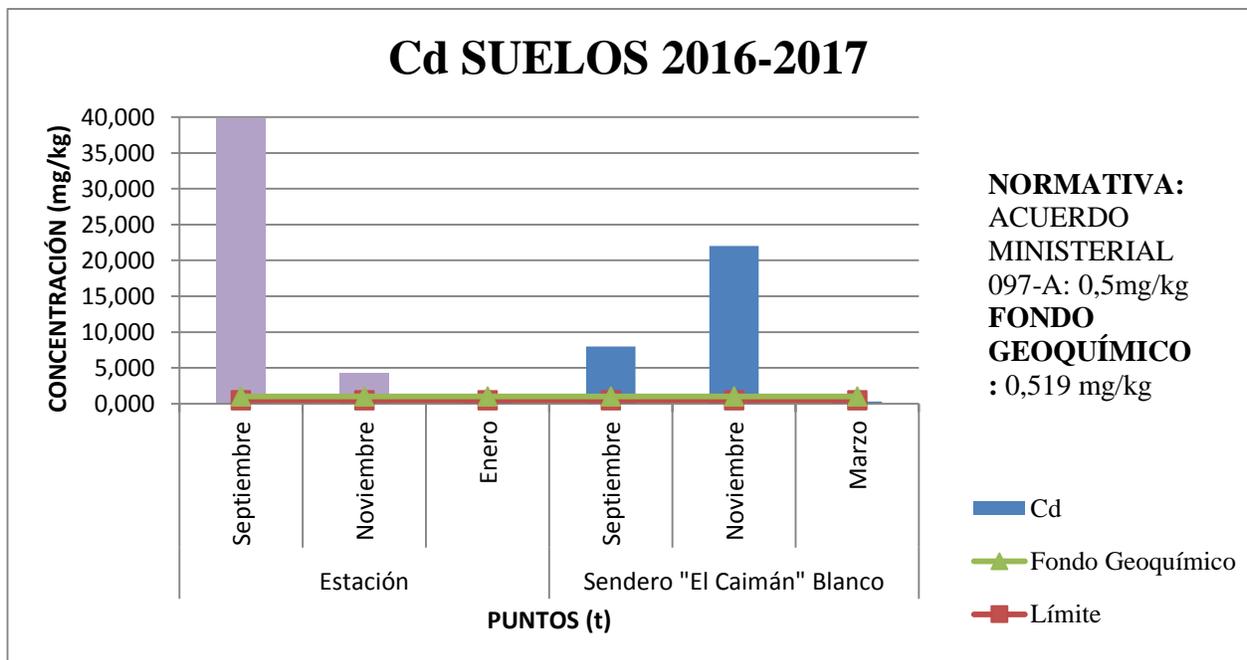
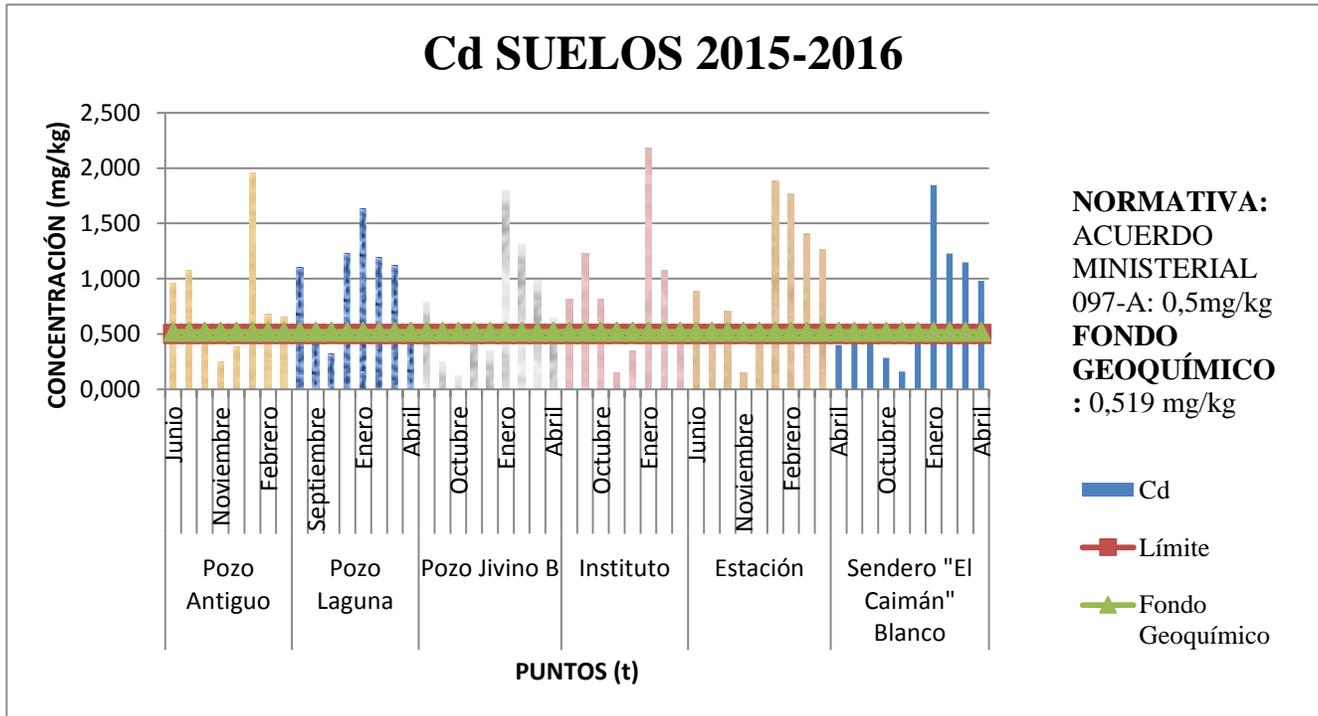


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

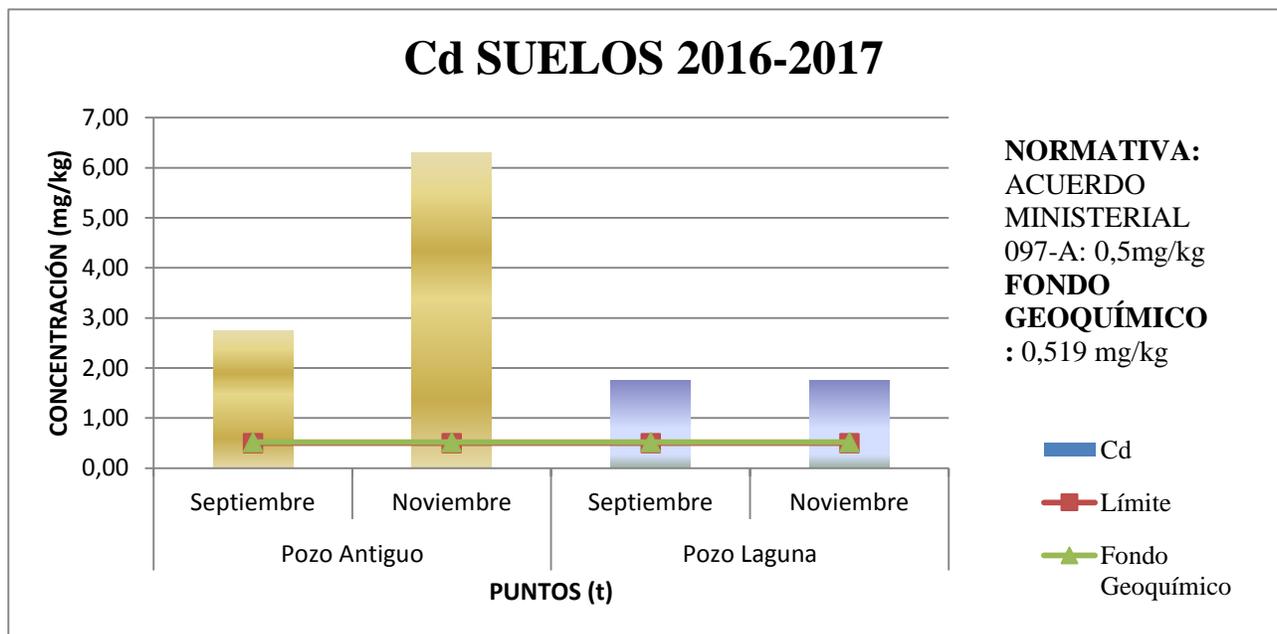
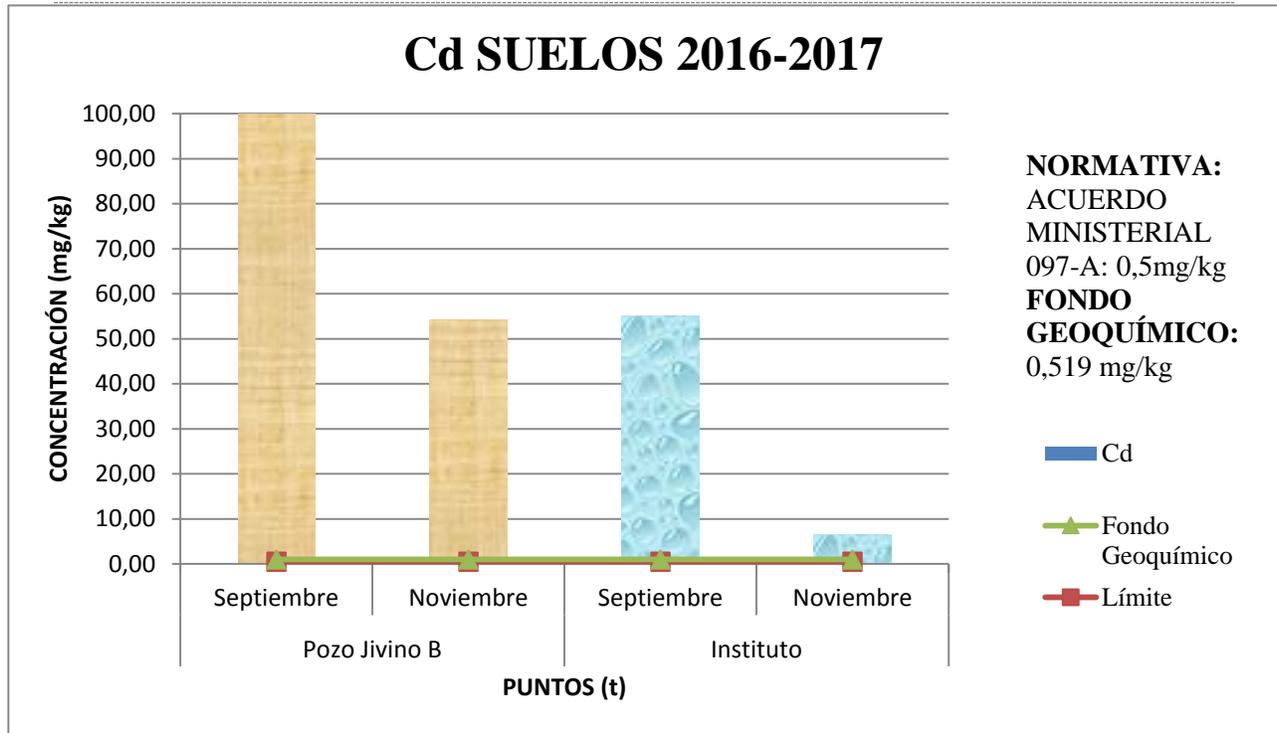


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- A-11: Cadmio en Suelos

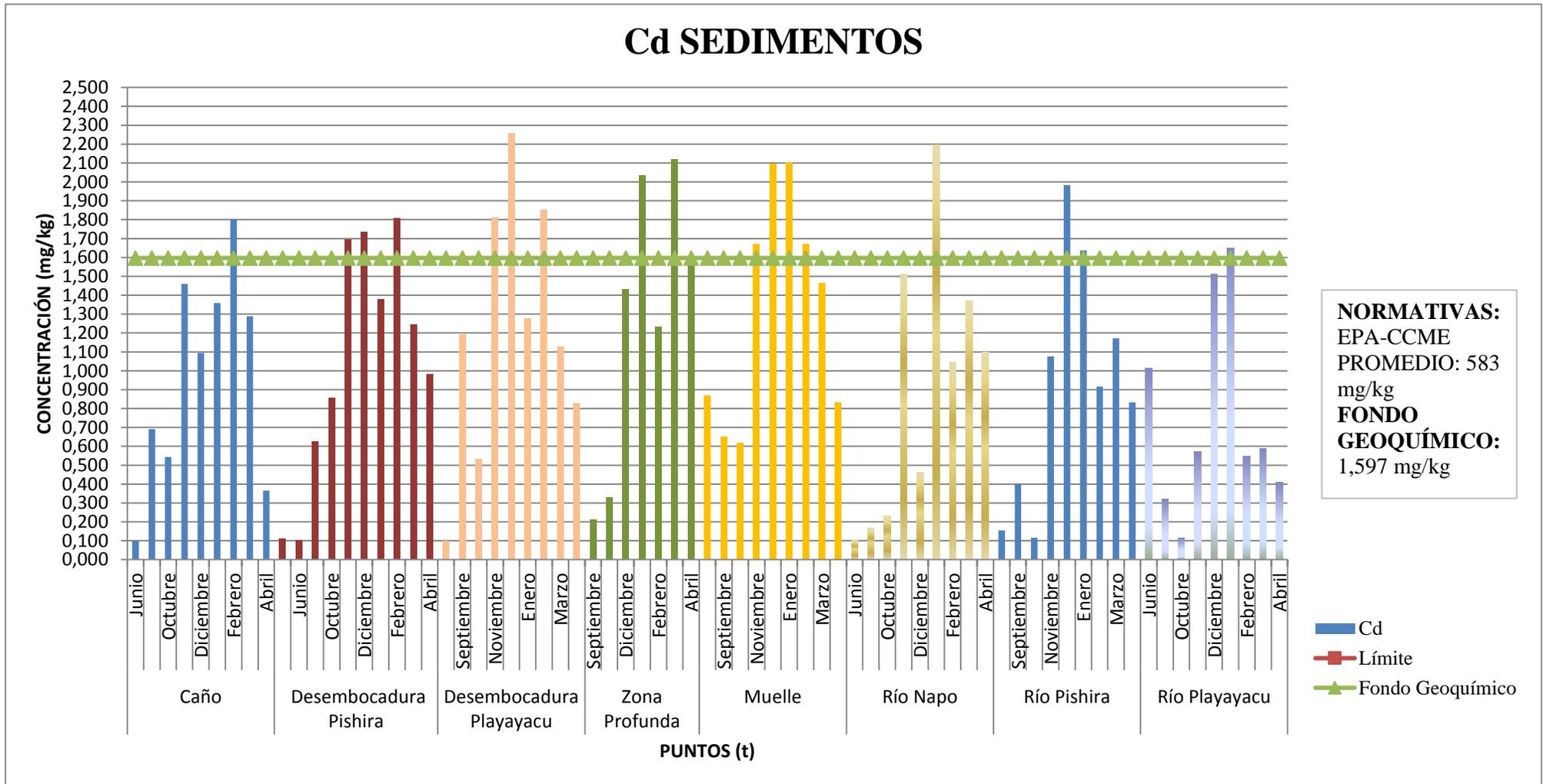


► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

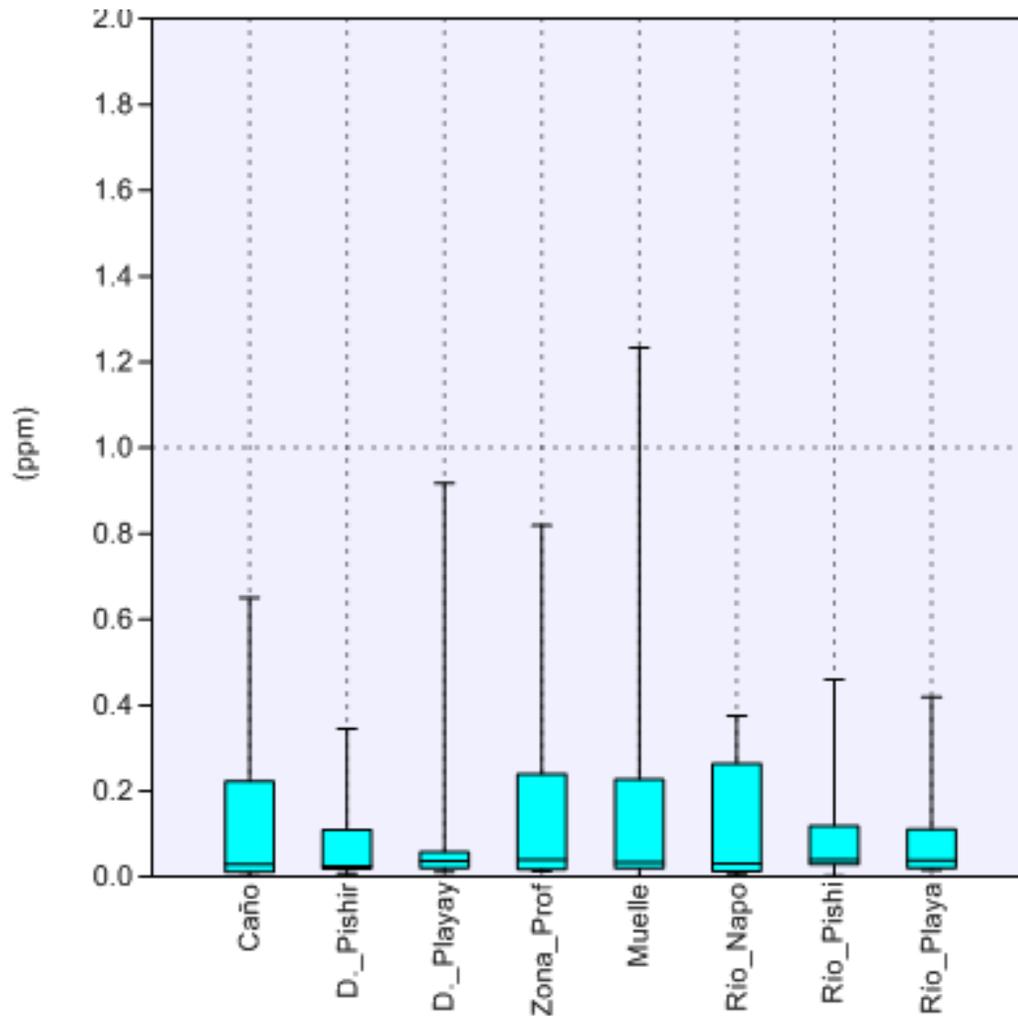
- A-12: Cadmio en Sedimentos



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

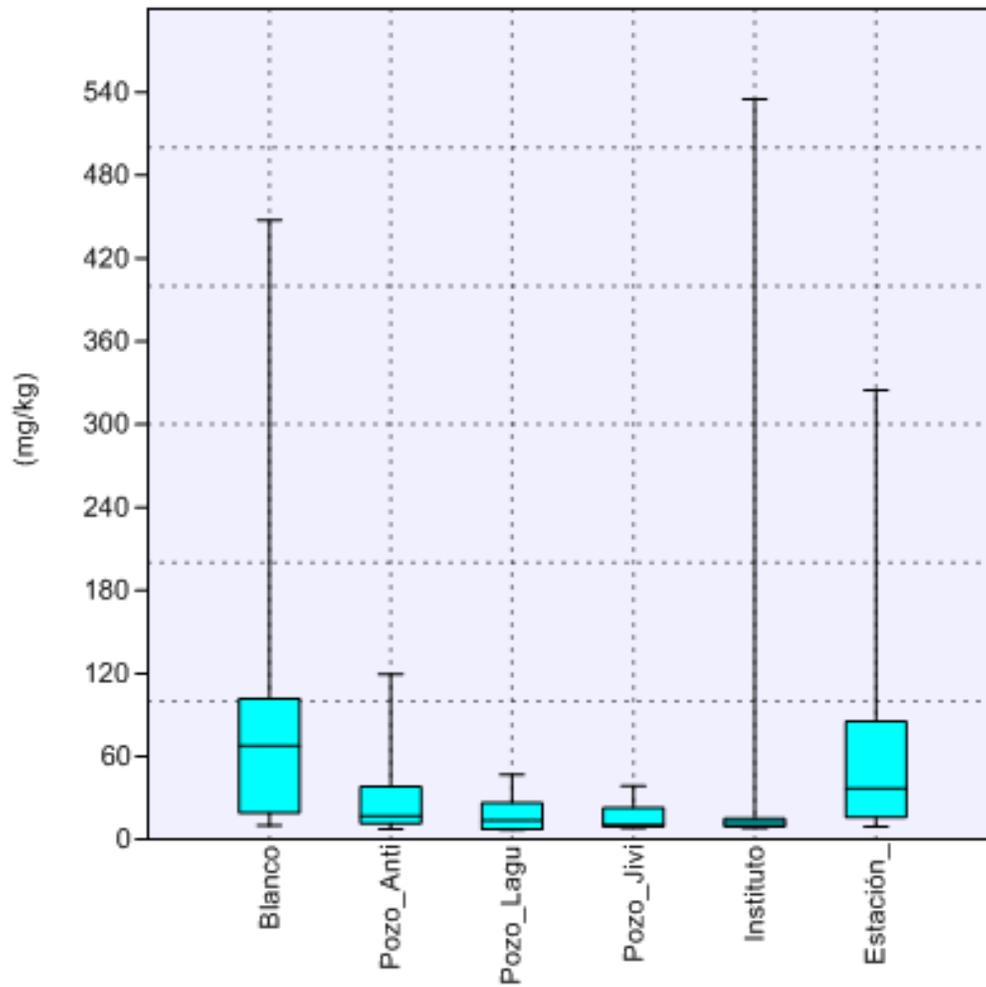
ANEXO B. GRÁFICOS BOXPLOT

- B-1: Zinc en Aguas



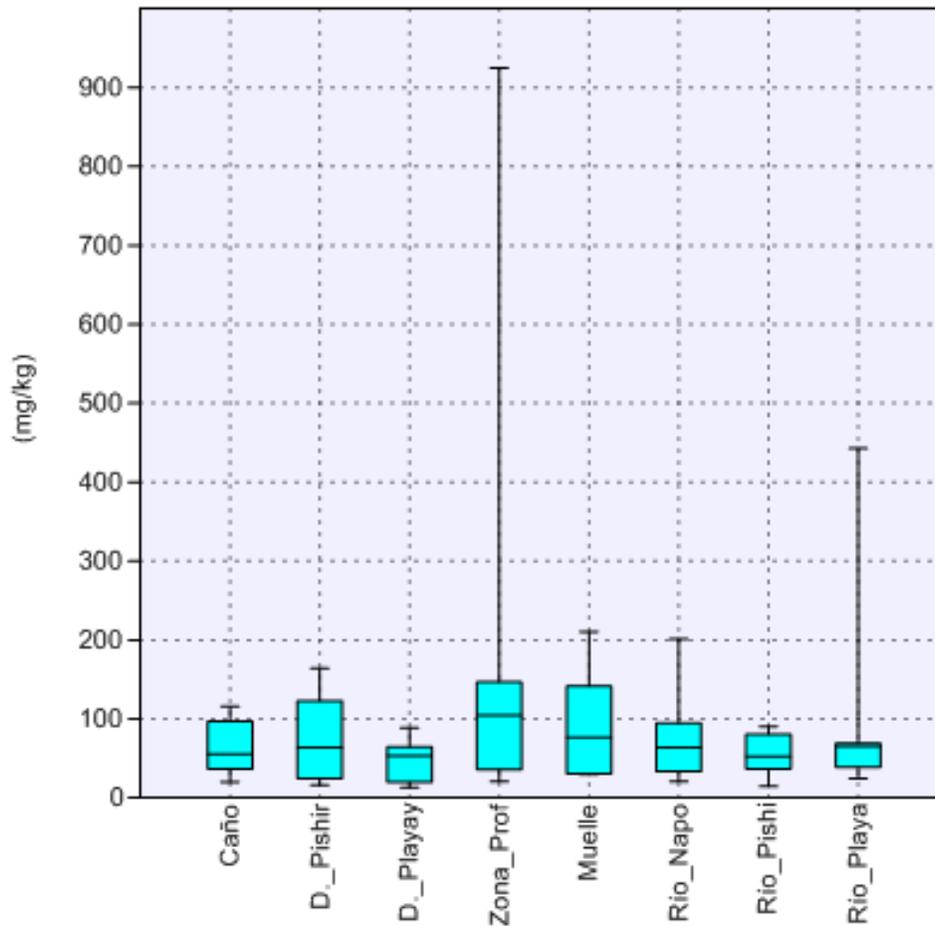
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-2: Zinc en Suelos



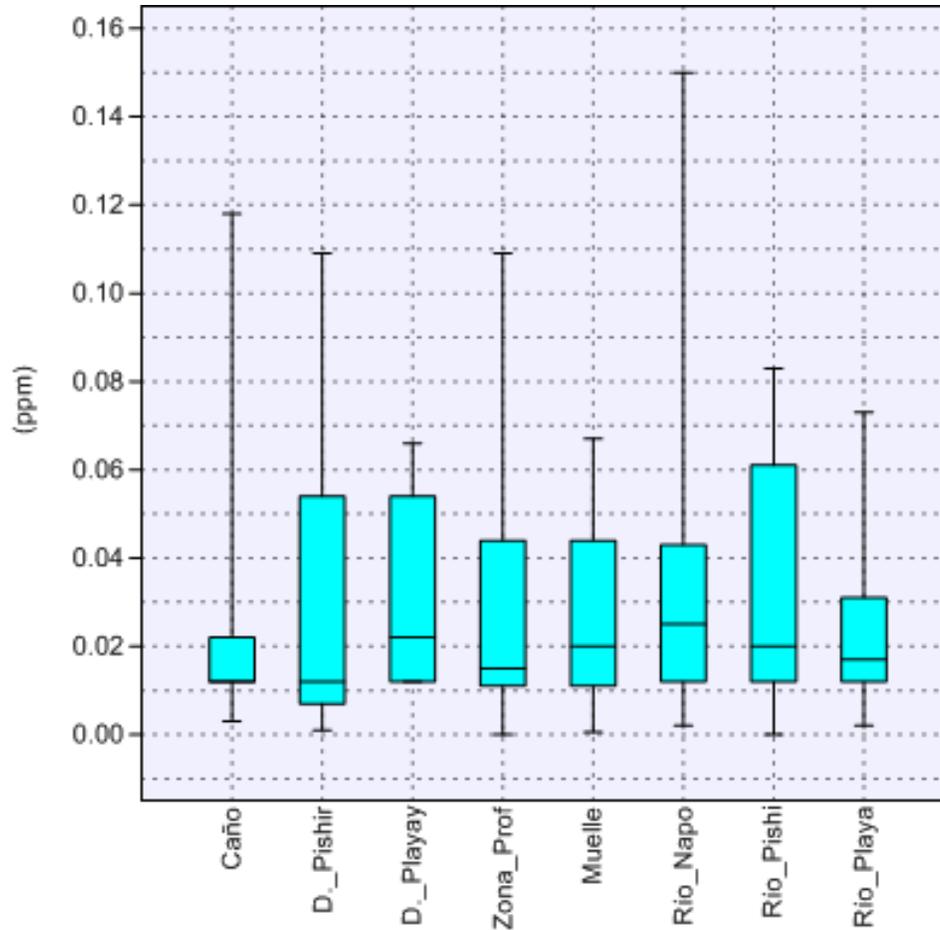
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-3: Zinc en Sedimentos



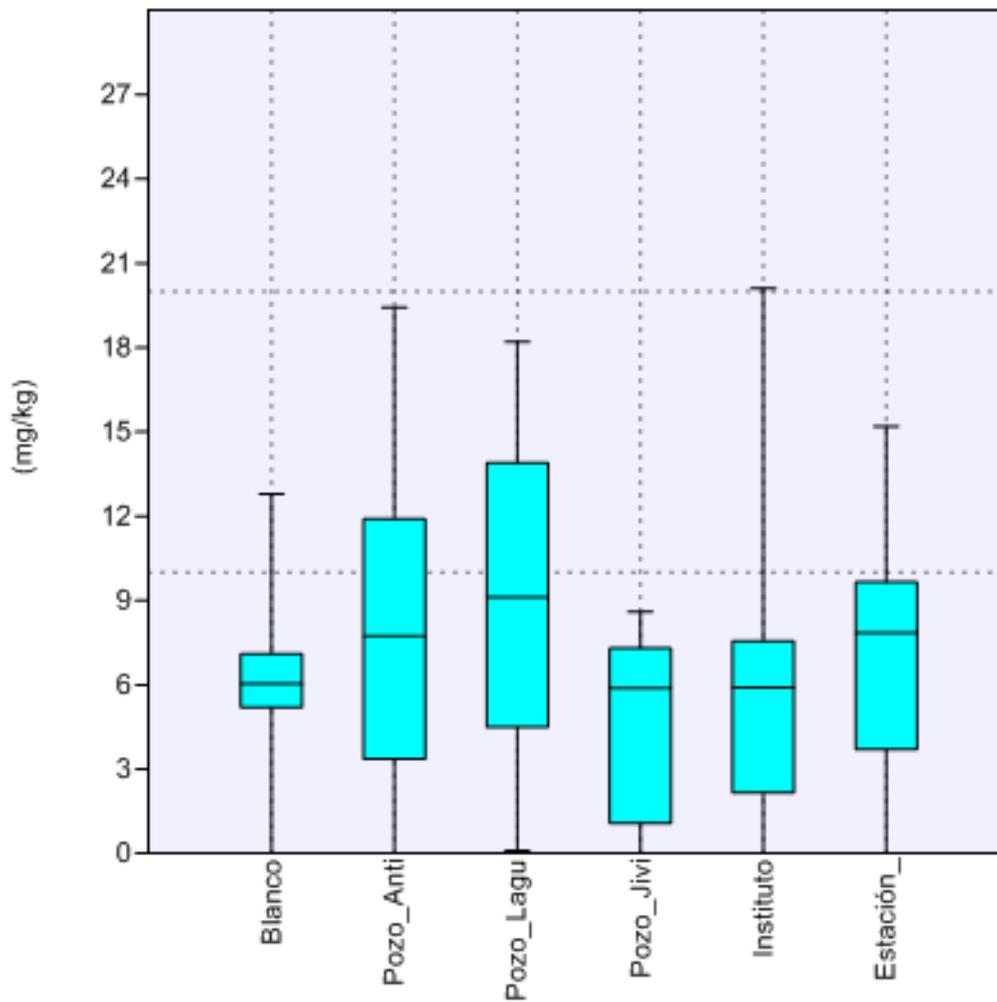
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-4: Níquel en Aguas



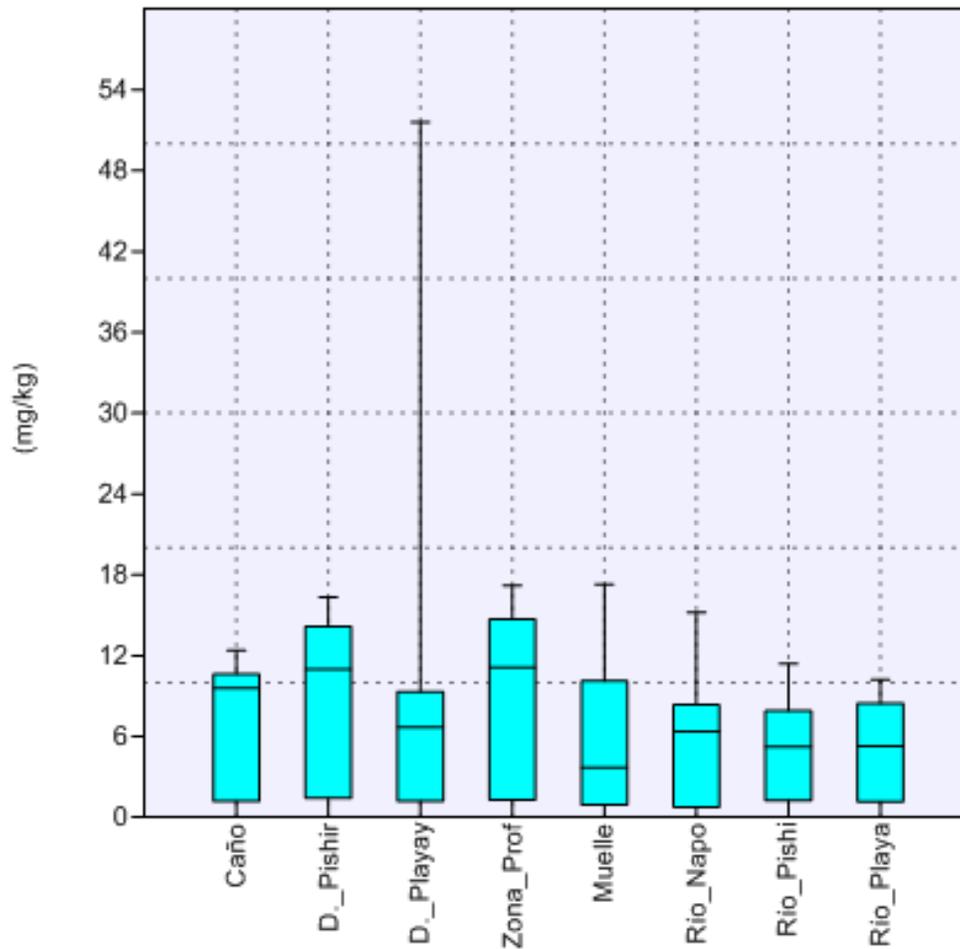
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-5: Níquel en Suelos



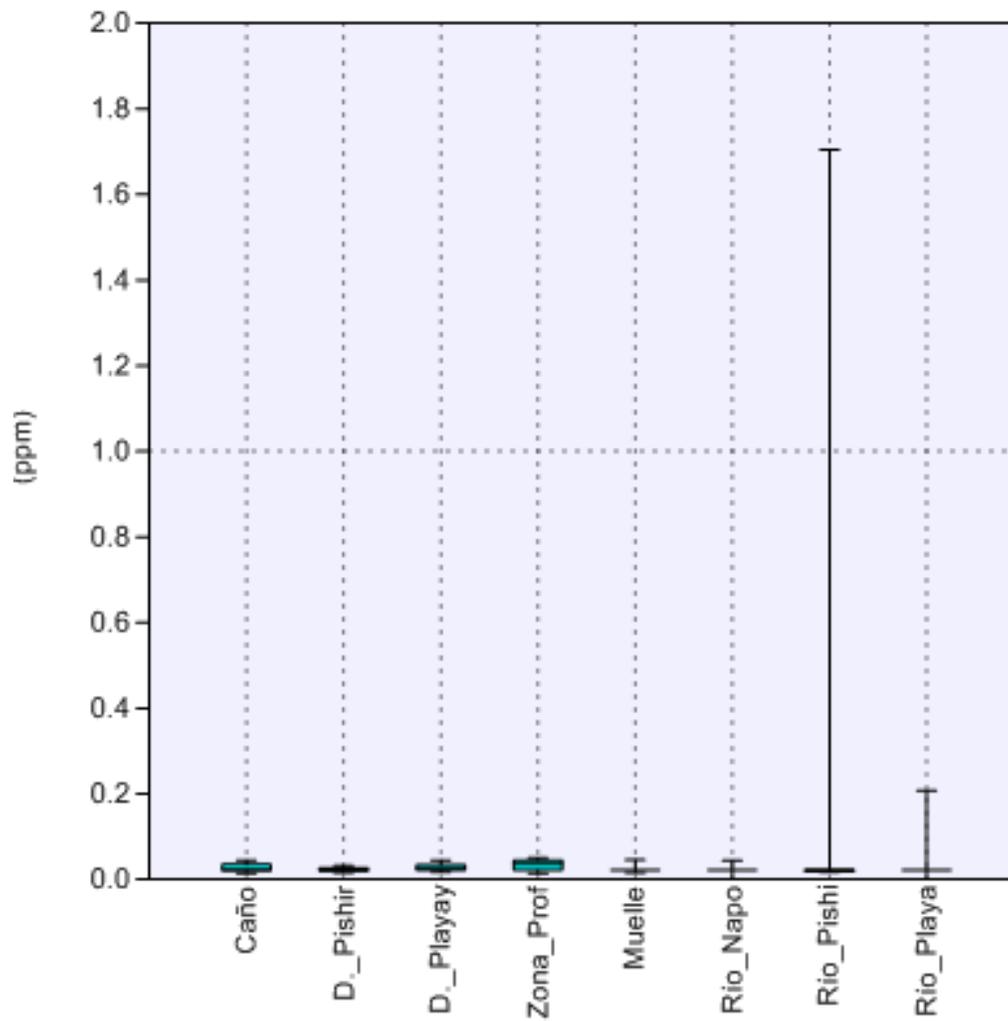
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-6: Níquel en Sedimentos



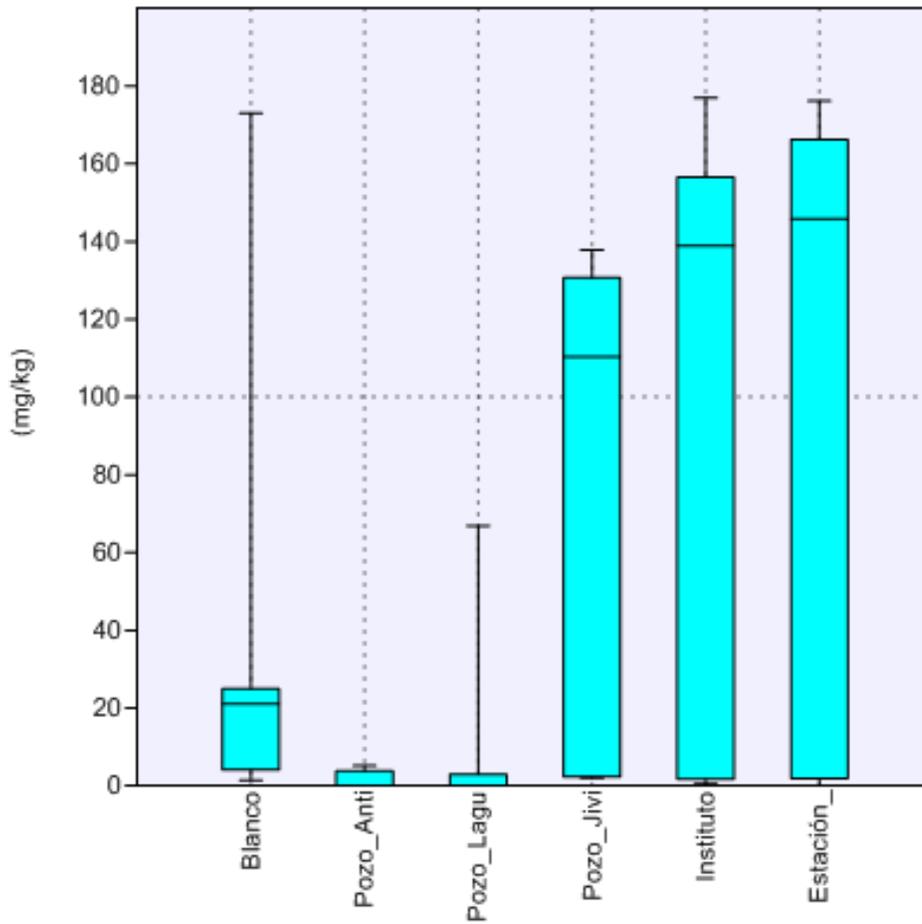
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-7: Cobalto en Aguas



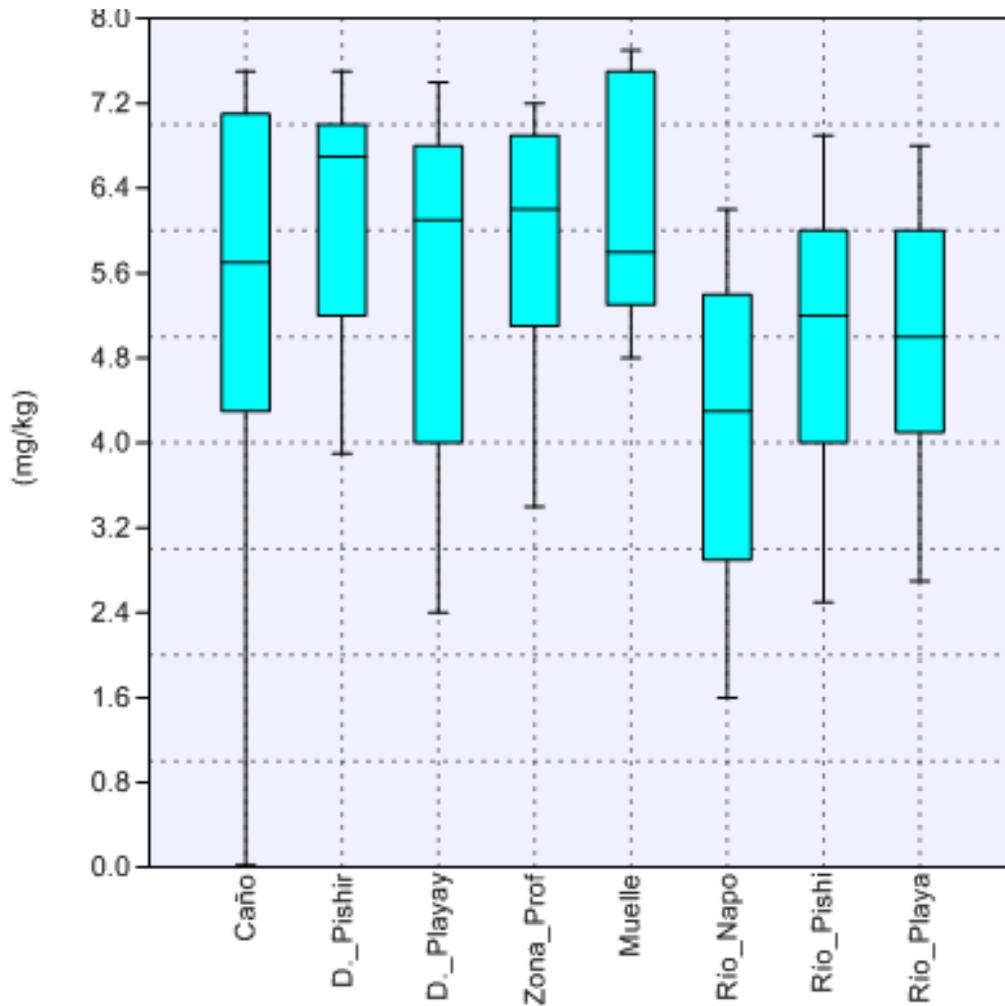
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-8: Cobalto en Suelos



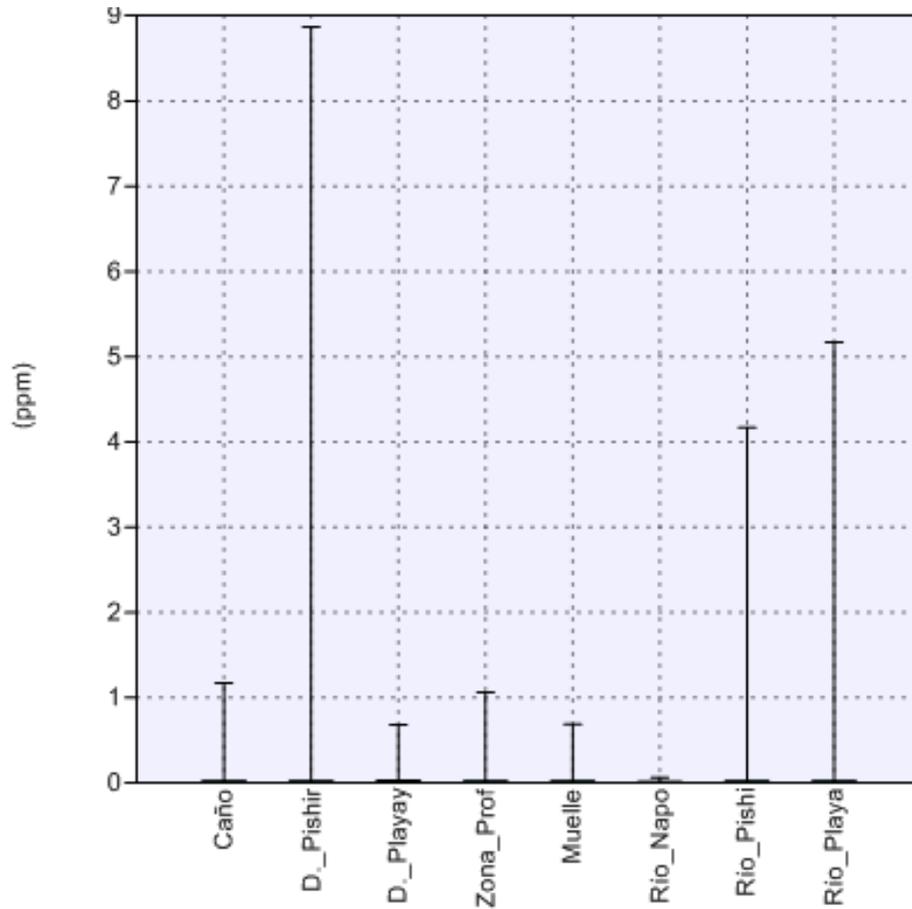
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-9: Cobalto en Sedimentos



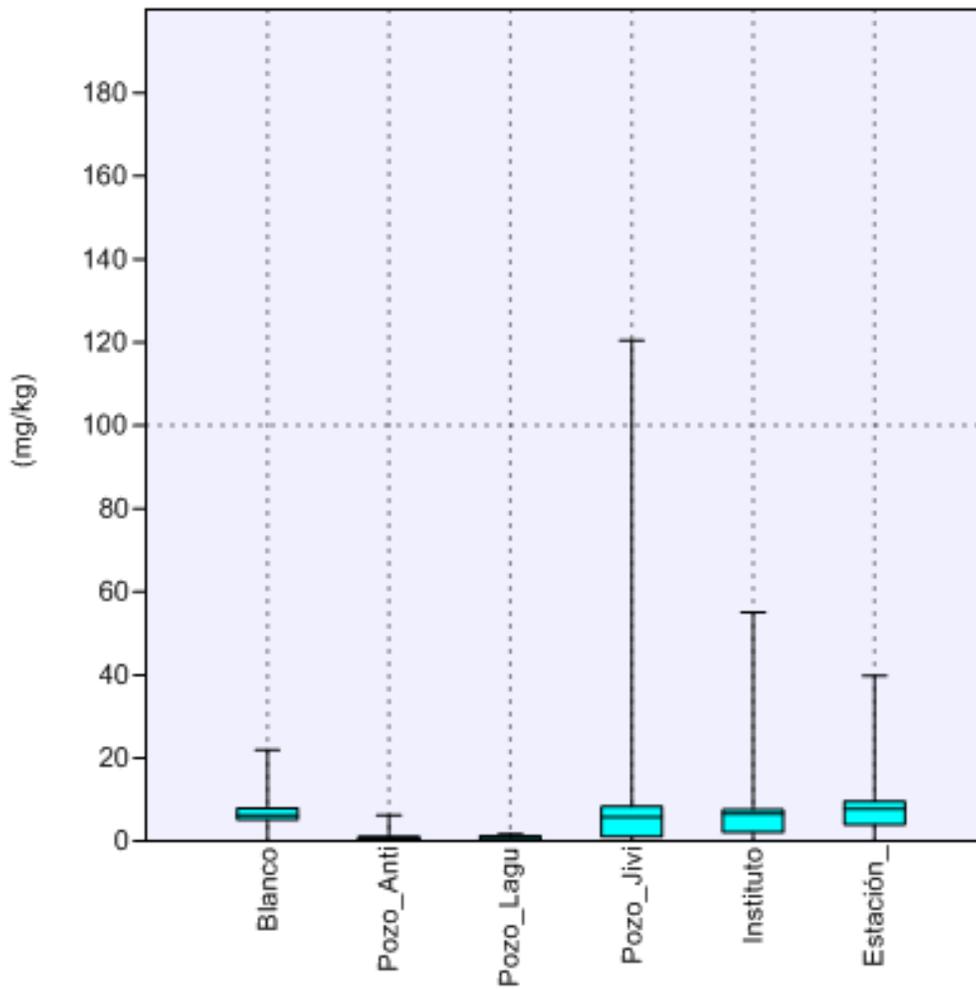
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-10: Cadmio en Aguas



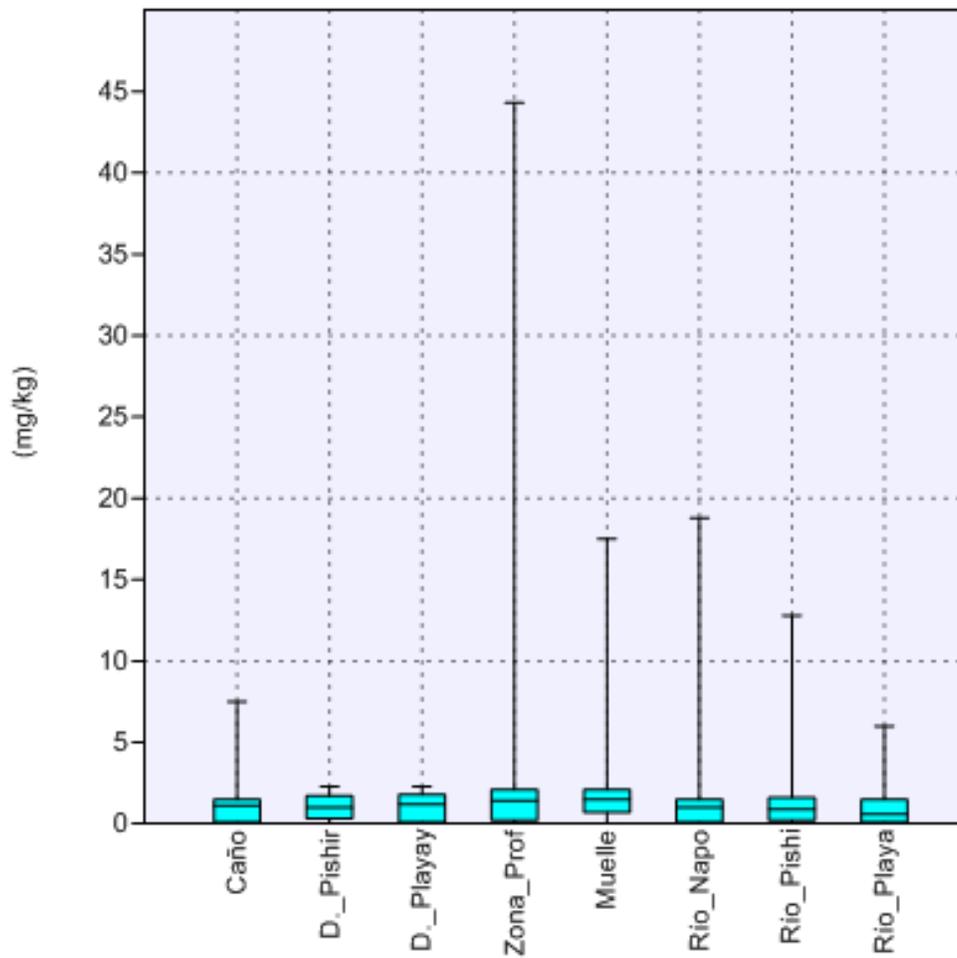
► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-11: Cadmio en Suelos



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- B-12: Cadmio en Sedimentos



► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

ANEXO C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA

- C-1: ANOVA-Cadmio

ANOVA Cd							
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
AGUAS	Entre grupos	5,870	7	0,839	0,755	0,626	2,098
	Dentro de los grupos	116,643	105	1,111			
	Total	122,513	112				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SUELOS	Entre grupos	3217,692	5	643,538	2,321	0,054	2,368
	Dentro de los grupos	16635,034	60	277,251			
	Total	19852,727	65				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SEDIMENTOS	Entre grupos	309,415	7	44,202	1,418	0,209	2,123
	Dentro de los grupos	2556,327	82	31,175			
	Total	2865,742	89				

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- C-2: ANOVA-Cobalto

ANOVA Co							
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
AGUAS	Entre grupos	0,984	7	0,141	1,634	0,147	2,195
	Dentro de los grupos	4,389	51	0,086			
	Total	5,373	58				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SUELOS	Entre grupos	60227,199	5	12045,440	2,749	0,031	2,432
	Dentro de los grupos	188402,821	43	4381,461			
	Total	248630,020	48				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SEDIMENTOS	Entre grupos	32,505	7	4,644	2,619	0,018	2,133
	Dentro de los grupos	134,737	76	1,773			
	Total	167,241	83				

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- C-3: ANOVA-Níquel

ANOVA Ni							
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
AGUAS	Entre grupos	0,004	7	0,001	0,595	0,759	2,106
	Dentro de los grupos	0,081	96	0,001			
	Total	0,085	103				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SUELOS	Entre grupos	171,619	5	34,324	1,533	0,192	2,361
	Dentro de los grupos	1410,770	63	22,393			
	Total	1582,389	68				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SEDIMENTOS	Entre grupos	32,505	7	4,644	2,619	0,018	2,133
	Dentro de los grupos	134,737	76	1,773			
	Total	167,241	83				

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

- C-4: ANOVA: Zinc

ANOVA Zn							
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
AGUAS	Entre grupos	0,182	7	0,026	0,624	0,735	2,087
	Dentro de los grupos	4,963	119	0,042			
	Total	5,145	126				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SUELOS	Entre grupos	63949,381	5	12789,876	1,308	0,274	2,380
	Dentro de los grupos	547534,827	56	9777,408			
	Total	611484,208	61				
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Media Cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
SEDIMENTOS	Entre grupos	142280,217	7	20325,745	1,650	0,134	2,131
	Dentro de los grupos	948472,156	77	12317,820			
	Total	1090752,374	84				

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN

ANEXO D. FOTOGRAFÍAS

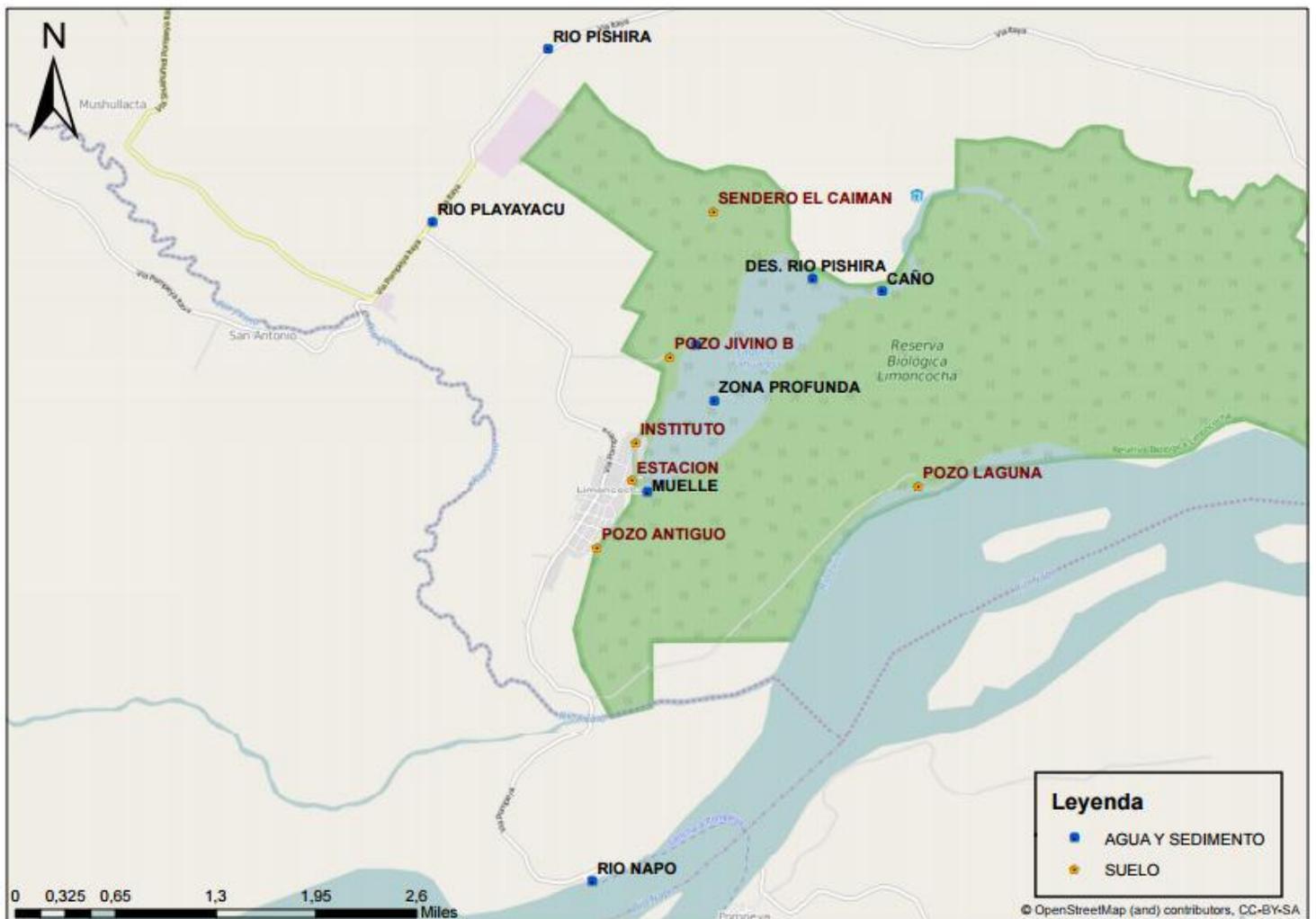


FIG 3: PUNTOS DE MUESTREO

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



FIG 4: DIGESTIÓN DE METALES POR ÁCIDO NÍTRICO- PLANCHA DE CALENTAMIENTO



FIG 5: EQUIPO SOXHLET UTILIZADO PARA DIGESTIÓN DE SUELO Y SEDIMENTO

► DETERMINACIÓN DE Cd, Co, Ni, Zn EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTO DE LA RBL EN EL PERÍODO 2015-2017 PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE CON FINES DE CONSERVACIÓN



FIG 6: ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO



FIG 7: ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA