

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES”

TEMA:

Determinación del grado de contaminación por presencia de metales pesados en suelos, raíces, hojas y frutas en plantas de banano debido al uso de agroquímicos en una finca ubicada en la Provincia de Los Ríos.

AUTOR:

LIVINGSTON GREGORIO QUINDE SÁNCHEZ

Guayaquil – Ecuador

2018

RESUMEN

El presente proyecto de investigación fue realizado en una finca bananera de la Provincia de Los Ríos desde enero hasta mayo del 2018, consistió en un estudio sobre la contaminación del suelo por metales pesados debido al uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas que contienen plomo, arsénico y cadmio en su composición química. El objetivo principal fue conocer la concentración de metales pesados en el suelo, raíz, hoja y fruto de banano, para lo cual se delimitaron dos lotes de cinco hectáreas donde se recolectaron varias submuestras de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, de la planta de banano se recolectaron submuestras de raíz, hoja y fruta obteniendo una muestra compuesta de 1 kg tanto para suelo, raíz y fruta los cuales fueron enviados al Laboratorio Acreditado Grupo Químico Marcos para su análisis. Los resultados evidencian contaminación de As en el suelo con valores que oscilan de 17.1 a 26 mg/kg, y para Cd un valor promedio de 0.95 mg/kg excediendo los límites máximos permisibles de acuerdo a la legislación Ecuatoriana. Los valores de Pb se mantienen por debajo de los límites permisibles. Los metales en estudio reflejan cierta movilidad hacia la planta con un posible incremento en las hojas y fruta de Pb y As debido a las aspersiones foliares o por alguna reacción desfavorable con el yeso, el contenido de As en la fruta se acerca a la ingesta semanal tolerable provisional del codex alimentarius. En base a los resultados se propone reducir las fuentes de los metales pesados y un cambio a nuevas tecnologías como el uso de microorganismos que bioestabilicen los metales en el suelo.

Palabras clave: Metales pesados, banano, contaminación, bioacumulación.

ABSTRACT

The present research project carried out on a banana farm in the Province of Los Ríos from January to May 2018, consists of a study on the contamination of soil by heavy metals due to the use of synthetic fertilizers and pesticides containing lead, arsenic and cadmium in its constitution. The main objective is to know the concentration of heavy metals in soil, root, leaf and banana fruit, for which two lots of five hectares were delimited where several subsamples of soil were collected from 0 to 20 cm deep, from the banana plant subsamples of root, leaf and fruit were collected obtaining a sample composed of 1 kg for both soil, root and fruit which were sent to the Accredited Laboratory Grupo Químico Marcos for analysis. The results show contamination of As in the soil with values ranging from 17.1 to 26 mg / kg, and of Cd an average value of 0.95 mg / kg exceeding the maximum permissible limits according to the Ecuadorian legislation. The Pb values are kept below the permissible limits. The metals under study shows some mobility towards the plant with a possible increase in the leaves and fruit of Pb and As due to foliar sprays or by some unfavorable reaction with the plaster, the content of As in the fruit approaches the weekly intake provisional tolerable codex alimentarius. Based on the results, it is proposed to reduce the sources of heavy metals and a change to new technologies such as the use of microorganisms that bioestabilize metals in the soil.

Key words: Heavy metals, banana, contamination, bioaccumulation.

DEDICATORIA

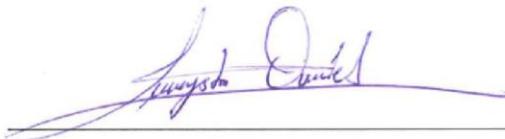
A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me
brindaron día a día en el transcurso de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Destaco especial gratitud a mi Director del Proyecto de Titulación, Milton Senen Barcos Arias, Ph.D. por ser un excelente profesional y por su colaboración incondicional en la finalización del proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.



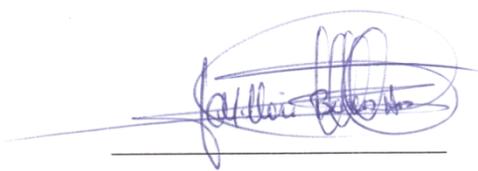
Livingston Gregorio Quinde Sánchez

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



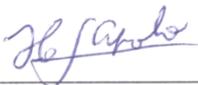
David Matamoros Camposano, Ph.D.

PRESIDENTE



Milton Senen Barcos Arias, Ph.D.

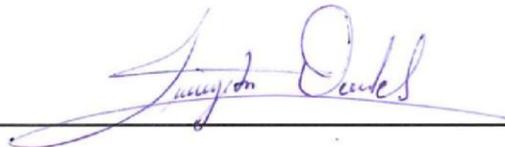
DIRECTOR



M.Sc. Héctor Apolo Loaiza

VOCAL

AUTOR DEL PROYECTO

A handwritten signature in blue ink, reading "Livingston Quinde Sánchez", is positioned above a solid horizontal line.

Ing. Agr. Livingston Gregorio Quinde Sánchez

ABREVIATURAS

AGROCALIDAD: Control y Regulación para la Protección y el Mejoramiento de La Sanidad Animal, Sanidad Vegetal e Inocuidad Alimentaria.

AGROCALIDAD: Control and Regulation for the Protection and Improvement of Animal Health, Plant Health and Food Safety.

CODEX ALIEMTARIUS: Código de Alimentación

CODEX ALIMENTARIUS: Food Code

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unido

EPA: U.S. Environmental Protection Agency

ICP - OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo - Espectrofotómetro de Emisión Óptico.

ICP – OES: Inductive Coupling Plasma - Optical Emission Spectrophotometer

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

INIAP: National Institute of Agricultural Research

ISO: Organización Internacional de Normalización

ISO: International Organization for Standardization

OMS: Organización Mundial de la Salud

OMS: World Health Organization

PH: Indica la concentración de iones hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

PH: Indicates the concentration of hydrogen ions present in certain solutions.

UE: Unión Europea

UE: European Union

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Objetivos del proyecto.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance	4
CAPÍTULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Metales Pesados.....	5
2.1.1 Metales pesados contaminantes en cultivos.....	5
2.2 Insumos agrícolas como fuente de metales pesados.....	7
2.2.1 Movilidad de los metales pesados en el suelo	7
2.3 Niveles permisibles en el suelo de metales pesados en el país.....	9
2.4 Codex alimentarius.....	9
2.5 Límites permisibles según la Unión Europea	9
2.6 Cadmio.....	10
2.7 Arsénico	10
2.8 Plomo	11
2.9 Factores de bioacumulación y translocación.....	12

CAPÍTULO 3	13
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Características de la plantación	13
3.2 Manejo de la plantación	13
3.3 Determinación de la concentración de Pb, Cd y As en el suelo de la finca bananera.....	14
3.3.1 Muestreo de suelo.....	14
3.3.2. Análisis de muestras de suelo	15
3.4 Determinación de la presencia de Pb, Cd y As en la raíz, hoja, y fruta de banano	16
3.4.1. Muestreo de raíces, hojas y frutos	16
3.4.2 Análisis de muestras de raíces, hojas y frutos	17
3.5 Medida de mitigación frente al efecto de los metales pesados.	17
CAPÍTULO 4	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Concentración de Pb, Cd y As en el suelo.....	19
4.2. Contenido de Pb, Cd y As en tejidos de la planta de banano	20
4.3 Aplicación del factor de bioacumulación.	24
4.4 Aplicación del factor de translocación	25
4.5 Discusión.....	26
CAPÍTULO 5	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
5.1 Conclusiones.....	28

5.2 Recomendaciones	28
6. Referencias	29
7. Anexos	32
7.1 Análisis final de muestras de suelo, hoja, raíz y fruto	32
7.2 Análisis de metales pesados en fertilizantes.....	40

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Obtención de las muestras de suelos en las unidades de muestreo	15
Figura 2. Obtención de muestras de raíces (A), hojas (B) y frutos (C) en las unidades de muestreo.....	17
Figura 3. Aplicación de yeso agrícola como tratamiento para disminuir la solubilidad de los metales pesados en el suelo.	18

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de calidad y de remediación para suelo agrícola. Según TULSMA	9
Tabla 2. Características edafoclimáticas de la finca en estudio.....	13

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Concentración de metales pesados (mg/kg) en los fertilizantes utilizados en la finca.....	14
Gráfico 2. Comparación del contenido de Pb, Cd y As en el suelo antes y después de la aplicación de yeso agrícola.....	20
Gráfico 3. Concentración de metales pesados en raíces antes y después de la aplicación de yeso agrícola.	21
Gráfico 4. Concentración de metales pesados en hojas antes y después de la aplicación de yeso agrícola.	22
Gráfico 5. Concentración de metales pesados en fruta antes y después de la aplicación de yeso agrícola.	23
Gráfico 6. Resumen de concentración de los metales pesados en tejido.	24
Gráfico 7. Factor de bioacumulación de Pb, Cd y As antes y después de la aplicación de yeso agrícola.....	25
Gráfico 8. Factor de translocación de Pb, Cd y As antes y después de la aplicación de yeso agrícola.	26

CAPÍTULO 1

1. Introducción

Ecuador es un país altamente agrícola siendo el banano uno de los principales productos de exportación. En el país la superficie bananera logra 158.056 hectáreas localizadas principalmente en la Provincia de Los Ríos, El Oro y Guayas sumando un 82.39 % de la superficie total de banano (INEC 2017).

La calidad de la fruta es un parámetro importante al momento de la exportación hacia mercados como Europa y Estados Unidos, quienes exigen productos que cumplan con todas las normativas establecidas para garantizar productos inocuos para la salud humana y de buena aceptación comercial. Sin embargo, existe el riesgo de contaminación de la fruta de banano por metales pesados que pueden causar toxicidad en los consumidores.

Los valores de metales pesados como el plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) presentes en el suelo de forma natural son incrementados por las actividades agrícolas llevadas a cabo por el hombre (Prieto et al., 2009). Este incremento se da por la gran cantidad de fertilizantes sintéticos y pesticidas que se utiliza en el cultivo y que en su constitución tienen trazas de metales pesados, poniendo en riesgo la salud de las personas a través del contacto directo con el medio ambiente o por el consumo de la fruta contaminada que se da a través del desarrollo de la planta en el suelo.

En la actualidad, existe la tecnología necesaria para determinar con mucha exactitud el contenido de los metales pesados presentes en el suelo y a nivel de tejido vegetal. Una de las tecnologías más utilizadas es la Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma de acoplamiento inductivo como método analítico (ICP-OES).

El presente estudio evaluó la concentración de Pb, Cd y As presentes en suelo, raíces, hojas; adicionalmente se analizó la concentración de metales pesados en el producto final que es la fruta de consumo, dicho estudio se llevó a cabo en una finca bananera ubicada en la Provincia de Los Ríos la cual es manejada de manera

convencional. Se busca incentivar el monitoreo y prevenir riesgos de contaminación en los frutos de exportación, manteniendo los niveles de los metales pesados por debajo de los límites permisibles en el *Códex alimentarius* mediante prácticas de manejo que ayuden a evitar su acumulación en el suelo y tejido vegetal. El estudio tuvo una duración de cinco meses y a continuación se presentarán los métodos y el desarrollo de la investigación.

1.1 Antecedentes

Ecuador posee un gran potencial agrícola en la región litoral, con productos principales como el arroz, cacao, banano, café y palma africana. Estos productos son destinados a la venta en mercados internos y externos, por lo cual no deberían contener elementos nocivos como metales pesados que son absorbidos por los vegetales.

En un informe presentado por el congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo se revisaron resultados de análisis de fincas cacaoteras, bananeras, cafetaleras, palmeras y plataneras de importantes zonas agrícolas del país, donde las concentraciones promedio de Pb para suelos donde se cultiva cacao fluctúan entre 0.62 mg/kg a 4.52 mg/kg y en cadmio de 0.06 a 2.08; en banano fluctúan de 0.83 a 2.87 mg/kg y de 0.17 a 0.31 mg/kg para Pb y Cd respectivamente (Mite et al., 2010).

Un estudio realizado en humedales de arroz de la cuenca baja del río Guayas muestra la presencia de metales pesados en suelos y plantas de arroz relacionándolos con las propiedades edáficas y su concentración en la raíz, tallo y hoja de la plantas de arroz (Pozo et al., 2011).

En La Mana (Cotopaxi) se llevaron análisis de suelos de una bananera y los resultados obtenidos en el análisis de Pb fueron favorables ya que oscilaron entre 7.7 mg/kg y 0.5 mg/kg, ambos estaban por debajo de los valores máximos permisibles para calidad de suelo. Los resultados obtenidos en el análisis de Cd fueron desfavorables ya que superan el límite máximo permisible fluctuando entre 2.58 mg/kg y 0.53 mg/kg sobrepasando el límite de 0.5 mg/kg (Medina y Macías, 2017).

1.2 Descripción del problema

La presencia de metales pesados en los productos agrícolas de consumo humano que exceden los límites máximos permisibles genera una gran preocupación a los productores y el público consumidor, principalmente en el mercado internacional ya que pueden generar problemas de salud por su toxicidad (Mite et al., 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al Pb, Cd y As los elementos más perjudiciales para la salud humana. Estos metales en las últimas décadas se han incrementado en los productos comestibles a consecuencia del uso de agroquímicos (pesticidas y fertilizantes sintéticos) en los cultivos agrícolas.

Aunque los metales pesados se encuentran naturalmente en el suelo en baja concentraciones las plantaciones de banano tradicional son expuestas al uso de agroquímicos para lograr una alta producción lo que podría conllevar a una acumulación y contaminación por metales pesados en los suelos bananeros y posteriormente su absorción y acumulación final en la fruta de consumo, creando consecuencias negativas para la salud, lo que finalmente conduce a la inseguridad alimentaria (Reyes et al. 2016).

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1. Objetivo General

Determinar la concentración de metales pesados en los suelos de una finca bananera de la provincia de Los Ríos y su incidencia en raíz, hoja y fruta de la planta de banano.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la concentración de plomo, cadmio y arsénico en el suelo de una finca bananera.
- Determinar la presencia de plomo, cadmio y arsénico en la raíz, hoja y fruta de banano.
- Proponer una medida de mitigación frente a posibles efectos negativos por la presencia de metales pesados en las plantas de banano.

1.4 Alcance

El proyecto tiene como finalidad cuantificar la contaminación provocada por la concentración de metales pesados en el suelo y su translocación hacia las raíces, hojas y fruta de banano en 2 lotes de una finca de la Provincia de Los Ríos, como medida de control se probará la aplicación de 100 g/planta de yeso agrícola en el suelo, con el fin de mitigar y reducir los efectos negativos provocados por la disponibilidad de metales pesados en el suelo como lo es el Pb, Cd y As. La metodología de este proyecto puede servir como guía de investigación para proyectos similares de otros productos de consumo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Metales Pesados

Los metales pesados son elementos naturales que tienen un alto peso atómico y una densidad de al menos cinco veces mayor que la del agua. Sus múltiples aplicaciones industriales, domésticas, agrícolas, médicas y tecnológicas han llevado a su amplia distribución en el medio ambiente; planteando inquietudes sobre sus posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente (Londoño et al., 2016).

La toxicidad de estos elementos en la salud humana depende de varios factores: la concentración, el tipo de elemento químico, edad, género, genética y estado nutricional de las personas expuestas. Debido a su alto grado de toxicidad, el Pb, Cd y As se encuentran entre los metales prioritarios que son de importancia para la salud pública. Estos elementos metálicos se consideran tóxicos sistémicos e inducen daño orgánico múltiple, incluso a niveles más bajos de exposición. También se clasifican como carcinógenos humanos (conocidos o probables) de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (Reyes et al., 2016).

2.1.1 Metales pesados contaminantes en cultivos

Los cultivos se desarrollan normalmente en un medio contaminado, dado a la presencia de metales pesados, causados por la explotación del petróleo, la eliminación incontrolada de desechos industriales, quema de desechos municipales y el uso excesivo de pesticidas.

Aunque los metales pesados son elementos naturales algunos como el Pb, Cd, y As pueden ser tóxicos a la salud al consumirse en niveles fuera de lo permisible.

Mite et al. (2010) Manifestaron que en muchos cultivos está presente una alta concentración de metales pesados, que pueden llegar a ser tóxicas para el

organismo del ser humano. Las plantas que se cultivan en suelos con altos grados de metales pesados acumulan dichos elementos en su organismo vegetal que son transmitidos a través del consumo. Algunos cultivos destinados a la exportación son colocados en orillas de carreteras para su secado sin un cuidado adecuado, como en el caso del cacao, donde sus almendras pueden contaminarse con Pb que proviene de la combustión de gasolina de los vehículos que transitan por la vía.

2.1.2 Metales pesados en suelos agrícolas

Los suelos agrícolas pueden contener de manera natural cantidades variables de metales pesados debido a su meteorización; sin embargo, en suelos con actividad agrícola se puede incrementar el contenido debido al uso intensivo de productos sintéticos tales como fertilizantes y pesticidas (Sánchez, 2003).

Las plantas poseen sistemas de absorción, acumulación y translocación de nutrientes específicos; sin embargo, existen metales no esenciales que se comportan de manera similar a los nutrientes esenciales por sus características electroquímicas, lo que permite que sean absorbidos por las raíces y se acumulen en diversos órganos (Sánchez & Rengifo, 2017).

Barceló & Poschenrieder (1992) manifiestan que la disponibilidad, la toxicidad y la respuesta de las plantas ante los metales pesados depende de diversos factores como el tipo de suelo y su composición, el poder quelante de las sustancias orgánicas e inorgánicas, el pH, la especiación química, el estado redox del suelo y su interacción con la planta a nivel de rizósfera. También describen los puntos clave de las acciones fisiológicas de las diversas especies de plantas, los cuales son: a) mecanismos de absorción, transporte y acumulación, b) mecanismos de toxicidad a nivel molecular, celular y subcelular, c) mecanismos de interferencia con los procesos funcionales de la planta, d) mecanismos de respuesta homeostática y d) mecanismos de resistencia.

Un ejemplo muy conocido es el que se da en las plantas de cacao que absorben los metales pesados que están presentes en los suelos y los acumula en las semillas (Augstburger et al., 2000). El Cd por ejemplo, es acumulado en las vacuolas de las células radiculares, mientras que una parte muy pequeña se

transloca a los órganos aéreos de la planta (Ortiz et al., 1995). Además, el cadmio compite con otros nutrientes esenciales (Ca, Mg, P y K) que pueden ser absorbidos por la misma proteína que los transporta hacia la vacuola, lo que genera un desequilibrio nutricional en la planta (Singh & Tewari, 2003).

2.2 Insumos agrícolas como fuente de metales pesados

Los elementos traza como Pb, Cd y As se pueden encontrar en diferentes concentraciones tanto en fertilizantes sintéticos como orgánicos (Zoffoli et al., 2013). Los elementos mencionados anteriormente, también conocidos como metales pesados, son considerados los más peligrosos para la salud humana según la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2010).

Entre fertilizantes con mayor contenido de metales pesados se encuentran los fosforados, los cuales aportan la mayor cantidad de cadmio, principalmente los obtenidos a partir de roca fosfórica (de Meeûs et al., 2002).

Rodríguez et al. (2014) analizó mediante espectrofotometría de masas con plasma acoplado inductivamente nueve fertilizantes comúnmente utilizados en la agricultura convencional y orgánica de México. Los fertilizantes fueron compost, compost de lombriz, nitrato chileno, roca fosfórica, nitrato de calcio, urea, fosfato diamónico, superfosfato triple y sulfato de potasio. Encontró que los fertilizantes con mayor contenido de Pb, Cd y As fueron superfosfato triple, fosfato diamónico, roca fosfórica y compost de lombriz.

2.2.1 Movilidad de los metales pesados en el suelo

La movilización de los metales pesados en el ambiente, suelo y en organismos, es una condicionante importante de sus características de bioacumulación, transferencia hacia otros organismos en la cadena trófica, su potencial tóxico y sus efectos (Reyes et al., 2016).

Cualquier elemento que se encuentre almacenado en el suelo no precisamente está disponible para la planta, pueden encontrarse retenidos o disponibles en la solución del suelo mediante procesos biológicos y químicos (Solano, 2005)

.Teniendo factores como:

- pH: La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr. directa o indirectamente, el pH afecta varios componentes de la retención del metal por el suelo (Bravo et al., 2014).
- Textura: La arcilla tiende a absorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio.
- Materia orgánica: La formación de complejos por la materia orgánica del suelo es una de las técnicas que interceden en la capacidad de solubilidad y asimilabilidad de metales pesados por las plantas; la toxicidad de los metales pesados aumenta en gran medida por su fuerte propensión a formar complejos organometálicos, facilitando con ello la solubilidad, disponibilidad y dispersión (Peña et al., 2017).
- Capacidad de cambio: Está en función del contenido de arcilla y materia orgánica, principalmente; cuanto mayor sea la capacidad de cambio catiónico mayor será la capacidad del suelo de precisar metales. El poder de adsorción de los diferentes metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia se retienen con menor fuerza (Prieto et al., 2009).
- El potencial redox (disponibilidad de electrones) del suelo: Indica si los metales están en estado oxidado o reducido. Las condiciones de reducción en el suelo se deben a la ausencia de oxígeno (anaerobio), porque la utilización es mucho mayor a la contenida en el suelo, esto puede ser de manera biológica o química. La oxidación (aerobia) en el suelo se da principalmente en suelos bien drenados (Ibáñez, 2008).
- Complejo metal-ligando orgánico: Los ligandos son constituyentes químicos que se combinan con los metales en un complejo químico (Solano, 1995).
- Las formas solubles y alterables de metales pesados en el agua se consideran fácilmente móviles y disponibles para las plantas, mientras que los metales incorporados en las estructuras cristalinas de las arcillas parecen comparativamente inactivos.
- Existen otras formas que afectan la disponibilidad y movimiento de los metales pesados; el porcentaje de carbonatos, de óxidos de Fe, Mn y Al, los complejos con la materia orgánica y los óxidos de Fe-Mn.

2.3 Niveles permisibles en el suelo de metales pesados en el país

En noviembre del 2015 con el amparo de la Ley de Gestión Ambiental se dicta las Normas de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados expide la última reforma del texto Unificado de Legislación Secundaria del Libro VI presentando el límite máximo para la concentración del suelo proveniente de metales pesados (Registro Oficial N°- 387 Acuerdo 097A).

Parámetros	Unidad	Calidad	remediación
Arsénico	mg/kg	12	12
Cadmio	mg/kg	0.5	2
Plomo	mg/kg	19	60

Tabla 1. Criterios de calidad y de remediación para suelo agrícola. Según TULSMA

2.4 Codex alimentarius

El codex alimentarius es un cuerpo conjunto con la FAO y la OMS que contiene principios relacionadas a los contaminantes y toxinas que se presentan en los alimentos, indicando buenas prácticas y niveles máximos permisibles.

De acuerdo al codex alimentarius, se define como contaminante a toda sustancia que no ha sido agregado intencionalmente a un alimento pero que está presente como resultado de la producción. El codex alimentarius presenta los niveles máximos de referencia de los contaminantes y toxinas presentadas en los alimentos, determinando que la ingesta semanal tolerable para el As es de 0.015 mg/kg de peso corporal (pc), para el Cd una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 0.007 mg/kg de pc, los niveles semanales permisibles de Pb estaban a 0.025 mg/kg de pc pero fueron suspendidos al demostrarse que afectaban la salud.

2.5 Límites permisibles según la Unión Europea

La Unión Europea conformada por 28 países con la finalidad de garantizar un alto nivel de salud pública, manifiesta que el contenido máximo debe establecerse al conseguir razonablemente buenas prácticas agrícolas, pesqueras y de producción.

El límite permisible de metales pesados en fruta es de 0.1 mg/kg en Pb y de 0.05 mg/kg en Cd. Para Enero del 2019 entra en vigencia (LM) en productos específicos de cacao y chocolate entre 0.10 a 0.80 mg/kg peso seco (ps).

2.6 Cadmio

El cadmio es parte de la composición natural del suelo y rocas se libera a la atmósfera, la tierra y el agua. En general, las principales causas de contaminación son el incremento de la actividad industrial, el uso de fertilizantes fosfatados. “El aumento del contenido de cadmio en el suelo aumenta la absorción de cadmio en las plantas” (Ruiz, 2011). De esta manera, la posición de los seres humanos a través de los cultivos es susceptible al aumento de cadmio presente en el suelo.

Las plantas absorben grandes cantidades de cadmio del suelo cuando el pH del suelo es bajo. Los organismos de alimentos libres como los crustáceos y los hongos, acumulan cadmio de forma natural. Al igual que los humanos, los caballos y los animales salvajes, aumentan los niveles de cadmio en el hígado y los riñones. La ingestión regular de estos productos puede aumentar su exposición, el tabaco es una fuente importante de cadmio para los fumadores (World Health Organization, 2010).

2.7 Arsénico

El arsénico es un metaloide que generalmente coexiste con otros minerales en la corteza terrestre. Generalmente se produce por medios naturales tales como: actividad volcánica y desgaste mineral o por actividades artificiales que disuelven minerales, incineración de carbón. El As ésta presente en aguas subterráneas y aguas marinas, normalmente en ambientes de agua dulce y terrestres, está presente en concentraciones mucho más bajas (generalmente 0-20 g/kg) en cultivos y ganado. Se pueden encontrar concentraciones más altas en arroz especialmente cuando el suelo se encuentra en condiciones reductoras. La concentración de As presente en el agua potable en muchos países suele ser motivo de preocupación. Se registran concentraciones superiores a 200 µg/l, lo que puede tener un impacto negativo en la salud del consumidor. Las formas más

tóxicas de As son el inorgánico (III) y el compuesto (V). El trióxido de arsénico era conocido como el veneno para ratas y también se usó para cometer crímenes (Codex alimentarius, 2017).

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) categorizó el As inorgánico como carcinógeno humano y predijo la duración del riesgo de cáncer de piel causado por este metal que podría ser causado por agua potable que contiene o excede los criterios de la OMS para el arsénico (Remtavares, 2013).

2.8 Plomo

El Pb es un metal tóxico, su uso frecuente ha ocasionado contaminación y daños al medio ambiente y la salud humana. Según la OMS, (2015) “Son sustancias que se acumulan y afectan a diversos sistemas del cuerpo como el sistema nervioso, hematología, tracto gastrointestinal, cardiovascular y los riñones”. La población con mayor vulnerabilidad al efecto neurotóxico del Pb, son los niños, aunque sea un nivel bajo de exposición, les puede causar daños neoplásicos severos e irreversibles.

El Pb tiene elementos tóxicos que han causado envenenamiento debido al uso indebido y la sobreexposición. Sin embargo, el envenenamiento por Pb no es frecuente debido a la aplicación industrial de los últimos controles de higiene e ingeniería. El peligro mayor lo representa la inhalación del vapor o polvo, en caso de los compuestos organoplúmbicos, la absorción que tiene la piel es significativa y el envenenamiento por Pb puede causar: dolores de cabeza, insomnio y vértigo, en caso severos, causa coma e incluso muerte (OMS, 2018).

El Pb puede ingresar al agua potable a través de la corrosión de la tubería. Esto es más común cuando el agua es ligeramente ácida. Esta es la razón por la cual los sistemas públicos de tratamiento de agua deben hacer ajustes de pH en el agua utilizada para el agua potable. Hasta donde sabemos, el Pb no realiza funciones esenciales en el cuerpo humano y puede causar daño después de la ingestión de alimentos, aire o agua.

2.9 Factores de bioacumulación y translocación

Estos factores se emplean en la selección de plantas útiles para la fitorremediación ya que puede cuantificar la eficiencia de la fitoextracción. Donde el factor de bioacumulación (FBC) es la concentración del metal en estudio en la planta, dividido para la concentración del mismo metal en el suelo; mientras el factor de translocación (FT) es la translocación del metal acumulado en las raíces hacia la parte aérea (Hazrat Ali, Ezzat Khan, 2013).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 Características de la plantación

Los lotes donde se llevó a cabo el muestreo se encuentran ubicados en una finca convencional en la provincia de Los Ríos, cuyas características principales se detallan a continuación:

Provincia	Los Ríos
Superficie	10 ha
Temperatura media anual	25,5°C
Precipitación media anual	1800 mm
Tipo de suelo	Franco arcilloso

Tabla 2. Características edafoclimáticas de la finca en estudio.

3.2 Manejo de la plantación

La plantación de banano tiene una edad aproximada de 15 años y se maneja de manera convencional. La unidad de muestreo se dividió en dos lotes de cinco hectáreas (ha) cada uno, los cuales representan las repeticiones.

La fertilización se realiza con productos sintéticos seleccionados en base a su concentración de nutrientes y al análisis de suelo. Las aplicaciones se realizan con una frecuencia de tres semanas colocando el fertilizante en la base de cada planta frente al hijo de sucesión. En el Gráfico 1 se indica el contenido de metales pesados de las principales fuentes de nutrientes utilizadas en la fertilización de la finca (Ver anexos).

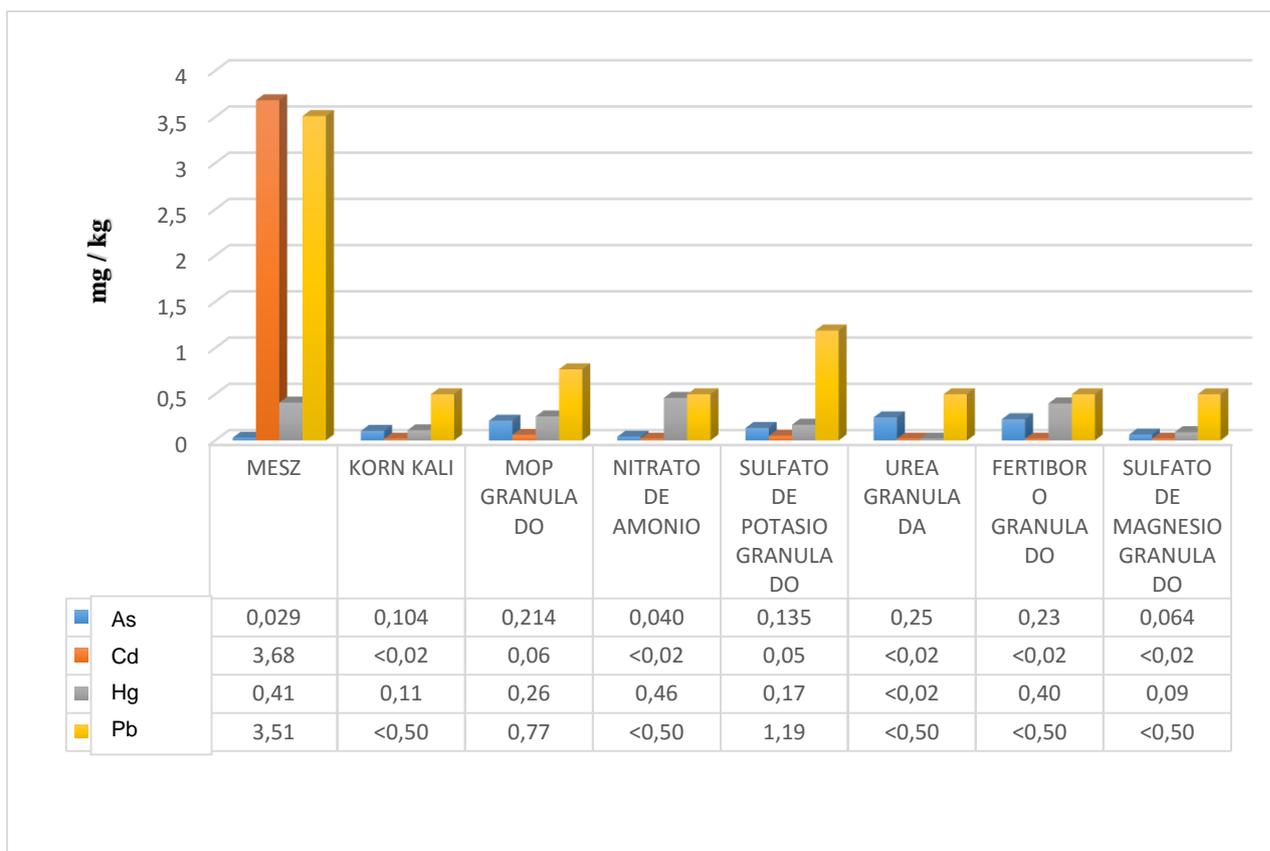


Gráfico 1. Concentración de metales pesados (mg/kg) en los fertilizantes utilizados en la finca

El control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) también demanda una cierta cantidad de pesticidas, los cuales son de origen sintético. El modo de aplicación es ultra bajo volumen (UBV) utilizando como vehículo aceite agrícola para una mejor cobertura de las hojas. En menor medida se aplican otros productos para el control de insectos plaga y nemátodos.

3.3 Determinación de la concentración de Pb, Cd y As en el suelo de la finca bananera

3.3.1 Muestreo de suelo

La recolección de las muestras de suelo para determinar la concentración de metales pesados se realizó siguiendo la metodología propuesta por Agrocalidad (2015), la cual está respaldada por la norma vigente ISO IEC/17025. En cada unidad de muestreo (5 ha) se tomaron 20 submuestras (Figura 2) recorriendo el

área en zigzag, con la mezcla de todas ellas se conformó una muestra representativa de cada lote. Las submuestras se tomaron de 0 a 20 cm de profundidad entre la planta madre y el hijo, sitio de mayor desarrollo radicular; quitando los 2 primeros centímetros. Todas las submuestras se colocaron en un balde plástico limpio donde se mezclaron para obtener una muestra compuesta; posteriormente se tomó 1 kg de esta mezcla homogénea y se colocó en una funda plástica etiquetada con todos los datos requeridos por el laboratorio para realizar el análisis. Se realizaron dos muestreos; el primero se tomó en plantas florecidas (paridas) de una semana de edad para obtener valores de referencia en cuanto al nivel de concentración de metales pesados; el segundo se recolectó después de 15 semanas previo a un tratamiento correctivo con yeso agrícola que se aplicó al día siguiente del primer muestreo.



Figura 1. Obtención de las muestras de suelos en las unidades de muestreo

3.3.2. Análisis de muestras de suelo

Ambas muestras fueron ingresadas al laboratorio del Grupo Químico Marcos, donde se prepararon de acuerdo con las técnicas de ensayo de referencia de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). El análisis se hizo mediante espectrometría de Emisión Óptica por Plasma de acoplamiento inductivo como método analítico (ICP-OES), usando un espectrómetro de ICP

marca Thermo Scientific serie 7000. Se aplicó la técnica Standard Methods 3120B de la EPA (American Public Health Association, 1992).

3.4 Determinación de la presencia de Pb, Cd y As en la raíz, hoja, y fruta de banano

3.4.1. Muestreo de raíces, hojas y frutos

Se realizó la recolección de raíces y hojas (Figura 2), con intervalo similar a la extracción del suelo, obteniendo la segunda muestra después de 15 semanas. La toma de raíces se realizó de acuerdo con la metodología descrita por INIAP (2013), del mismo hoyo efectuado para extraer el suelo se obtuvo las submuestras de raíces en plantas florecidas de una semana de edad con un hijo de sucesión de 1.5 metros para conformar la muestra compuesta. El muestreo de hojas se llevó a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por Agrocalidad (2015), tomando 15 submuestras obtenidas de plantas en estado reproductivo (florecidas). De cada planta seleccionada se extrajo una porción del tercio medio de la hoja tres; de la porción obtenida se eliminaron los bordes y se colocaron en una funda de papel debidamente identificada con los datos requeridos por el laboratorio para su análisis.

Para medir la concentración de metales pesados en frutos de banano se realizaron dos recolecciones (Figura 2). La primera se realizó para obtener valores de referencia en cuanto al nivel de concentración de metales pesados, para lo cual se tomaron 15 submuestras obtenidas de racimos de una semana de edad para conformar una muestra compuesta de cada lote. La segunda recolección se tomó en racimos de 15 semanas de edad previa a un tratamiento correctivo con yeso agrícola que se aplicó al día siguiente del primer muestreo, obteniendo así la muestra compuesta. Ambos muestreos se llevaron a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por Agrocalidad (2016). Del tercio medio de cada racimo seleccionado se extrajo la fruta y se colocó en una funda de papel debidamente identificada con los datos requeridos por el laboratorio para su análisis.

3.4.2 Análisis de muestras de raíces, hojas y frutos

Todas las muestras (raíces, hojas y frutos) fueron ingresadas al laboratorio del Grupo Químico Marcos. La preparación de las muestras se realizó de acuerdo con la metodología propia para cada tipo de muestra, de acuerdo con las técnicas de ensayo de referencia de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). De la misma manera que el análisis de suelo, se utilizó Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma de acoplamiento inductivo como método analítico (ICP-OES), usando un espectrómetro de ICP marca Thermo Scientific serie 7000. Se aplicó la técnica Standard Methods 3120B de la EPA (American Public Health Association, 1992).



Figura 2. Obtención de muestras de raíces (A), hojas (B) y frutos (C) en las unidades de muestreo

3.5 Medida de mitigación frente al efecto de los metales pesados.

Se aplicó yeso agrícola (sulfato de calcio) al suelo como método de mitigación por su propiedad de reducir el pH disminuyendo la solubilidad de ciertas sustancias tóxicas (Figura 3). En cada lote se seleccionaron 20 plantas como parcela útil, dentro de las cuales se seleccionaron 15 plantas en cuya zona radicular se aplicó yeso agrícola en dosis de 100 g/planta como tratamiento para medir el efecto sobre la absorción de metales pesados y su acumulación en los frutos. Se realizaron muestreos antes y después del tratamiento para medir el cambio de nivel de absorción de metales pesados de las plantas de banano.



Figura 3. Aplicación de yeso agrícola como tratamiento para disminuir la solubilidad de los metales pesados en el suelo.

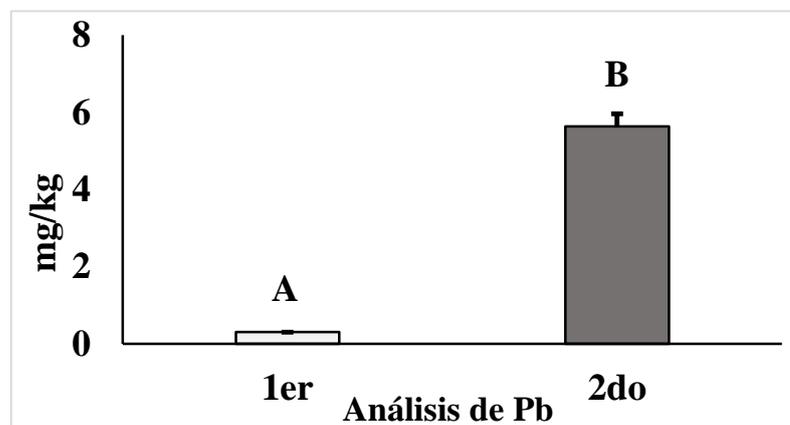
CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Concentración de Pb, Cd y As en el suelo.

Los datos obtenidos del análisis de suelo, antes de la aplicación del yeso (primer muestreo) y después de la aplicación (segundo muestreo) evidencian que inicialmente los niveles de As y Pb se encontraban por debajo del valor máximo permitido (As = 12 mg/kg, Cd = 0.5 mg/kg y Pb = 19 mg/kg) por la Legislación Ambiental vigente (Registro oficial N.- 387, 2015); de manera desfavorable se observan concentraciones de Cd que superan al límite máximo permitido (Gráfico 2). Luego de la aplicación de yeso agrícola los niveles de Cd disminuyeron levemente de 2.18 a 0.95 mg/kg, sin embargo, de manera contraria se observa que los niveles de As y Pb aumentaron, teniendo para Pb un valor promedio de 5.63 mg/kg y para As 21,55 mg/kg el cual sobrepasa los límites permisibles de la norma vigente.

Se observa que no existe diferencia significativa en los resultados de los análisis de la primera y segunda evaluación para el Cd, pero sí para los elementos Pb y As.



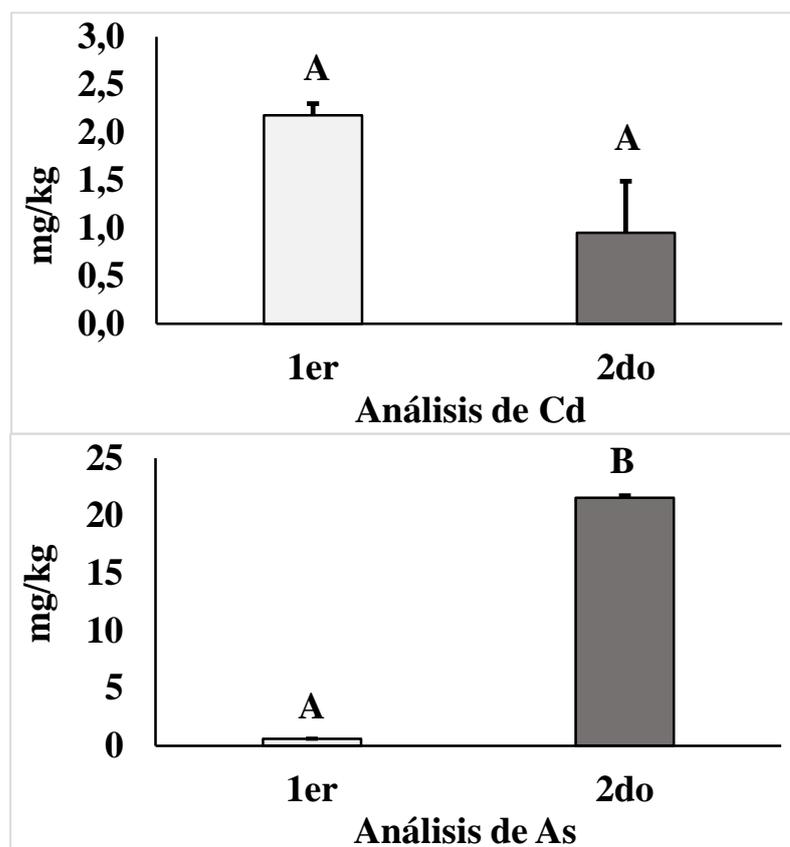


Gráfico 2. Comparación del contenido de Pb, Cd y As en el suelo antes y después de la aplicación de yeso agrícola.

4.2. Contenido de Pb, Cd y As en tejidos de la planta de banano

De acuerdo con los resultados obtenidos del primer muestreo de raíces (Gráfico 3) los tres metales pesados en estudio se encontraban por debajo del nivel mínimo detectable por el espectrofotómetro ICP-OES (As < 0.6; Cd < 0.01; Pb < 0.3), valores que se mantuvieron para Pb al realizar el segundo muestreo, sin embargo el nivel de Cd y As se elevaron levemente, obteniendo concentraciones promedio de 0.27 mg/kg y de 5.4 mg/kg respectivamente. Se determina que no existen diferencias significativas en ninguna de las muestras analizadas.

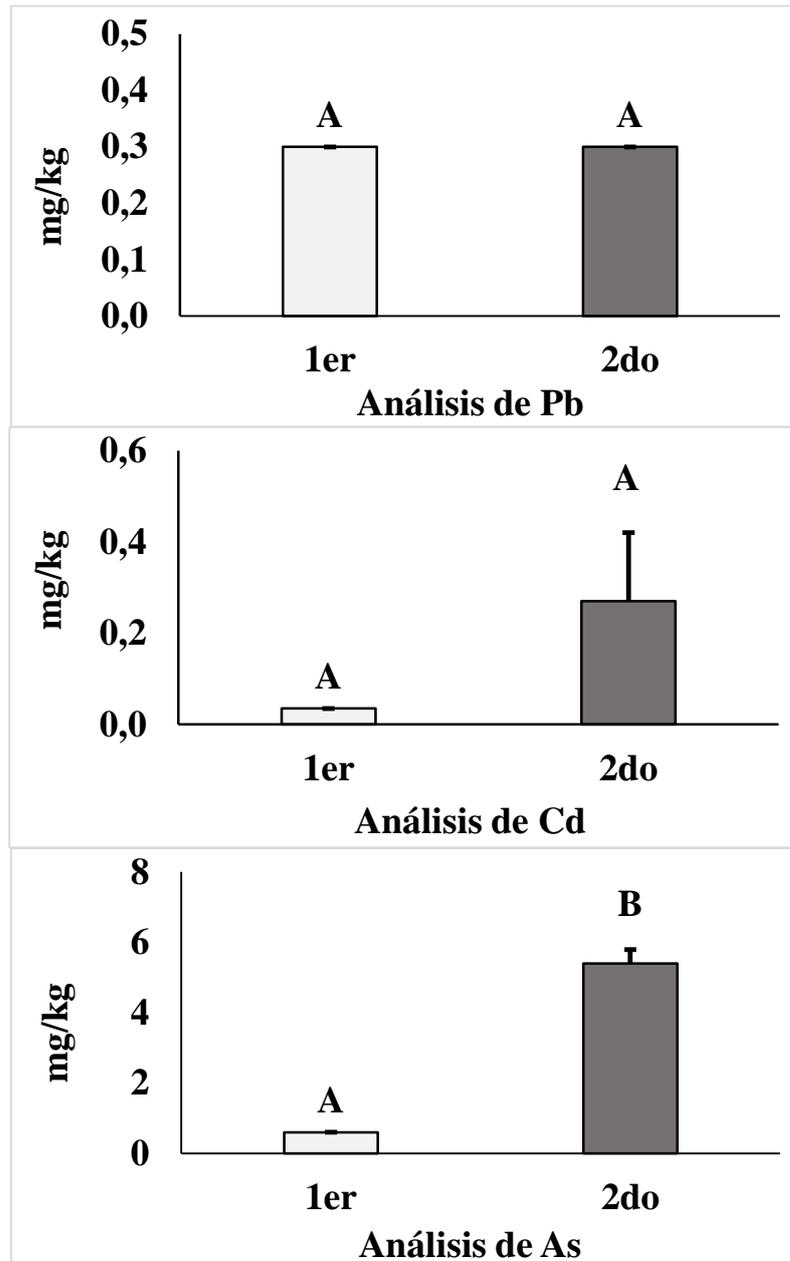


Gráfico 3. Concentración de metales pesados en raíces antes y después de la aplicación de yeso agrícola.

Los resultados del análisis de tejido foliar se muestran en el gráfico 4; donde se observa que el contenido inicial de Pb y As se encontraban por debajo de los niveles detectables del espectrofotómetro ICP-OES, mientras que para Cd se obtuvo un valor promedio de 0.14 mg/kg. Después de la aplicación de yeso agrícola se observa que el nivel de Cd desciende, y, hubo un ligero incremento de As 1.67 mg/kg. Por otra parte el nivel de Pb se incrementó llegando a un valor promedio de 12.45 mg/kg. Este incremento podría deberse a las aplicaciones foliares de diversos insumos agrícolas.

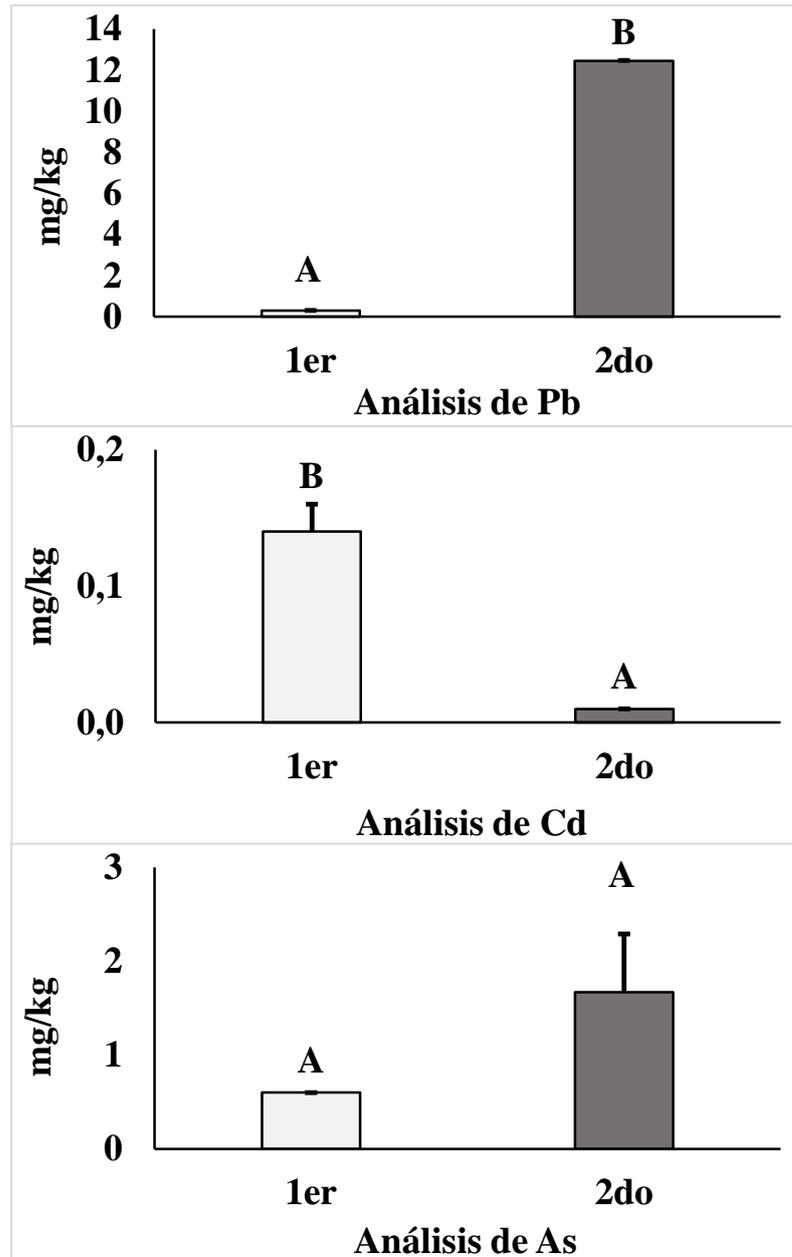


Gráfico 4. Concentración de metales pesados en hojas antes y después de la aplicación de yeso agrícola.

Los resultados del análisis de frutos (Gráfico 5) fueron comparados con los límites de la Unión Europea (Reglamento UE. No 488/2014 de la comisión) que establecen los límites permisibles de Cd (0,05 mg/kg de peso fresco de la fruta) y Pb en frutos (0,1 mg/kg); no se encontró niveles máximos de As establecidos para frutas. No obstante existen límites de ingestión referencial establecidos en el Codex alimentarius (FAO, 2017) y determina que la ingesta semanal tolerable para el As es de 0.015 mg/kg de peso corporal.

En la fruta de una semana de edad, el contenido de los tres metales pesados no sobrepasaron los niveles permisibles para el espectrofotómetro ICP-OES (As < 0.6 mg/kg, Cd < 0.01 mg/kg y Pb < 0.3 mg/kg). En los frutos de 15 semanas de edad, se encontraron niveles similares de Pb y Cd, excepto para el As donde se incrementó la concentración a 2.7 mg/kg.

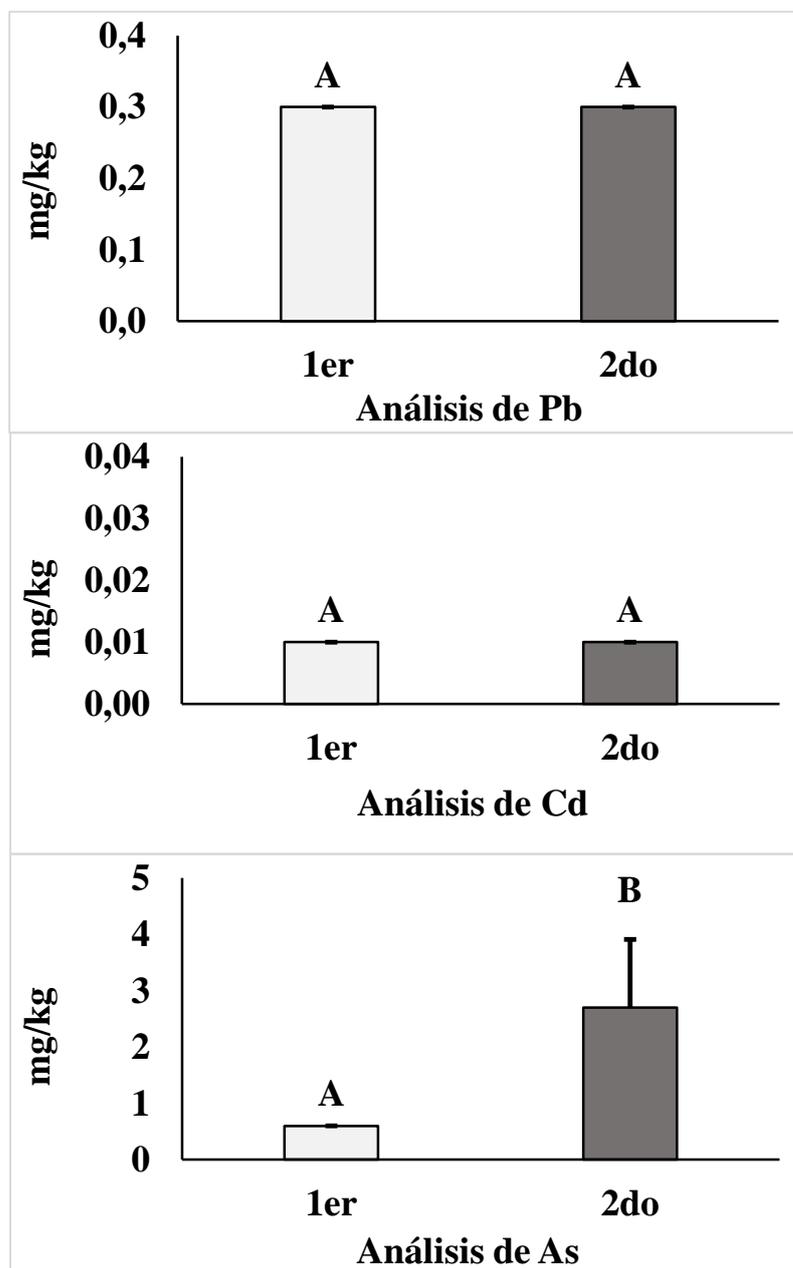


Gráfico 5. Concentración de metales pesados en fruta antes y después de la aplicación de yeso agrícola.

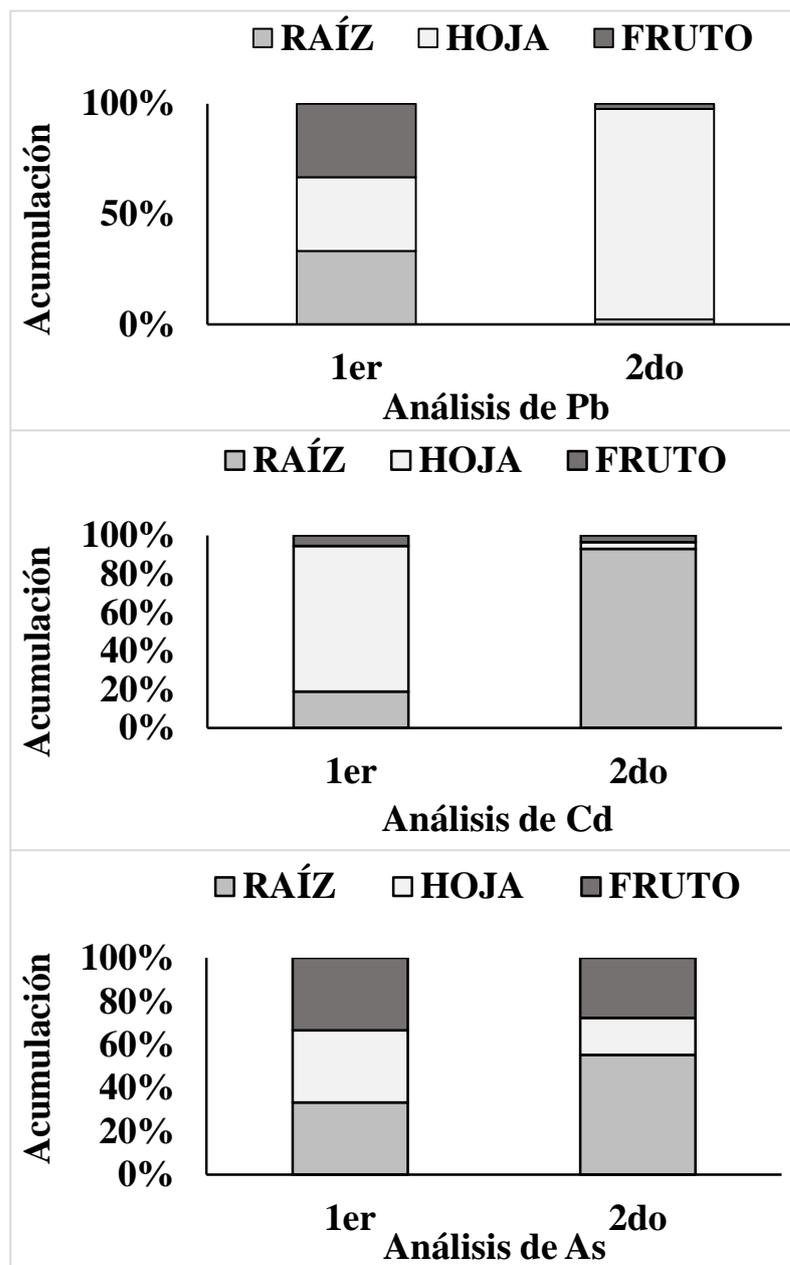


Gráfico 6. Resumen de concentración de los metales pesados en tejido.

4.3 Aplicación del factor de bioacumulación.

Los factores de bioacumulación varían de acuerdo a la concentración del metal en el suelo. En el gráfico 7 podemos observar como el factor varia de comportamiento debido al incremento del metal pesado en el suelo, marcando una diferencia significativa en el comportamiento del As.

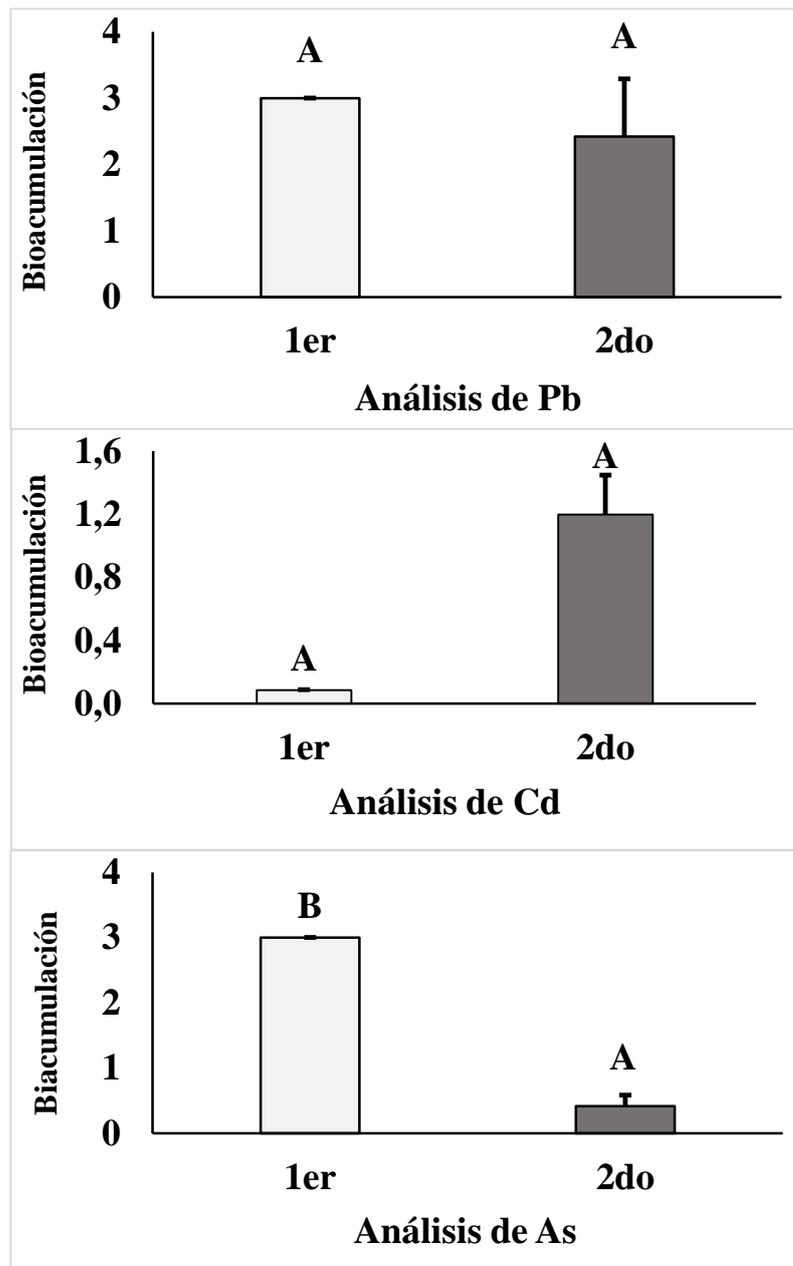


Gráfico 7. Factor de bioacumulación de Pb, Cd y As antes y después de la aplicación de yeso agrícola

4.4 Aplicación del factor de translocación

Los factores de translocación estudian el movimiento de los metales desde la raíz hacia la parte aérea de la planta. De igual manera en gráfico 8 podemos observar diferencia significativa en el comportamiento del Pb y Cd en cuanto respecta al FT pero no para el caso del As.

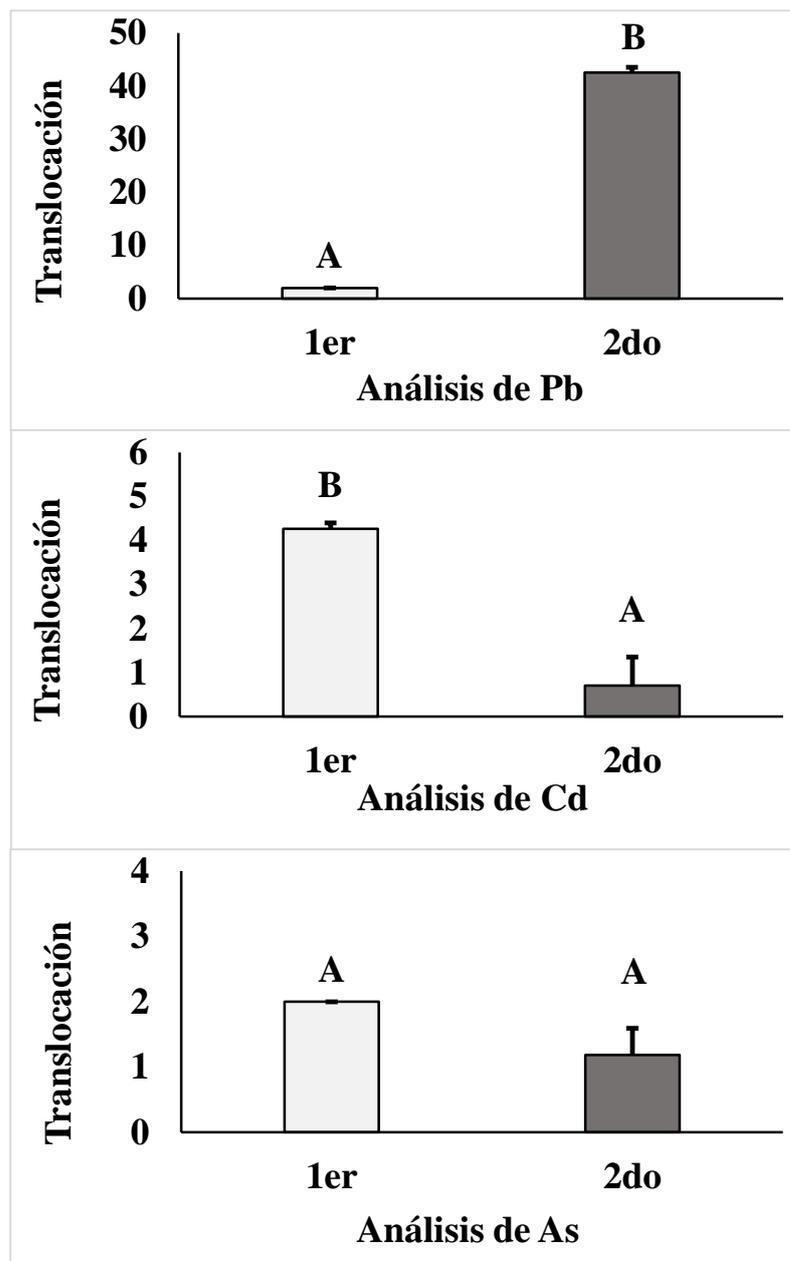


Gráfico 8. Factor de translocación de Pb, Cd y As antes y después de la aplicación de yeso agrícola.

4.5 Discusión

De acuerdo a los análisis de los tres metales pesados en estudio, los valores para Cd la primera semana antes de la aplicación de yeso superan el límite máximo del criterio de remediación para suelos agrícolas de la Legislación Ambiental con valor promedio de 2.18 mg/kg. Estos resultados son semejantes a los señalados por Medina y Mora (2017) en suelos de una bananera del cantón La Maná con concentraciones de 2.58 mg/kg. En los resultados iniciales también se evidencian

biodisponibilidad del Cd hacia raíces y hojas de la planta de banano, más no hacia la fruta. Los resultados del segundo análisis determinaron que el yeso redujo la concentración de Cd del suelo en 56.4%, alcanzando una concentración de 0.95 mg/kg. En Santa Elena las aplicaciones con yeso lograron reducir el Cd en las almendras de cacao en 46% (Mite et al., 2015).

Los primeros resultados para Pb reflejaron niveles muy bajos tanto para suelo, raíz, hoja y fruto no alcanzando a ser detectados por el espectrofotómetro. Las concentraciones determinadas a 15 semanas muestran un leve incremento de Pb en el suelo con nivel promedio de 5.63 mg/kg, se encuentra concentraciones de este metal en las hojas y no en raíces, lo que indica que la contaminación en las hojas puede deberse a las aspersiones foliares para el control de sigatoka al ser absorbidas por los estomas. Cargua (2010) señala concentraciones de Pb en el cantón Buena Fé de 7.2 mg/kg para suelo.

El As analizado en las primeras muestras no es de importancia ya q los valores están por debajo del nivel detectable en todos los casos. En el segundo muestreo a 15 semanas el suelo presenta una contaminación por este metal de 21.55 mg/kg superando el límite máximo del criterio de remediación para suelos agrícolas de la Legislación Ambiental. Como consecuencia del alto contenido de As en el suelo la planta lo acumula en sus raíces, hojas y finalmente lo transloca a la fruta, con una concentración promedio de 2.7 mg/kg. Salvador et al. (2017) concluyó que la contaminación de As en granos del cultivo arroz en la prov. de El Oro (Arenillas) estaba relacionada con la disponibilidad de este metal en el suelo.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La concentración de Pb en el suelo de la finca bananera no representa un problema de importancia ya que el nivel de concentración se mantiene por debajo del límite permisible para suelo agrícola establecido en la legislación ambiental vigente en la república de Ecuador. No es así para el Cd y As que presentan concentraciones superiores al límite de calidad y de remediación respectivamente.

La enmienda realizada con yeso agrícola (sulfato de calcio) fue favorable para el reducir la disponibilidad de Cd en el suelo.

El Pb y Cd no llegan a contaminar la fruta. No obstante se evidencia leve bioacumulación y traslocación de Cd sin llegar a contaminar la fruta. El As se encuentra disponible en la fruta en concentración de 2.7 mg/kg que según la ingesta semanal tolerable provisional del codex alimentarius para As es de 0.015 mg/kg pc, una persona de 75 kilos podría comer hasta 3 bananas en la semana.

5.2 Recomendaciones

Monitorear de manera continua en toda la extensión de la finca los niveles de metales pesados en suelo y frutos a fin de prevenir incrementos sorpresivos y poder tomar medidas de mitigación oportunas.

Utilizar alternativas de biorremediación para extraer metales pesados en zonas donde exista elevada concentración de estos elementos.

Buscar nuevas alternativas de mitigación como el uso de microorganismos que puedan estar disponibles para el agricultor y evitar la absorción de metales pesados por la planta de banano.

Evitar el uso de insumos con elevado contenido de metales pesados.

6. Referencias

- Arévalo, E., Obando, M., Zúñiga, L., Arévalo, C., Virupax, B. y Zhenli, H., 2016. Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú.
- Barceló, J. y Poschenrieder, Ch., 1992. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Bravo, I., Arboleda, C., y Martín, F., 2014. Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia, *Acta Agron.*, Vol. 63, No. 2, pp 164-174.
- CL 2017/25-CF (2017), Comisión del Codex alimentarius. Solicitud de Observaciones en el trámite 3 sobre el anteproyecto de código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación del arroz por arsénico.
- CXS (193-1995), Adoptada 1995, Revisada en 1997, 2006, 2008, 2009, Enmendada en 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017. Normas Internacionales de los Alimentos CODEX alimentarius, Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Recuperado de: http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS_193s_2015.pdf
- Diario Oficial Unión Europea (2014). Reglamento Unión Europea (UE) No. 488, Modifica el Reglamento (CE) No. 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios.
- Diario Oficial Unión Europea, (2006). Reglamento (CE) No. 1881/2006, por lo que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Diario Oficial Unión Europea, (2015). Recomendación (UE) No. 2015/1381, sobre el control del arsénico en los alimentos.
- Estación Experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, Departamento de manejo de suelos y agua, (2006). Plegable No. 272, Implantada Norma ISO IEC/17025. Muestreo de suelos para análisis químico con fines agrícolas.
- Estación Experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, Departamento Nacional Protección Vegetal, (2013). Servicio de diagnóstico de problemas fitosanitarios para el sector agrícola del país, Plegable No. 271.
- Estrella, J., y Yépez, K. (2017). Determinación de la concentración de arsénico total en cultivos de arroz en la provincia de El Oro y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, agua y planta.

- García, C. Moreno, J. Hernández, M. y Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. Recuperado de: <http://digital.csic.es/handle/10261/111812>
- Hazrat, A., Ezzat, K. & Muhammad, A, 2013. Phytoremediation of heavy metals- Concepts and applications.
[http:// biblioteca-digital.sag.gob.cl/...suelos.../pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/...suelos.../pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf).
- Ibáñez, J., 2008. El potencial redox de los suelos. Recuperado en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/28/83434>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (2014). Estación Experimental Tropical Pichilingue, Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas, Análisis Foliar en banano, Quevedo – Los Ríos.
- Laboratorio Agrocalidad, (2015). Instructivos para toma de muestra de suelos, foliares y aguas, Rev. 2. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/laboratorios/suelos-foliares-aguas/instructivo-muestreo-foliares-laboratorios-agrocalidad.pdf>.
- Laboratorio Agrocalidad, (2016). Instructivo de muestreo de productos agrícolas para análisis de residuos de plaguicidas, Rev. 2. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/instructivo-de-muestreo-de-productos-agricolas-para-analisis-de-residuos-plaguicidas-19-01-2017.pdf>.
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal.
- Medina Ruiz, G. Mora Macías, K. (2017), Acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivo de banano en el sector El Moral, Reciento Santa Cruz, Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.
- Métodos de muestreo recomendados para la determinación de residuos de plaguicidas a efectos del cumplimiento de los LMR, CAC/GL 33-1999, enmienda (2010).
- Ministerio del Ambiente, Registro Oficial, Edición Especial No. 387 (2015)
- Mite, F. Carrillo, M. y Durango, W (2010), Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador.
- Mite, F., Cargua, J., Albán, L., Carrillo, M. y Durango, W. (2015). Análisis de la Problemática de Cadmio en el cultivo de cacao del Ecuador
- Peña, E., Cantera, J. y Muñoz, E., 2017. Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: un estudio de caso en la Sonso, cuenca alta del río Cauca. Universidad del Valle, Colombia.

- Pozo, W., Sanfeliu, T., Carrera, G., 2011. Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. MASKANA, Vol. 2, No. 1.
- Prieto, J., González, C., Román, A., Prieto, F., 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.
Recuperado de: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.-Francisco-Mite.-Cadmio.-INIAP.pdf>.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., González, E., 2016. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, investigación y desarrollo, Vol. 16, No. 2, (2016), pp 66-77.
- Sánchez, M., 2003. Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition (1992).
- Unión Europea, Revisión marzo, Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios, (2017).

7. Anexos

7.1 Análisis final de muestras de suelo, hoja, raíz y fruto



INFORME DE ENSAYOS
71794-1



71794-1 28/05/18 16:18:07 Luis



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-001
LABORATORIO DE ENSAYOS

QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 09/05/18 09:30 Pro. Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 09/05/18 14:11
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 2 - Suelo con Yeso
Matriz de la muestra: SUELOS
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / No Aplica
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico	26,0	mg/Kg	7,2	PEE-GQM-FQ-54	15/05/18 ER
Cadmio (1)	1,89	mg/Kg	---	3120 B	15/05/18 ER
Plomo	5,0	mg/Kg	1,5	PEE-GQM-FQ-54	15/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:
---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

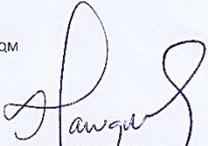
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:
(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
(3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

MC2201-13

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule
042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

Pág. 1 de 2



71794-2 28/05/18 16:18:44 Luis

QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 09/05/18 09:40 Pro. Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 09/05/18 14:11
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 2 - Raíces con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / No Aplica
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	10,191	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Cadmio (1)	0,53	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Plomo (1)	< 0,3	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:

--- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

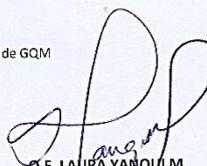
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



71794-3 28/05/18 16:18:57 Luis

QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 09/05/18 09:50 Pro. Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 09/05/18 14:11
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 2 - Hoja con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / No Aplica
Duración de Muestreo:
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	2,742	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Plomo (1)	19,5	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

U K-2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

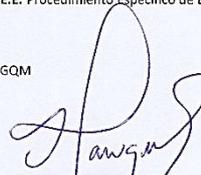
L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 09/05/18 09:55 Pro. Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 09/05/18 14:11
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 2 - Fruto con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / No Aplica
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	4,801	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER
Piomo (1)	74,0	mg/kg	---	ICP-OES	15/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

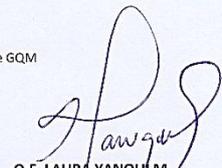
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 21/05/18 11:00 Provincia de Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 21/05/18 14:34
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 1 - Suelo con Yeso
Matriz de la muestra: SUELOS
Muestreo por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico	17,1	mg/Kg	4,7	PEE-GQM-FQ-54	24/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/Kg	---	3120 B	24/05/18 ER
Plomo	6,2	mg/Kg	1,9	PEE-GQM-FQ-54	24/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 21/05/18 11:05 Provincia de Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 21/05/18 14:34
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 1 - Raíces con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / Simple
Duración de Muestreo:
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	< 0,600	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Plomo (1)	< 0,3	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

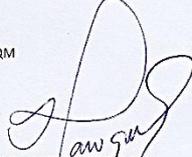
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 21/05/18 11:10 Provincia de Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 21/05/18 14:34
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 1 - Hoja con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreo por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	< 0,600	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Plomo (1)	5,4	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER

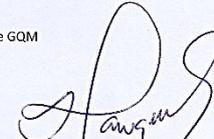
SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods
L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento Específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Representante Legal: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO
Guasmo Sur, Guayaquil Guayas, Tel. 0991842823
Atención: Sr. Livingston Quinde

Guayaquil, 28 DE MAYO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 21/05/18 11:15 Provincia de Los Rios
Fecha/Hora Recepción Muestras: 21/05/18 14:34
Punto e Identificación de la Muestra: Punto 1 - Fruto con Yeso
Matriz de la muestra: NO DETERMINADA
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: QUINDE SANCHEZ LIVINGSTON GREGORIO / Cliente / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (1)	< 0,600	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Cadmio (1)	< 0,01	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER
Plomo (1)	< 0,3	mg/kg	---	ICP-OES	24/05/18 ER

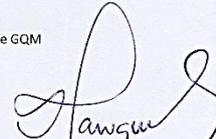
SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods
L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

7.2 Análisis de metales pesados en fertilizantes



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador N° 907 y Boccia
Edif. Miraflores Cajas, piso 5. Tel: 225-2388 Fax: 225-1340
Guayaquil - Av. De los Artistas s/n entre las calles Eugenio
Alvarado y José María Torres al Sector de ADEA,
Edif. Sotogal planta alta
Tel: 2252388 ext. 224 - 238288
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillances)

0043820

Informe Analítico: GU16-01013 Rev. 0

Pag 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01013.001
Identificación de Muestra : MESZ -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 28/04/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Cadmio	3,68	mg/kg
Plomo	3,51	mg/kg
Mercurio	0,41	mg/kg
Arsénico	0,029	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.
Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no oxima a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
La validez, cumplimiento e interpretación de estas Condiciones Generales de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador 935-102 y Suecia
Edif. Alcorcón Calle, piso 5, Tel. 228 2283 Fax. 225 1342
Quito y L. Av. De la América al cruce con calles Eugenio
Alvarado y José Muga frente al Terminal de A.C.C.A.
Edif. Incaquil plaza 816
Tel. 2262103 ext. 224 - 230588
Miembro del Grupo SGS (Socios Generales de Suveidors)

0045080

Informe Analítico: GU16-01212 Rev. 0

Pag.2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01212.001
Identificación de Muestra : KORN KALI -
Referencia del Cliente : Referencia/OC: FERTISA
Fecha de envío: 18/05/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Cadmio	<0,02	mg/kg
Plomo	<0,50	mg/kg
Arsénico	0,104	mg/kg
Mercurio	0,11	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento*.

Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

*Las condiciones, especificaciones e integridad de estos Certificados Operativos de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Cajón - Av. República de El Salvador 925 182 y Suiza.
044 Avenida Colón, piso 5, Bell 226 2300 Fax: 225-1342
Guayaquil - Av. De los Arroyos sin número las calles Eugenio
Alvarado y José María Torres al Terminal de ATECA.
044 Guayaquil planta alta.
Tel: 2252300 ext. 224 - 232088
Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisión)

0043931

Informe Analítico: GU16-01052 Rev. 0

Pag 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01052.001
Identificación de Muestra : MOP GRANULADO -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 29/04/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Mercurio	0,26	mg/kg
Arsénico	0,214	mg/kg
Cadmio	0,06	mg/kg
Plomo	0,77	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.

Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción. La validez, cumplimiento e interpretación de estas Condiciones Generales de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador 705-782 y Sucre.
Edif. Alameda Colón, piso 3. Tel: 225-2300 Fax: 225-1343.
Guayaquil - Av. De la Américas entre las calles España
Alfonso y José María Torres al Terminal de ATECA.
Tel: 2333100 ext. 224 - 2333888
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

0043812

Informe Analítico: GU16-01009 Rev. 0

Pag. 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01009.001
Identificación de Muestra : NITRATO DE AMONIO -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 28/04/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Cadmio	<0,02	mg/kg
Plomo	<0,50	mg/kg
Mercurio	0,46	mg/kg
Arsénico	0,040	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.
Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de las listas de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
La validez, cumplimiento e interpretación de estas Condiciones Generales de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador 735-102 y Sucre
Edif. Alameda Cajas, piso 5, No. 225-2268 Fax: 225-1342
Cajacajal - Av. De las Américas s/n entre las calles Eugenio
Alvarado y José María Poma al Terminal de ADOA,
Edif. Social para este
Tel: 2252385 ext. 224 - 230888
Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisión)

0043925

Informe Analítico: GU16-01051 Rev. 0

Pag. 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01051.001
Identificación de Muestra : SULFATO DE POTASIO GRANULADO -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 20/04/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Mercurio	0,17	mg/kg
Arsénico	0,135	mg/kg
Cadmio	0,05	mg/kg
Plomo	1,19	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.
Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción. La validez, cumplimiento e interpretación de estas Condiciones Generales de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador N25 182 y Surata
044 Montano Cordero, piso 5. Tel: 225-2266 Fax: 225-1342
Guayaquil - Av. De las Américas sin sereno las cañes Eugenio
Alvarado y José María Poma al Terminal de A.C.A.
044 Simón Bolívar s/n.
Tel: 2757100 ext. 224 - 2332888
Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisores)

0044216

Informe Analítico: GU16-01137 Rev. 0

Pag 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01137.001
Identificación de Muestra : UREA GRANULADA -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 08/05/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Mercurio	<0,02	mg/kg
Arsénico	0,25	mg/kg
Cadmio	<0,02	mg/kg
Piomo	<0,50	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.

Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción. La validez, cumplimiento e interpretación de estas Condiciones Generales de Servicio se rigen por las Leyes del Ecuador.



SGS del Ecuador S.A.
Calle de República de El Salvador N°5 182 y Suena
E.EF. Av. Amazonas Cajas pte. 1 tel: 226 2300 fax: 226 1342
Guayaquil - Av. De las Américas con av. Los Andes Espinosa
Atención y Ases. Muestras al Servicio de A.S.C.A.
E.F. General plaza 4ta
Tel: 2262565 ext. 224 - 2132888
Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Sucesos)

0044218

Informe Analítico: GU16-01138 Rev. 0

Pag. 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01138.001
Identificación de Muestra : FERTIBORO GRANULADO -
Referencia del Cliente : Referencia: FERTISA
Fecha de envío: 06/05/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Mercurio	0,40	mg/kg
Arsénico	0,23	mg/kg
Cadmio	<0,02	mg/kg
Plomo	<0,50	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.

Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.



SGS del Ecuador S.A.
Quito - Av. República de El Salvador N25 182 y Suecia.
SAB Avilaedo Cajas, piso 5, Tel: 225-2300 Fax: 225-1342
Guayaquil - Av. De las Américas sin cruce las calles Eugenio
Alvarado y José María frente al Terminal de A.C.C.A.
SAB Satequí planta alta.
Tel: 3352366 ext. 214 - 2142388
Móvil: 04 Grupo SGS (Solo en Góndola de Supervisores)

0045096

Informe Analítico: GU16-01220 Rev. 0

Pag 2 de 2

Detalles de la muestra analizada

Item No. : GU16-01220.001
Identificación de Muestra : SULFATO DE MAGNESIO GRANULADO CKIESERITA -
Referencia del Cliente : Referencia/OC: FERTISA
Fecha de envío: 18/05/2016

Resultados de los Ensayos :

Ensayo	Resultados	Unidad
Cadmio	<0,02	mg/kg
Plomo	<0,50	mg/kg
Arsénico	0,064	mg/kg
Mercurio	0,09	mg/kg

N.D. = No Detectado N.A. = No Analizado -- = No Aplicable

Válido solo el informe original.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ENSAYO SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.

Este informe no podrá ser reproducido, parcialmente sin autorización de SGS del Ecuador S.A.

Este documento es emitido, a pedido del cliente, bajo las condiciones generales de servicio de la compañía impresas en el reverso. El cliente debe tener en cuenta las definiciones de limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción contenidas en el citado documento.
Se informa a cualquier otro usuario del presente documento que la información contenida en el mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y el presente documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.