

RESUMEN EJECUTIVO

Título: Evaluación de la concentración cadmio y níquel en agua, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica de Limoncocha para establecer la línea base, 2015-2016

Autor: Mónica Gabriela Cerón Vásquez. Cédula 0401438965 monicaceronv@gmail.com
Facultad Ciencias Naturales y Ambientales. Ingeniería Ambiental.

Resumen: La Reserva Biológica Limoncocha, se encuentra ubicada en la Amazonía Ecuatoriana en la provincia de Sucumbíos, es considerada una de las áreas protegidas más pequeñas del Ecuador, con grandes riquezas biológicas. El presente trabajo tuvo como objetivo primordial, establecer una línea base para evaluar la concentración de los metales pesados cadmio y níquel en: agua, suelo y sedimentos de la reserva; para ello se determinaron los puntos de muestreo, en base a criterios de potencial de contaminación por influencia antropogénica. En aguas, para determinar la variación multitemporal también se midió in situ los parámetros hidroquímicos: temperatura, pH y conductividad. Los resultados muestran que las concentraciones de Cd y Ni son variantes en cada punto. Estas sobrepasan los límites establecidos por la normativa ecuatoriana vigente para agua y suelo; en cuanto a sedimentos, al no contar con normativa, se comparó los valores con la legislación internacional para sedimentos y fondo geoquímico, sobrepasando sus límites en la mayoría de las áreas muestreadas. Sin embargo, los valores obtenidos de Ni en suelo, se encuentran en su gran mayoría por debajo de los límites. Esto se puede deber a la presencia de actividades antropogénicas, ya que la RBL, se encuentra expuesta a un potencial de contaminación por metales pesados, debido a las actividades extractivas de petróleo, la agricultura que se realiza en el sitio y las aguas servidas de zonas urbanas de los alrededores de la misma. La investigación permitió conocer posibles escenarios de contaminación por Cd y Ni sobre el origen

y comportamiento del ecosistema de la laguna en diferentes épocas del año; lo que ayudó a aportar con datos de campo para continuar a futuro con el estudio de estos y otros metales pesados con la metodología establecida, con el fin de realizar un aprovechamiento sostenible de los recursos de la Reserva.

Palabras claves: áreas naturales, paisaje, ecosistemas, contaminación, residuo, suelo.

Abstract: Reserva Biologica Limoncocha is located on Sucumbios province in the Ecuadorian Amazon region; it is considered one of the smallest protected areas of Ecuador with a reach biological resource. This work had as main objective to establish a baseline to assess the concentration of heavy metals cadmium and nickel in water, soil and sediment from the Reserve. For the determination of sampling points of water, soil and sediment was based on criteria of pollution by potential anthropogenic influence. In water, to determine the variation multitemporal also measured in situ hydrochemical parameters: temperature, pH and conductivity. The results show that concentrations of Cd and Ni exceed the limits established by the current Ecuadorian legislation for water and soil, and for sediment was compared with international law and geochemical background from the lake by not having regulations; which limits overshoot in most of the areas sampled. However values obtained from Ni in soil are mostly below the limits. This may be due to the presence of anthropogenic activities since Limoncocha Biological Reserve is exposed to potential contamination by heavy metals due to oil extractive activities, agriculture performed in its surroundings and residual urban water around the RBL. This research yielded information on possible scenarios of contamination by Cd and Ni on the origin and behavior of the ecosystem of the lagoon at different times of the year .That information helped to provide a data field for a future continue study of these metals and other heavy metals with the methodology established with the purpose of making a sustainable use of resources from the Reserve.

Keywords: natural areas, landscape, ecosystems, pollution, waste, soil.

1. INTRODUCCIÓN

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se ubica en la provincia de Sucumbíos, en el nororiente de la Región oriental ecuatoriana, es una de las áreas protegidas más pequeñas del Ecuador con un extensión de 4.613,25 Hectáreas, sin embargo es una de las zonas con mayor biodiversidad a nivel mundial. Mediante el acuerdo ministerial N° 394 del 23 de septiembre del 1985 es declarada un área protegida (Montenegro, 2015), consta de un espejo de agua de 370 ha, con una longitud máxima de tres kilómetros por uno de ancho, una profundidad promedio de 2,3 m y una profundidad máxima de 3,10 m (Madera, 2011).

Las Cuencas principales que abastecen a la laguna incluyen el Río Pishira, Río Playayacu y Río Blanco los cuales desembocan en el Río Capucuy (Laguna Limoncocha). Las cabeceras de estos ríos, generalmente, se localizan en zonas intervenidas fuera de la RBL, por lo tanto, existen fuentes potenciales de contaminación que incluyen aguas servidas de zonas urbanas y población dispersa, actividades petroleras y agricultura (Armas & Lasso, 2011).

El estudio de la presencia del cadmio y níquel en aguas, suelos y sedimentos realizado, constituye un análisis de carácter ambiental que contribuirá a diagnosticar la situación actual de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL) en cuanto a la afectación antropogénica de la misma, planteando una línea base actualizada que permitirá la sostenibilidad a largo plazo de la reserva. Adicionalmente se han determinado parámetros hidroquímicos “in situ”, en cada punto de muestreo todos los meses de monitoreo. Estos parámetros son: pH, temperatura y conductividad eléctrica.

El cadmio afecta diversos órganos y tejidos como son: riñón, corazón, huesos, testículos, placenta, y sistema nervioso central y periférico. El pulmón es un órgano muy susceptible a la exposición a cadmio, la inhalación crónica subaguda, puede producir bronquitis con daño progresivo alveolar, fibrosis secundaria y enfisema. Las vías naturales y antropogénicas de cadmio incluyen emisiones industriales; así como, la aplicación de fertilizantes y aguas negras en sembradíos (Nava et al. 2011).

El níquel, debido a su alta toxicidad, cuando se encuentran presente, afecta gravemente la biodegradación natural de los desechos orgánicos, por lo que la contaminación de los suelos y sedimentos a causa de este elemento, representa alto riesgo para la salud no solo de los seres

humanos, sino en general la cadena trófica y la productividad primaria de todo el ecosistema (De La Cruz-Landero et al., 2013).

La falta de información respecto a las concentraciones de los metales pesados en la RBL no permite conocer posibles escenarios sobre el origen y comportamiento del ecosistema de la laguna en diferentes épocas del año y, en consecuencia, es imposible establecer un modelo de comportamiento de la laguna frente al cambio climático en lo referente a la pluviometría y temperatura presente en la zona.

En años anteriores se han realizado varios estudios de fin de carrera acerca de los parámetros limnológicos en la Laguna de Limoncocha, de entre los cuales se destacan, la “Caracterización limnológica de la laguna de Limoncocha en el periodo 2001” (Andrade, 2001) y su continuación “Caracterización limnológica de Limoncocha e identificación de las características hidrológicas en el periodo de 2002-2003” (Ayala, 2003).

En cuanto a metales pesados la tesis realizada por Ordoñez en el año 2013 sobre caracterización geoquímica de sedimentos en la Laguna de Limoncocha permitió determinar la caracterización química por la presencia de V, Cr, Ni, Cd, y Zn en los sedimentos analizados.

- Objetivos

Objetivo General

- Evaluar los metales pesados cadmio y níquel en agua, suelos y sedimentos de la “Reserva Biológica de Limoncocha” con monitoreos mensuales, para establecer una línea base actualizada de la reserva y comparar con la normativa ecuatoriana vigente.

Objetivos específicos

- Desarrollar una metodología base para el monitoreo y muestreo en aguas, suelos y sedimentos a través de salidas de campo a la RBL, para determinar la concentración de metales pesados cadmio y níquel.

- Evaluar las concentraciones de metales pesados cadmio y níquel, utilizando espectrofotometría de absorción atómica simple y horno de grafito, con la finalidad de compararlos con la normativa legal ecuatoriana vigente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología de campo para la recolección de muestras estableciendo puntos estratégicos de muestreo para el estudio (Anexo 6.1).

En estas muestras se usó metodología analítica de laboratorio, empezando con el pre tratamiento de las mismas en lo referente a aguas para la conservación de las muestras APHA AWWA WEF STANDARD METHOD 3030 E “Digestión de metales por ácido nítrico en aguas”. Las muestras de suelo y sedimentos fueron secadas y determinada la humedad por gravimetría. La digestión suelos y sedimentos para la determinación de metales pesados en los materiales muestreados en la RBL se basó en el método: EPA 3050B “Acid Digestion Of Sediments, Sludges, And Soils”.

Las muestras obtenidas de la digestión fueron analizadas en el espectrofotómetro de Absorción Atómica con horno de Grafito para concentraciones en ppb o bien en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama para determinaciones de concentraciones en ppm; estos datos permitieron establecer índices de contaminación de la laguna utilizando los valores máximos establecidos por la ley ecuatoriana vigente.

Las concentraciones adquiridas fueron correlacionadas con el acuerdo ministerial 097, normativa ambiental vigente a la fecha.

El diseño experimental estadístico utilizado para aguas fue la matriz de correlación entre temperatura, pH, conductividad eléctrica con el níquel. Estos análisis fueron realizados con la ayuda del programa PAST (2001).

El análisis de variación multitemporal se realizó mediante el uso de graficas lineales inteligentes en Excel con líneas de unión para comparar las variaciones por parámetros hidroquímicos y por concentración del níquel en agua, suelo y sedimentos con respecto a las muestras tomadas en abril del 2015 hasta abril del 2016.

3. RESULTADOS

El Análisis multivariado clúster de parámetros hidroquímicos del anexo 6.2, permitió notar claramente la relación que tienen los ríos y los puntos de la laguna, ya que se agrupan los datos conforme a estos dos grandes grupos.

La hipótesis establecida para aplicar el análisis estadístico, es aceptar o rechazar la variabilidad de los datos obtenidos de Cd y Ni que implica la variación multitemporal. De acuerdo con el análisis de varianza, ANOVA de las concentraciones encontradas en agua, suelo y sedimentos, se presentaron diferencias significativas bajas $p < 0,05$ entre los datos estudiados del Cd lo que significa que la hipótesis nula, referente a los valores obtenidos se rechaza ya que las medias en todos los grupos son diferentes, por lo tanto, existe una variación multitemporal de los valores analizados en los diferentes puntos de muestreo.

Los grados de dispersión según el coeficiente de variación que determina el grado de dispersión de un conjunto de datos de Cd y Ni, en función de los valores obtenidos de las medias, del conjunto de los datos resultantes tomados en los diez meses en los puntos de muestreo de agua, suelo y sedimentos, dieron como resultado porcentajes altos de variabilidad lo que significa que los valores de cada punto analizado no son homogéneos.

Los diagramas de caja y bigotes del anexo 6.3 ayudaron a ver la variabilidad de los datos y valores atípicos de cadmio que se tienen en cada punto de muestreo en aguas, sedimentos y suelos. En el diagrama de agua, se puede notar que las medianas de los puntos en su mayoría se encuentran en un mismo intervalo de aproximadamente de 0,009 ppm, también existe una clara dispersión de los valores en especial del río Playayacu, con un valor máximo en su intervalo de normalidad de 0,024 ppm. En cuanto a sedimento se denota la dispersión de los datos en cada punto, con una mayor presencia del Cd en la desembocadura Playayacu. En suelos se puede observar que las medianas se encuentran en un intervalo parecido entre ellas con una mayor presencia del metal en el pozo laguna e instituto, también existe la presencia de un valor atípico en el pozo antiguo, que sobrepasa el intervalo de normalidad establecido para ese punto. Cabe

mencionar que los cambios por punto se pueden ser por la realización de alguna actividad antropogénica en el punto de muestreo.

Los diagramas de agua, suelo y sedimento analizados por puntos de muestreo para níquel según anexo 6.3, denota claramente diferencias moderadas entre sus medianas. En el agua, existe una gran dispersión de valores por puntos, con gran cantidad de níquel en el Río Napo cuya mediana es de 0,034 ppm; los valores mínimo y máximo, son 0,007 y 0,15 ppm; como los datos experimentales de las muestras se hallan dentro de los límites, podemos afirmar que no existen datos con valores atípicos. En sedimentos, los puntos que tiene más presencia de Ni son la desembocadura Pishira y Zona Profunda, con valor máximo de 22,1 mg/kg. Sin embargo, se puede observar valores que sobrepasan los máximos y mínimos de cada punto, los cuales son Caño, dos en Río Napo y Río Pishira con valores atípicos de 20; 1,17 y 25 mg/kg. En suelo, la dispersión de los valores es variada teniendo la mayor cantidad de Ni en Pozo Laguna. Sin embargo, se puede observar valores que sobrepasan los intervalos de normalidad de cada punto, estos son Instituto y Blanco con valores atípicos de 20 y 12,8 mg/kg.

La correlación con los datos obtenidos del Cd por punto de muestreo y el límite máximo permitido en anexos 6.4, 6.5 y 6.6 sobrepasan los datos en la mayoría de las áreas muestreadas teniendo valores que varían temporalmente, esto se puede deber a actividades antropogénicas y a la variación de precipitación ; en donde se tiene que en los meses de marzo y abril del 2016, según datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología en la estación Nuevo Rocafuerte siendo esta la más cercana a la RBL, se denota alta presencia de lluvias, por lo cual los valores obtenidos del metal en estos meses son menores en comparación con el mes de enero, ya que la lluvia permitió la movilidad del cadmio.

En cuanto al níquel, la correlación con los datos obtenidos por punto de muestreo y el límite máximo permitido, sobrepasan los datos en la mayoría de las áreas muestreadas, teniendo variación temporal, esto se puede deber a actividades antropogénicas y a la variación de precipitación mostradas en los anexos 6.7 y 6.8 respectivamente; en donde se tiene que en los meses de marzo y abril del 2016 según datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e

Hidrología en la estación Nuevo Rocafuerte siendo esta la más cercana a la RBL, se denota alta presencia de lluvias, por lo cual, los valores obtenidos del metal en estos meses son mayores en comparación con los meses pasados, ya que la lluvia puede haber permitido aumentar la concentración del níquel por arrastre, debido a las emisiones antropogénicas presentes alrededor de la Reserva. Sin embargo, en anexo 6.9 de suelos, se observa que no sobrepasa los límites máximos permitidos por ley a excepción de un valor en el mes de abril del 2016 del instituto y en cuanto a la relación con la precipitación, se tiene una correlación diferenciada por punto tomado en donde varía notablemente la cantidad del Ni, conforme aumenta y disminuye la precipitación.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- La metodología desarrollada para monitorear y muestrear aguas, suelos y sedimentos en la RBL, resultó eficaz, ya que se pudo determinar la concentración de cadmio y níquel presente en los recursos de la Reserva. Por lo cual, estos datos servirán como aporte para la elaboración de una línea base que contribuya al proyecto de investigación de “Caracterización ambiental de la Laguna de Limoncocha: calidad y contaminación en aguas, suelos y sedimentos” de la Universidad Internacional SEK.
- El comportamiento de la laguna y los ríos es diferenciado significativamente según el método clúster analizado en los puntos de muestreo tomados en las 10 salidas de campo en función de los parámetros hidroquímicos tomados in situ.
- Los parámetros hidroquímicos analizados temporalmente en las muestras de agua superficial, dieron como resultado un cambio considerable en cuanto a temperatura en el mes de diciembre con 30 °C, en conductividad eléctrica se detectó un incremento en los meses de enero y febrero de 2016 con valores de 200 µS/cm aproximadamente; y en pH en el mes de abril del 2015 y 2016 con valores de 8 a 9 tomados en las diez salidas de campo.

- Los parámetros hidroquímicos y las concentraciones del cadmio y níquel en agua, suelos y sedimentos, varían con el tiempo según el estudio realizado en los diez meses de análisis de datos obtenidos in situ y en las muestras de los puntos elegidos para la investigación.
- La variación notable de la presencia de los metales cadmio y níquel a lo largo del periodo de tiempo estudiado puede deberse al cambio existente de temperatura y precipitación en los meses analizados.
- El sendero “El Caimán” considerado como punto blanco para suelo se localiza en la zona de amortiguamiento de la reserva, pero cabe mencionar que las actividades antropogénicas se encuentra relativamente cerca del mismo, por lo cual este punto puede resultar influenciado por las mismas.
- La investigación demuestra que en la RBL, existe presencia de cadmio y níquel en concentraciones variables por lo cual por su alta toxicidad puede traer riesgo para la salud, no solo de los seres humanos, sino en general a la biodiversidad de este ecosistema.

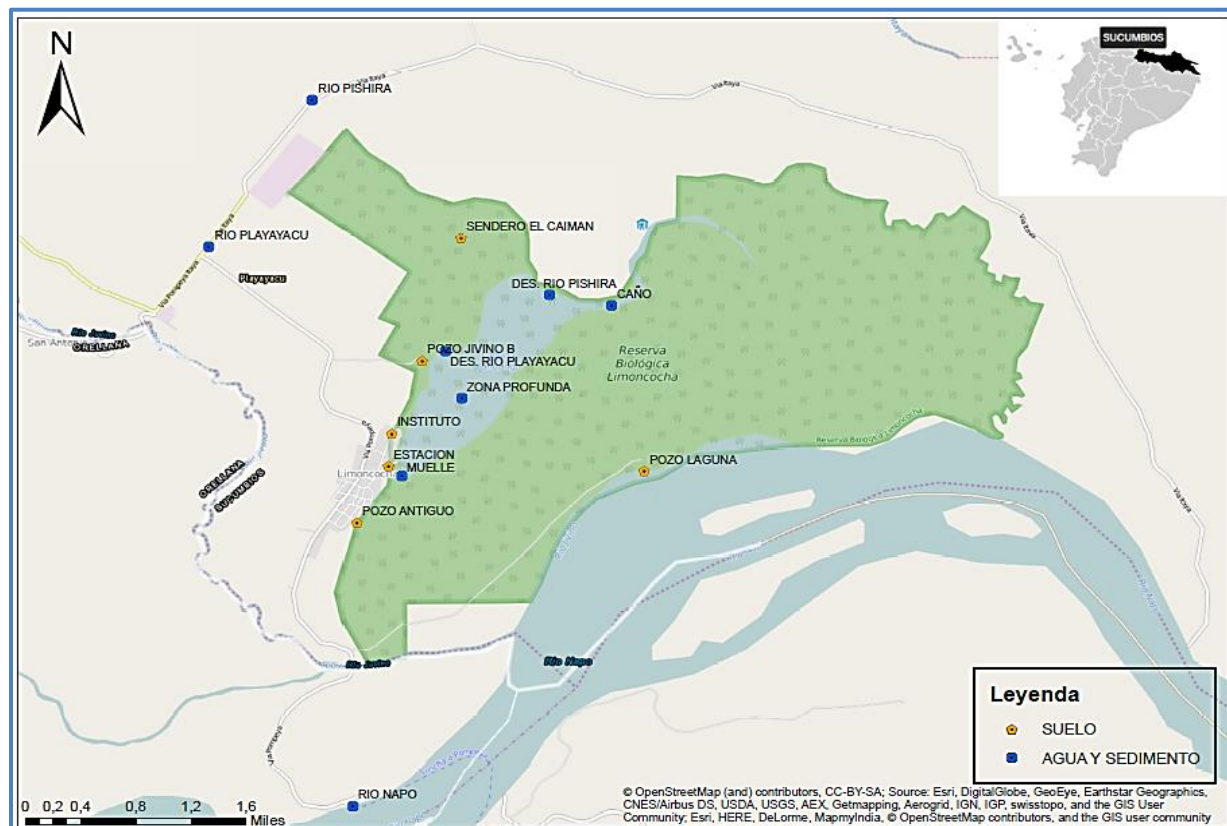
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, S. (2001). “Caracterización Limnológica de la laguna de Limoncocha. Tesis (Ingeniería Ambiental). Facultad de Ciencias Ambientales .Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Armas, María & Lasso, Sergio. (2011). “Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha”. SUIA. Ministerio del Ambiente.
- Ayala, Pamela. (2003). “Caracterización limnológica de la laguna de Limoncocha e identificación de las características hidrológicas básicas de la zona de Limoncocha. Facultad de Ciencias Ambientales .Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- APHA AWWA WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2005). 21st Edition. Metals part 3030E, pag. 3-8.

- De La Cruz-Landero, Nancy; Alderete, Ángel & Laffón Sandra. (2013). “Acumulación de metales pesados en sedimentos del ecosistema manglar en laguna de términos, Campeche, México”. Foresta Veracruzana. Recursos Genéticos Forestales Vol. 15, pp. 25-30 . Xalapa, México.
- EPA.1996.“Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils,”Revision 2.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2016). “Series mensuales de datos meteorológicos estación Nuevo Rocafuerte”.
- Madera, Roberto. (2011). “Área de Estudio”. Monitoreo De Caimanes (Alligatorinae): Aplicación En Estudios Poblacionales En La Laguna De Limoncocha, Provincia De Sucumbíos. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental. UISEK. Pg. 21-24.
- Ministerio del Ambiente. (2015). “Acuerdo Ministerial 097-A”. Edición especial.
- Montenegro, María Belén. (2015). “Valoración y gestión económico ambiental para la conservación de la reserva biológica Limoncocha, Shushufindi, Sucumbíos- Ecuador”. Facultad de Ciencias Ambientales .Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Nava, Concepción & Méndez Marisela. (2011). “Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)”. Arch Neurocien (Mex) INNN. Volumen 16. No.3. Pp 140-142. Méjico.
- Nordberg, Gunnar. (2014). “Metales: propiedades químicas y toxicidad”. Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Parte IX. Productos Químicos. Capítulo 63. Cuarta edición. Pp.1148.

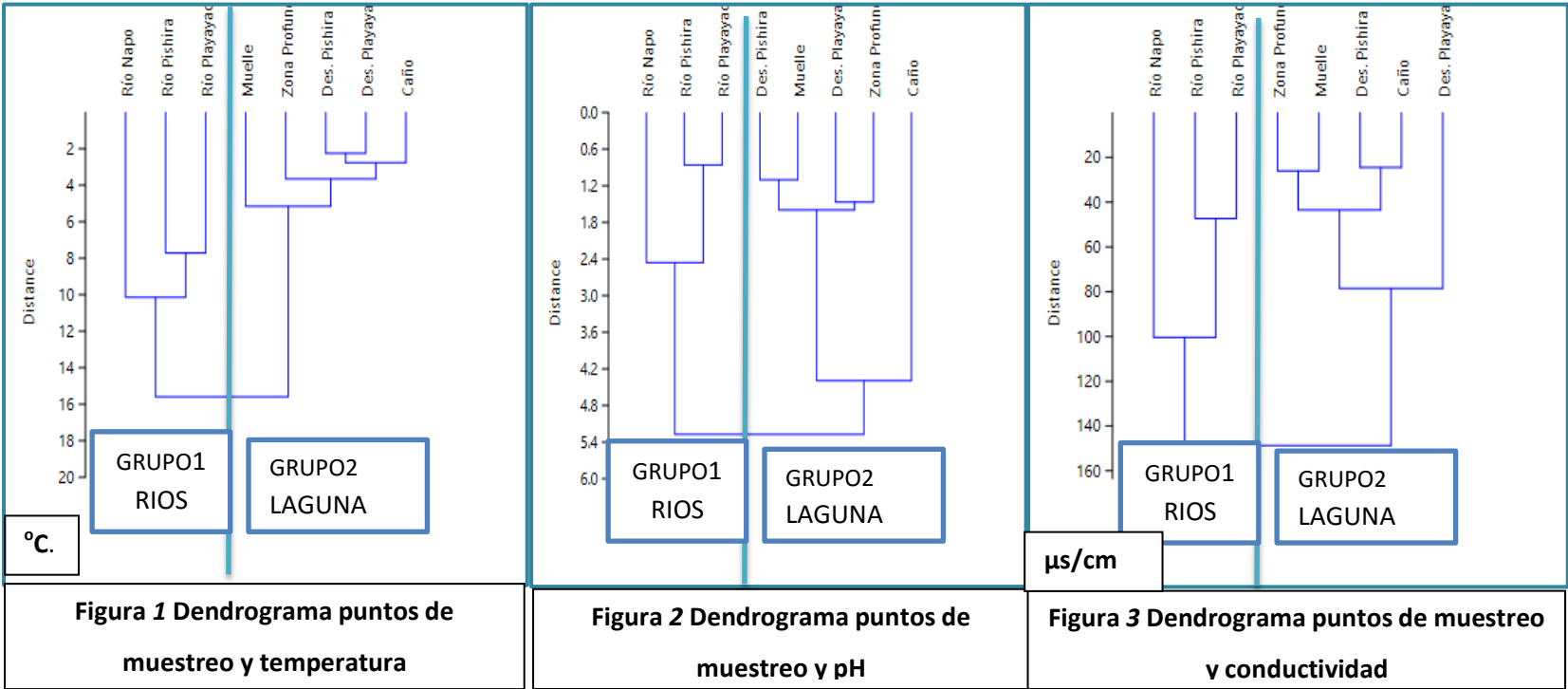
6. ANEXOS

6.1 Gráfico N° 1. Ubicación Georreferenciada de puntos de muestreo Agua, Suelo y Sedimentos (Cerón, 2016)



Puntos agua y sedimento	Puntos suelo
1) Entrada al “caño” (zona norte de la laguna)	1) Pozo antiguo (zona sur en referencia a la laguna)
2) Desembocadura del río Pishira (zona norte de la laguna)	2) Pozo Laguna (zona suroeste en referencia a la laguna)
3) Desembocadura del río Playayacu (zona norte de la laguna)	3) Pozo Jivino B (zona noreste en referencia a la laguna)
4) Zona más profunda de la laguna (zona occidental de la laguna)	4) Instituto (zona noreste en referencia a la laguna)
5) El Muelle (zona sur oeste de la laguna)	5) La estación científica de la RBL (zona sur oeste en referencia a la laguna)
6) Río Napo (zona sur en referencia a la laguna)	6) El sendero “El Caimán” como punto blanco (zona norte en referencia a la laguna)
7) Río Pishira (zona norte en referencia a la laguna)	
8) Río Playayacu (zona norte en referencia a la laguna)	

6.2 Análisis clúster de parámetros hidroquímicos y puntos de muestreo



6.3 Diagrama de Caja y bigotes en puntos de muestreo (Cd y Ni).

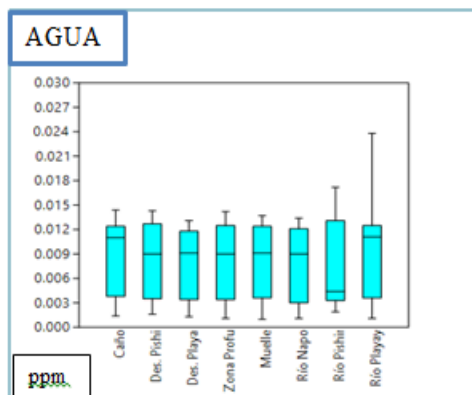


Diagrama de caja y bigotes de agua (Cd)

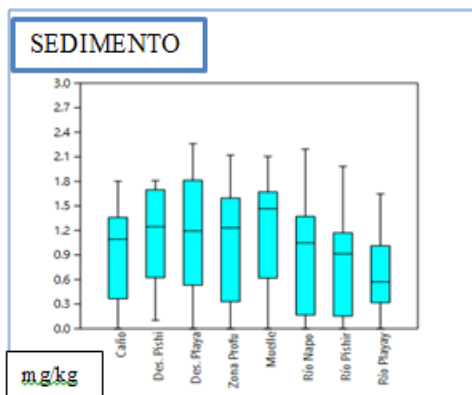


Diagrama de caja y bigotes de sedimento (Cd)

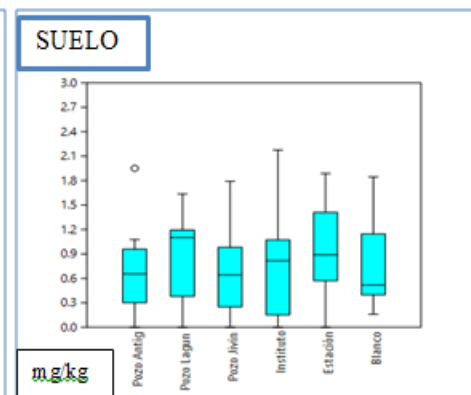


Diagrama de caja y bigotes de suelo (Cd)

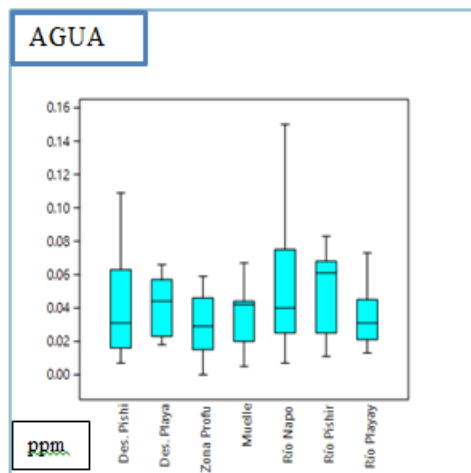


Diagrama de caja y bigotes de agua (Ni)

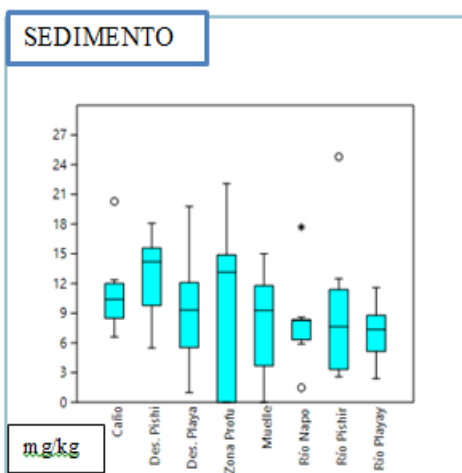


Diagrama de caja y bigotes de sedimento (Ni)

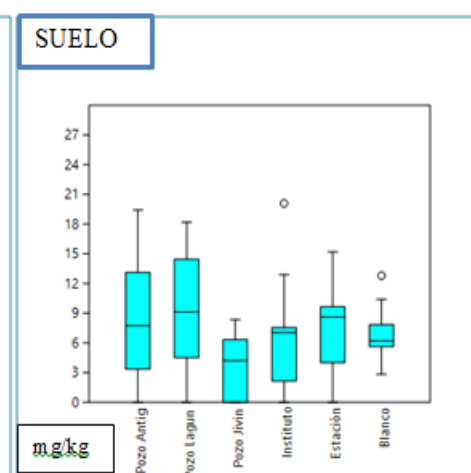
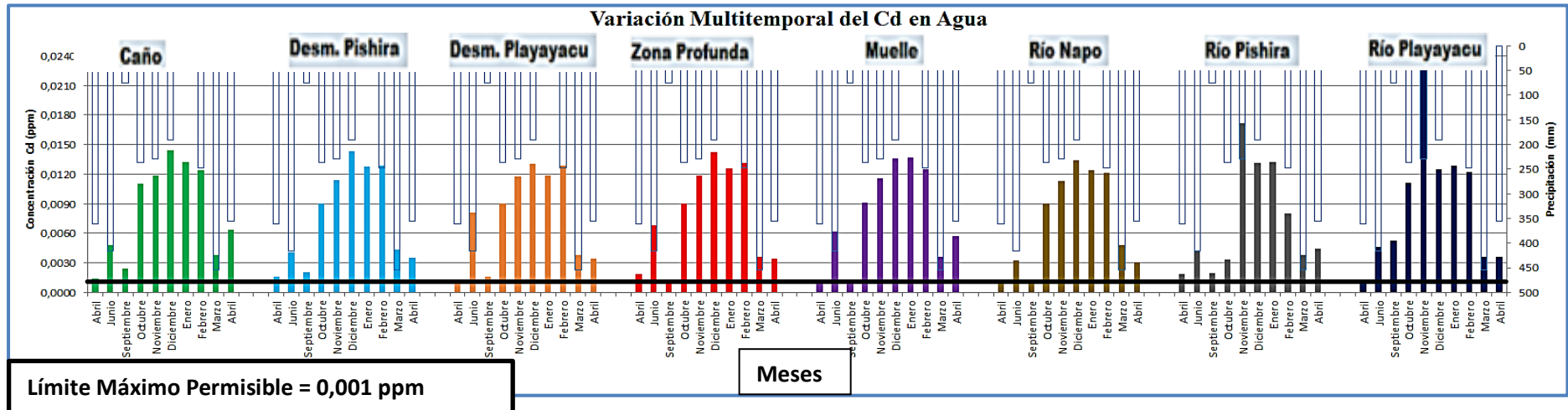
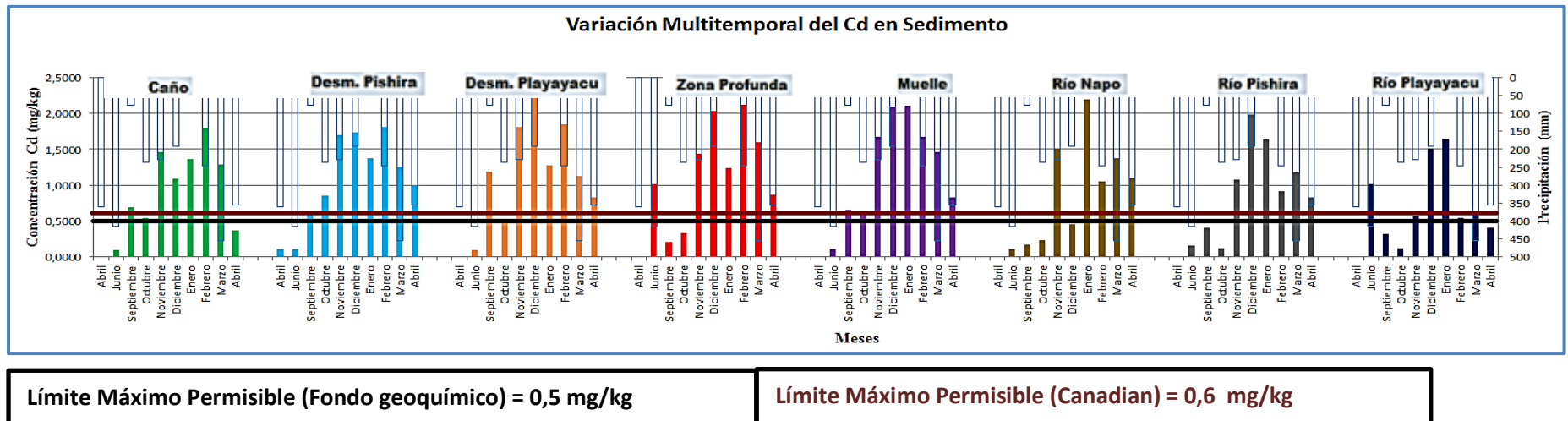


Diagrama de caja y bigotes de suelo (Ni)

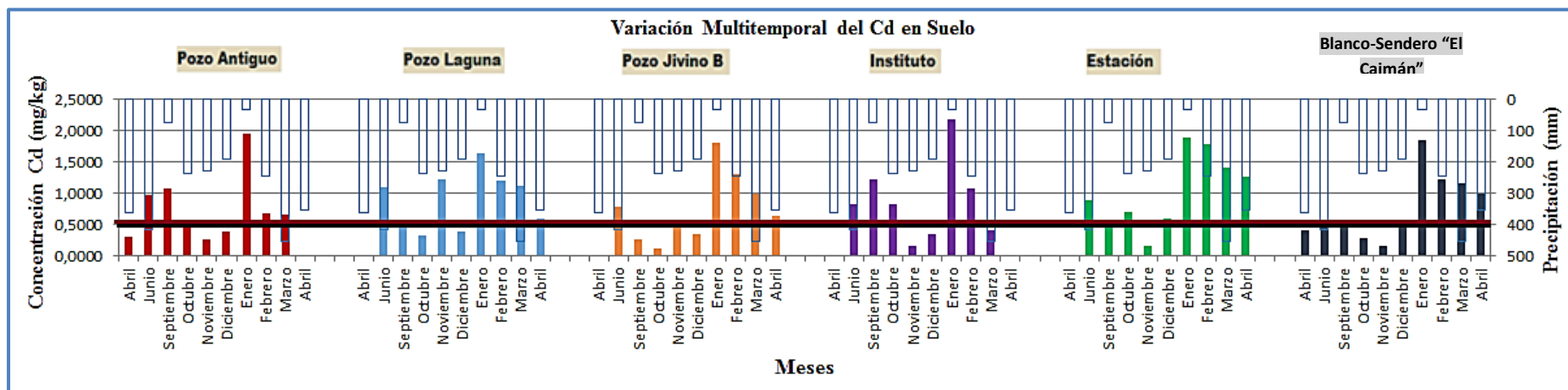
6.4 Variación multitemporal del Cd vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de agua.



6.5 Variación multitemporal del Cd vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de sedimento.



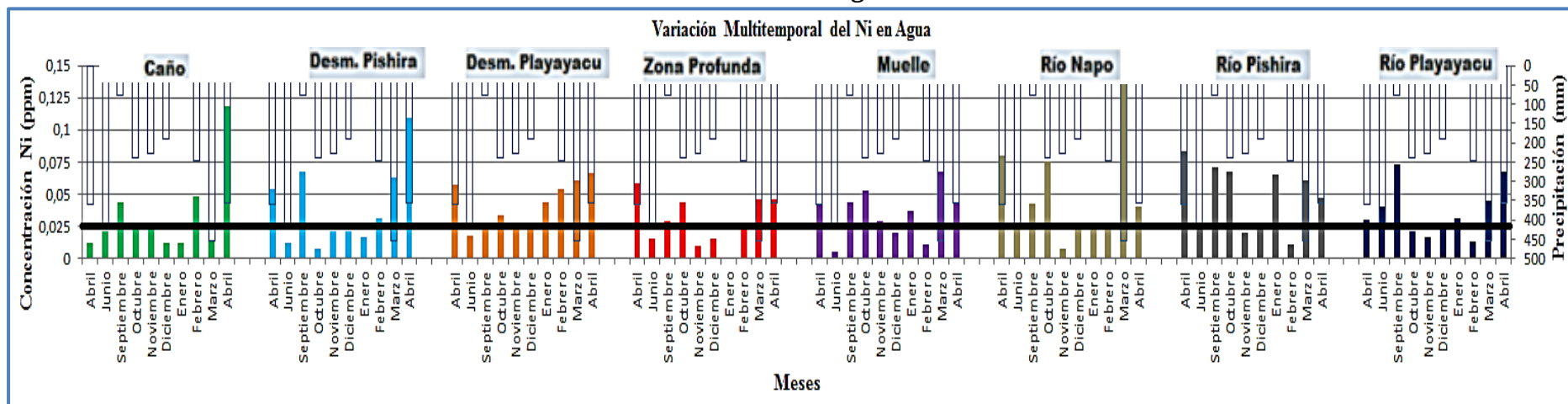
6.6 Variación multitemporal del Cd vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de suelo.



Límite Máximo Permisible (Fondo geoquímico) = 0,5 mg/kg

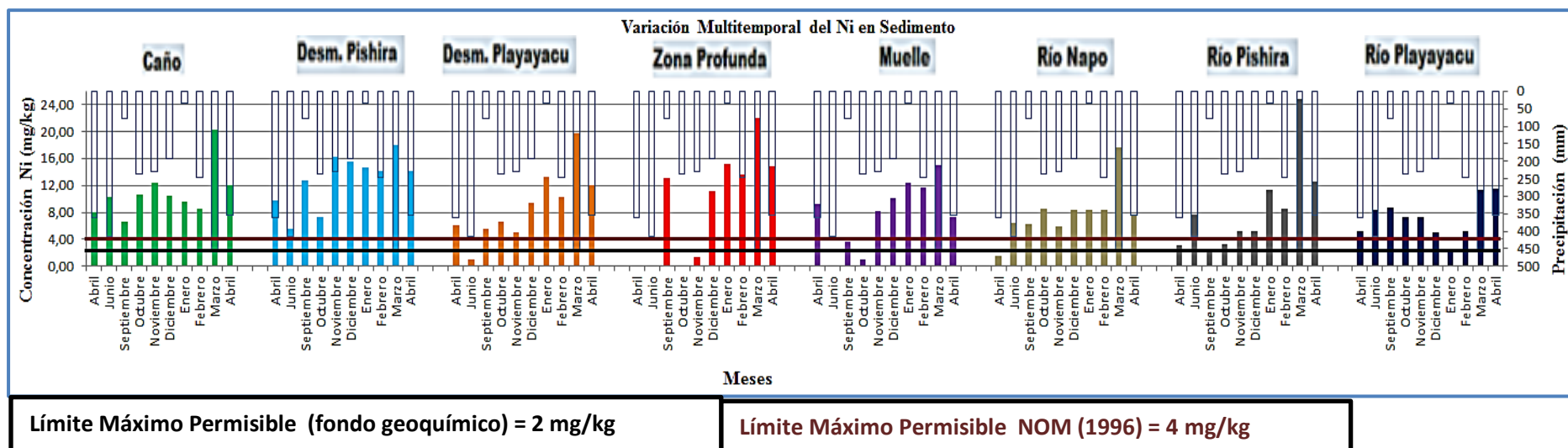
Límite Máximo Permisible = 0,5 mg/kg

6.7 Variación multitemporal del Ni vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de agua.



Límite Máximo Permisible = 0,025 ppm

6.8 Variación multitemporal del Ni vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de sedimento.



6.9 Variación multitemporal del Ni vs precipitación y comparación con el límite máximo permisible en los puntos de muestreo de suelo.

