

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE  
MADRE DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE  
MERCURIO EN SUELOS Y PLÁTANO *Musa* CULTIVAR AAB, SUB  
GRUPO Plantain, EN SARAYACU, PUNKIRI CHICO E IBERIA -  
MADRE DE DIOS”**

**PRESENTADA POR:**

VÍCTOR AROSTEGUI SÁNCHEZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**ASESOR:**

DR. GABRIEL ALARCON AGUIRRE

**CO-ASESOR:**

M.Sc. H. MARGARITA SOTO BENAVENTE

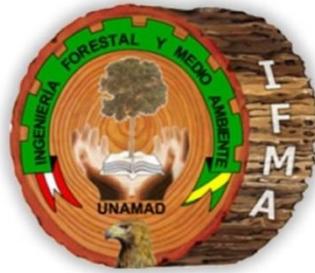
**Madre de Dios, PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE  
MERCURIO EN SUELOS Y PLÁTANO *Musa* CULTIVAR AAB, SUB  
GRUPO Plantain, EN SARAYACU, PUNKIRI CHICO E IBERIA - MADRE  
DE DIOS”**

**PRESENTADA POR:**

**VÍCTOR AROSTEGUI SÁNCHEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**ASESOR:**

**DR. GABRIEL ALARCON AGUIRRE**

**CO-ASESOR:**

**M.Sc. H. MARGARITA SOTO BENAVENTE**

**Madre de Dios, PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Soledad, mi madre querida, a mis hermanos Giovanna, Cristhian, José, a Manuel y Gabriela mis sobrinos, quienes me inspiraron para la conclusión de esta tesis y a quienes agradezco por estar siempre conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por permitirme alcanzar esta primera meta y por otorgarme el aliento y fuerzas para seguir adelante con mis propósitos personales y profesionales.

Quiero agradecer eternamente a los Docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiental, a quienes fueron parte de mi formación profesional y transmitieron sus conocimientos y valores personales y profesionales.

Agradezco especialmente a quienes me ayudaron en la labor de campo y la conclusión de la tesis.

A mis compañeros y amigos de la Carrera Profesional con quienes compartí aulas y salidas de campo de quienes valoro su compañerismo y fraternidad en especial a Jhony A. Grifa Juruichi.

Finalmente, quiero agradecer especialmente a mi Asesor el Dr. Gabriel Alarcón Aguirre por su apoyo, consejos, correcciones y sugerencias a la presente tesis; así como a mi Co Asesora M.Sc. Hilda Margarita Soto Benavente por brindarme su tiempo, conocimientos y sugerencias.

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 General .....	5
1.2.2 Específicos.....	5
1.3 Objetivos del estudio .....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos .....	6
1.4 Hipótesis .....	7
1.4.1 Hipótesis general .....	7
1.4.2 Hipótesis específicas .....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes .....	9
2.2 Marco referencial.....	21
2.2.1 Mercurio.....	21
2.2.2 Mercurio en la naturaleza.....	22
2.2.2.1 Niveles de concentración de mercurio.....	23
2.2.3 Bioacumulación y biomagnificación del mercurio.....	25

2.2.4 Minería aurífera en Madre de Dios .....	27
2.2.4.1 Mercurio en Madre de Dios .....	30
2.2.4.2 Suelo .....	31
2.2.4.3 Metales pesados en suelos .....	32
2.2.4.4 Transferencia de mercurio a productos agrícolas.....	35
2.2.4.5 Plátano .....	35
2.2.5 Estándares de calidad ambiental para mercurio .....	43
2.2.5.1. Estándares de calidad ambiental de mercurio en suelos agrícolas .....	44
2.2.5.2 Estándares de calidad ambiental de mercurio en plátano .....	46
2.3 Conceptos fundamentales.....	47
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>52</b>
3.1 Lugar de estudio.....	52
3.2 Tipo y diseño de investigación .....	55
3.3 Población .....	55
3.4 Muestra .....	56
3.5 Método .....	56
3.5.1 Técnicas de recopilación de datos.....	57
3.5.2 Muestreo de suelo .....	58
3.5.3 Muestreo de plátano <i>Musa</i> cultivar AAB - Sub grupo Platain.....	60
3.5.4 Análisis de muestras de suelo y plátano .....	60
3.5.5 Identificación de las variables e indicadores de estudio .....	60
3.6 Análisis estadístico.....	61
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>63</b>

4.1	Niveles de concentración de mercurio de suelos agrícolas de cultivo <i>Musa</i> cultivar AAB, sub grupo Plantain. ....	63
4.1.1	Concentración de mercurio .....	63
4.2	Niveles de concentración de mercurio del plátano <i>Musa</i> cultivar AAB, sub grupo Plantain. ....	70
4.2.1	Concentración de mercurio .....	70
4.2.2	Prueba estadística no paramétrica de Kruskas-Wallis .....	73
	CONCLUSIONES .....	78
	RECOMENDACIONES .....	80
	BIBLIOGRAFÍA .....	81
	ANEXOS .....	92

## INDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Clones de <i>Musa</i> Peruanos, sinónimos locales, clasificación genómica y equivalentes internacionales. ....	40
Cuadro 2. Límites Máximos Permisibles de mercurio total en suelos agrícolas. ....	46
Cuadro 3. Límites Máximos Permisibles de mercurio en pulpas de frutas. ....	47
Cuadro 4. Coordenadas UTM - WGS 1 984 de los puntos de extracción de muestras de <i>Musa</i> cultivar AAB para determinar concentración de Hg. ....	53
Cuadro 5. Profundidad del muestreo según el uso del suelo. ....	59
Cuadro 6. Estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de concentración de Mercurio en suelos agrícolas de cultivo de <i>Musa</i> cultivar AAB, sub grupo Platain en los tres (3) sectores de muestreo. ....	63
Cuadro 7. Estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de concentración de Mercurio en <i>Musa</i> cultivar AAB, sub grupo Platain en los tres (3) sectores de muestreo. ....	71
Cuadro 8. Rangos promedios por asignación en los tres (3) sectores de muestreo. ....	73
Cuadro 9. Estadístico de prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado). ....	74
Cuadro 10. Probación de hipótesis por sectores. ....	74

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Sarayacu, Tambopata, Madre de Dios – Perú. ....	53
Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Punkiri Chico, Manu, Madre de Dios – Perú. ....	54
Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Iberia, Tahuamanu, Madre de Dios – Perú. ....	54
Figura 4. Método para obtener muestra de suelo. ....	58
Figura 5. Concentración promedio de mercurio (mg/kg) en suelos agrícolas de <i>Musa</i> cultivar AAB en los tres (3) sectores de muestreo.....	64
Figura 6. Concentración promedio de mercurio (mg/kg) en <i>Musa</i> cultivar AAB en los tres (3) sectores de muestreo. ....	72
Figura 7. Comparación de hipótesis entre sectores. ....	75

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Análisis de suelos de los tres (3) sectores muestreados. ....	93
Anexo 2. Concentración de mercurio (mg/kg) en suelos agrícolas de <i>Musa</i> cultivar AAB.....	94
Anexo 3. Concentración de mercurio (mg/kg) en <i>Musa</i> cultivar AAB.....	95
Anexo 4. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Sarayacu, Tambopata, Madre de Dios .....	96
Anexo 5. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Punkiri Chico, Manu, Madre de Dios .....	97
Anexo 6. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Iberia, Tahuamanu, Madre de Dios .....	98
Anexo 7. Imagen Satelital de ubicación de los puntos de muestreo de <i>Musa</i> cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia, Madre de Dios	99
Anexo 8. Panel fotográfico .....	100
Anexo 9 Informes Laboratorio CERPER .....	106

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar los niveles de concentración de mercurio en suelos y plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) – sinónimo internacional Green French en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios. Para ello se muestreó en tres sectores y luego se analizaron los niveles de concentración en un laboratorio acreditado. En la determinación de mercurio (Hg) en suelos agrícolas de *Musa* cultivar AAB, los tres sectores reportaron valores por debajo de los límites detectables (<0,10 mg/kg), encontrándose estos valores por debajo los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) del Perú (6,6 mg/kg), y la Agencia de Protección Medioambiental Americano para el Consumo Humano (EPA) (8 mg/kg). En cuanto a la concentración de mercurio (Hg) en *Musa cultivar* AAB, los sectores de Sarayacu e Iberia reportaron valores por debajo de los límites detectables (< 0,010 mg/kg), mientras en el caso de Punkiri Chico presentó una concentración promedio de mercurio de 0,08500 mg/kg, superior a los Límites Máximos Permisibles (LMPs) reportados por la Asociación de la Industria de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Unión Europea – AIJN, y la Comisión del Codex Alimentarius – FAO/WHO (0,010 mg/kg).

**Palabras clave:** Mercurio, suelos agrícolas, plátano, Sarayacu, Punkiri Chico, Iberia, Madre de Dios.

## ABSTRACT

The objective of the research was fixed in the levels of concentration of mercury in soils and plantain *Musa cultivar* AAB, subgroup Plantain (common or inguiri) Green French banana in Sarayacu, Punkiri Chico and Iberia – Madre de Dios. For this purpose it was sampled in three sectors and then the concentration levels were analyzed in an accredited laboratory. In the determination of mercury (Hg) in agricultural soils of *Musa cultivar* AAB, the three sectors reported values below the detectable limits (<0,10 mg/kg), these values being below the National Environmental Quality Standards of Peru (6,6 mg/kg) and the American Environmental Protection Agency for Human Consumption (EPA) (8 mg/kg). As for the mercury concentration (Hg) in *Musa cultivar* AAB, the sectors of Sarayacu and Iberia reported values below the detectable limits (<0,010 mg/kg), whereas in the case of Punkiri Chico it presented an average concentration of mercury of 0,08500 mg/kg, higher than the Maximum Permissible Limits (LMPs) reported by the European Union Fruit and Vegetable Nectars Industry Association - AIJN, and the Codex Alimentarius Commission - FAO / WHO (0,010 mg/Kg).

**Key words:** Mercury, agricultural soils, plantain, Sarayacu, Punkiri Chico, Iberia, Madre de Dios.

## INTRODUCCIÓN

La presencia de metales pesados en el medio ambiente es una gran amenaza para los seres humanos (Cano, 2012), su toxicidad es un problema generalizado que aparte de afectar al medio ambiente, también lo hace a todos los seres vivos (Galán y Romero, 2008; Rakotonimaro, Neculita, Bussièrè, Benzaazoua, y Zagury, 2017). Las concentraciones de estos en el ambiente se debe mayormente a las originadas a las actividades antropogénicas, que cada día son más altas y conllevan a una problemática debido que tienen un potencial tóxico con efectos nocivos a la salud al igual que desequilibrio ecológico (Gabriel y Williamson, 2004; Galán y Romero, 2008). La contaminación con metales pesados es uno de los temas más importantes en la actualidad, debido a que están presentes en el agua, suelo, aire y alimentos (Guerra, Trujillo, Herrera, y Callejas, 2016).

La determinación de metales pesados en el ambiente es de gran importancia, entre los más importantes están el plomo, arsénico, cadmio y mercurio, la acumulación de estos en el organismo humano causa enfermedades muy graves que pueden ocasionar la muerte (Hernández, 2014; Hernández y Eduardo, 2011).

En el caso del mercurio (Hg) entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación del mismo es realizada desde fuentes naturales permaneciendo en el mismo nivel a través de los años. Las concentraciones de mercurio (Hg) en el medioambiente están creciendo; esto es debido a las actividad humana (Rocha, 2016).

La mayoría del mercurio (Hg) liberado por las actividades antropogénicas es transportado por el aire, a través de la quema de productos fósiles, fundiciones, combustión de residuos sólidos y minería, en esta última se utiliza un proceso simple de extracción del metal desde minas primarias o secundarias que poseen partículas de oro muy finas. Específicamente en países tales como Brasil, Venezuela, Colombia, Bolivia, Guyana Francesa, Ecuador y Perú, este proceso incluye la amalgamación del oro fino con mercurio, con la finalidad de separarlo del sedimento, el cual es tóxico no solo para los trabajadores sino igualmente para el ambiente en altas concentraciones. Este elemento puede aparecer en el ambiente bien sea por fenómenos naturales o por actividades humanas, lo cual ha ocasionado su acumulación y toxicidad en la (Morales, 2012; Osoreo, Rojas, y Manrique, 2012; Rocha, 2016).

En las regiones donde se practica la minería del oro el riesgo de contaminación del suelo por mercurio representa uno de los principales peligros para el medio ambiente y la salud humana; este metal es altamente tóxico y considerado un contaminante mundial debido a su capacidad de someterse al transporte a larga distancia en la atmósfera y otras vías de propagación (Morales, 2012). En el Perú, el mercurio todavía se utiliza para extraer oro del mineral a pequeña y mediana escala, lo que constituye un peligro para la salud de las personas que habitan estas poblaciones (Osoreo et al., 2012; Ramos y Terán, 2012).

Un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad de absorción y bioacumulación en organismos y ascender por la cadena alimentaria (Appleton, Weeks, Calvez, y Beinhoff, 2006; Astier, Mass-Moreno, y Etchevers, 2002; Cañizares-Villanueva, 2000). La bioacumulación es un aumento de la concentración de un producto químico en un organismo

biológico a cierto plazo, de forma que llega a ser superior a la del producto químico en el ambiente, que puede llegar a biomagnificarse, puesto que el proceso se agrava durante el transcurrir de una cadena trófica a otra, debido a que los niveles de incorporación sufren un fuerte incremento a lo largo de sus continuos eslabones, siendo en los superiores donde se hallan los mayores niveles de contaminantes (Cano, 2012).

La producción mundial de mercurio de la minería y de la fundición, según una estimación de 2012, fue de 1 400 toneladas por año, e igualmente los niveles locales en agua derivada de minerales de mercurio se encuentra en índices altos superiores a los 80 mg/L; en cuanto a la contaminación atmosférica las estadísticas indican que la ocasionada por la producción de industrias es inferior en relación a la causada por el agua que procede de las extracciones mineras (Appleton, Weeks, Calvez, y Beinhoff, 2006; Astier, Mass-Moreno, y Etchevers, 2002; Cañizares-Villanueva, 2000).. El compuesto de mercurio obtenido por el proceso de minería es el sulfuro mercúrico, del cual se deriva el mercurio metálico, por su refinación y calentamiento a más de 500° C que condensan los vapores del mercurio metálico liberados (Cano, 2012; Hernández, 2014).

Según estudios recientes que sugieren que el mercurio ocasiona una reducción de la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre en suelos de grandes partes de Europa y posiblemente de muchos otros lugares del mundo con características edafológicas similares. A fin de prevenir los efectos ecológicos del mercurio en suelos orgánicos se han establecido límites críticos permisibles de 0,07-0,3 mg/kg de contenido de mercurio total en el suelo (CCE, 1986, 2002).

En el presente trabajo el objetivo fue determinar los niveles de concentración de Mercurio en suelos y plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o Inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, y comprobar si se encuentran bajo los Estándares de Calidad de Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

La acumulación de metales pesados en suelos agrícolas es un riesgo para la vida de los organismos y la salud humana, y sus efectos negativos dependen de la concentración del metal y las propiedades específicas del suelo, las plantas y en especial las agronómicas adsorben estos metales pesados acumulándolos en diferentes partes de la planta, donde por bioacumulación pasan a las poblaciones humanas por el consumo directo de estos productos. Las zonas donde se desarrolla la actividad minera aurífera en el Departamento de Madre de Dios, algunas presentan zonas de cultivo de varios productos de pan llevar y entre ellos *Musa* cultivar AAB Sub grupo Plantain sinónimo internacional Green French y sinónimo en Perú Inguiri o comun , clon objeto de estudio. Por acción de la actividad minera, se produce la fundición y la combustión del carbón que dispersan el mercurio dentro del proceso de producción, que puede ser metilado por bacterias para producir metil mercurio (potente neurotóxico). Las bacterias metiladoras de mercurio prosperan en los sedimentos acuáticos ricos en materia orgánica. La biomagnificación del metil mercurio transmite eventualmente alta contaminación a sus predadores más altos de la cadena trófica, especialmente los peces que luego son consumidos por el hombre.

La producción del plátano común o Inguiri en las zonas a evaluar, es transportada hacia la ciudad de Puerto Maldonado para la venta en los principales mercados de abasto, así mismo es transportado a las ciudades y departamentos vecinos de la Región; por lo cual de encontrarse mercurio en el fruto del plátano o niveles altos de mercurio, se pondría en riesgo la salud de la población (productores y consumidores).

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 General**

¿Cuáles son los niveles de concentración de mercurio en suelos y Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios?

### **1.2.2 Específicos**

- ✓ ¿Es posible determinar los niveles de concentración de mercurio de suelos agrícolas de *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios?
- ✓ ¿Será posible determinar los Niveles de concentración de mercurio del plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios?
- ✓ ¿Es posible comparar los niveles de mercurio encontrados en los suelos y en el fruto del plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) con los Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles?

### **1.3 Objetivos del estudio**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar los Niveles de concentración de Mercurio en suelos y Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar los Niveles de concentración de Mercurio de suelos agrícolas de cultivo *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios.
- ✓ Determinar los Niveles de concentración de Mercurio del Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios.
- ✓ Comparar los niveles de mercurio encontrados en los suelos y en el fruto del Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) con los Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

## 1.4 Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

- ✓ **Ho:** No existen altos niveles de concentración de Mercurio en los suelos y Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios.
- ✓ **Ha:** Existen altos niveles de concentración de Mercurio en los suelos y Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios.

### 1.4.2 Hipótesis específicas

- ✓ Los Niveles de concentración de Mercurio de los suelos agrícolas de Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, son altos.
- ✓ Los Niveles de concentración de Mercurio de los suelos agrícolas de Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, son bajos.

- ✓ Los niveles de concentración de mercurio en plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, son altos.
- ✓ Los niveles de concentración de mercurio en plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, son bajos.
  
- ✓ La comparación de los niveles de mercurio encontrados en suelos y el fruto del plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) sobrepasan los Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.
- ✓ La comparación de los niveles de mercurio encontrados en suelos y el fruto del plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) se encuentran por debajo de los Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Rocha (2016), determino los niveles de mercurio en suelo en San Martín de Loba, sur de Bolívar – Colombia, donde la concentración promedio de Hg-t fue de 3,30  $\mu\text{g/g}$  (el rango fue de 24,16  $\mu\text{g/g}$  y la desviación estándar de 5,10  $\mu\text{g/g}$ ). El resultado muestra que no existe diferencia significativa en los niveles de contaminación medios de las tres zonas de la cabecera municipal de San Martín de Loba. Ello muestra que los niveles de contaminación son iguales más no si son altos. Para tal fin se compararon los datos con un nivel de referencia internacional (en la normatividad Colombiana no existe dicho nivel de referencia para la contaminación con mercurio en suelo), para el estudio el estándar del Reino Unido (para parcelas y jardines se tiene un límite de 1 mg/kg basado en efectos adversos a la salud humana). Un 1mg/kg es igual a 1  $\mu\text{g/g}$  entonces la hipótesis que se debe probar es si la media de 3,30  $\mu\text{g/g}$  es significativamente más alta que el límite permitido de 1  $\mu\text{g/g}$  sobre el cual se podrían observar efectos adversos para la salud humana. Para probar la media de una distribución aproximadamente normal con varianza poblacional desconocida el estadístico de prueba se calculó con una media de 3,30  $\mu\text{g/g}$  y una desviación estándar de 5,09  $\mu\text{g/g}$  ( $t_{0,\alpha} = 9,216$ , donde se especificó un error tipo I de  $\alpha = 0,05$ , con un  $t_{0,\alpha} = 1,645$ ), por lo tanto la  $H_0$  fue rechazada y se afirmó que la media 3,30  $\mu\text{g/g}$  es estadísticamente significativamente mayor que el valor de referencia 1  $\mu\text{g/g}$  y por lo tanto pueden existir efectos adversos a la salud humana en toda la cabecera municipal; norte, centro y sur; del municipio de San Martín de Loba por contaminación del suelo por mercurio.

Hernández (2014), en su estudio Determinación de cadmio (Cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de alfalfa en San Luis del municipio de Torreón Coahuila - México, reporto que el cadmio no se encuentra en el ambiente como un metal puro; es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros, carbonatos, zinc, plomo y menas de cobre. Los efectos tóxicos del cadmio se manifiesta especialmente en los huesos y riñones y las personas que tienen bajas reservas de hierro son particularmente vulnerables a estos efectos adversos. La contaminación con metales pesados es uno de los temas más importantes en la actualidad, debido a que están presentes en el agua, suelo, aire y alimentos. Ya que por este medio se incorpora fácilmente a la cadena alimentaria, al igual debemos de tener en cuenta que es necesario comparar las concentraciones de metales existentes con los límites establecidos por la norma que rige en cada país. Los resultados de las concentraciones de cadmio en suelo obtenidos en este trabajo fueron los siguientes con mayor concentración de 11,88 mg/kg encontramos que está en la profundidad de 30 – 60 cm, la concentración siguiente fue de 11,81 mg/kg en la profundidad de 0 – 30 cm, y la menor concentración fue de 11,76 mg/kg en la profundidad 60 – 90 cm, por lo que se deduce que los valores encontrados están dentro de los límites máximos permisibles que establece la NOM-147-SEMARNAT/SSA1- 2 004 que es de 37 mg/kg de cadmio en suelo.

Guo et al. (2013), en su estudio concentraciones de metales pesados en el suelo y productos agrícolas cerca al sureste de la ciudad de Machong distrito industrial de Dongguan - China, determinaron las concentraciones de cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As) en el suelo y en los productos agrícolas de los campos de hortalizas y bananos. Los resultados

indicaron que con la excepción de zinc (Zn) en una muestra y cadmio (Cd) en cinco muestras, la mayoría de las muestras se enriquecieron notablemente con metales pesados en comparación con los valores de fondo.

Las concentraciones de metales pesados ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suelo seco) en los suelos agrícolas en el área de estudio varió desde 22,2 hasta 93,0 para el cobre (Cu), 31,2 a 213,6 para el zinc (Zn), 47,6 a 133,5 de plomo (Pb), de 0,01 a 0,67 para cadmio (Cd), 0,15 a 0,56 para mercurio (Hg), 20,5 a 28,9 para arsénico (As). Entre estas muestras de suelo, las concentraciones de cobre (Cu), zinc (Zn), cadmio (Cd), mercurio (Hg) en 20,6%, 8,8%, las muestras de suelo 29,4% y 38,2%, respectivamente, superaron las concentraciones máximas permitidas chinos (MAC) para el suelo agrícola. Las concentraciones de zinc (Zn), plomo (Pb) y cadmio (Cd) fueron significativamente mayores en vegetales que en campos de banano.

Cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) se acumulan en la capa superior del suelo de campos de hortalizas, pero sólo plomo (Pb) y mercurio (Hg) acumularon en los campos bananeros. El zinc (Zn), el cadmio (Cd) y el mercurio (Hg) se acumularon más fácilmente en la col de flores que otros vegetales. Cobre (Cu), zinc (Zn) y arsénico (As) más fácilmente en el plátano que la lechuga, la cebolla y la berenjena. Por lo tanto, los hallazgos sugirieron que se debe prestar más atención a la acumulación de metales pesados en el banano. Este estudio presenta una metodología práctica para el rastreo de cultivos con menores factores de concentración biológica de metales pesados para reducir los contaminantes metálicos en la cadena de suministro de alimentos en general.

Cano (2012), en la comunidad de Mixquic, Tláhuac, ubicada al sureste de la ciudad de México reporta que la contaminación con mercurio por la actividad minera, el mercurio es el único elemento metálico líquido a temperatura ambiente que posee brillo parecido a la plata y a 25 °C tiene una densidad de 13,456 g/ml. A 20 °C la presión de vapor es de 0,00212 mm Hg, de tal forma que un recipiente abierto con mercurio metálico y expuesto en un ambiente cerrado, desprende vapor suficiente para saturar la atmósfera y exceder el límite máximo seguro de exposición ocupacional. Esto último se explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos (Gabriel y Williamson, 2004). El mayor contribuyente a que el mercurio circule en el medio ambiente es la naturaleza misma, siendo sus fuentes: la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua (Galán y Romero, 2008). La humanidad vive así en un entorno medioambiental que siempre ha contenido mercurio. No obstante, los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. El mercurio se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente, el pescado) en todo el mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, contribuyendo con un legado de mercurio en vertederos, los desechos de la minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Hasta las regiones donde se registran emisiones mínimas de mercurio, como el Ártico, se han visto afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio. La vía de exposición que más debe preocupar a los mineros es la

inhalación del vapor de mercurio que se libera durante la quema de las amalgamas que a menudo se realiza en presencia de otras personas o incluso en el hogar. Esta situación de exposición a mercurio elemental, conlleva el riesgo de padecer hidrargirismo o mercurialismo, que cursa con alteraciones funcionales expresadas en déficits orgánicos, neurológicos, cognitivos y psicológicos del individuo. Los lugares con altas concentraciones comprobadas de mercurio (zonas mineras críticas), son fuentes importantes de dispersión del mercurio en los sistemas acuáticos y contribuyen a la contaminación por metilmercurio que es mucho más tóxico que el mercurio elemental y las sales inorgánicas. La contaminación alcanza los peces, la fauna y flora silvestres, con los efectos consiguientes en la vida de miles de personas, tanto de las que participan directamente en las actividades mineras como de las que viven en las cercanías. El metilmercurio en los ecosistemas es originado principalmente a partir de la metilación del mercurio inorgánico por bacterias aerobias y anaerobias. En general, todas las formas de mercurio que entran en los sistemas acuáticos pueden convertirse en metilmercurio, el cual puede ser directamente bioacumulado por organismos acuáticos y biomagnificado a través de la cadena alimenticia (Frear y Dills, 1967). Alrededor del 90 % de todo el metilmercurio presente en los alimentos es absorbido a través del sistema digestivo, tanto en el hombre como en los animales. La manifestación clínica de la intoxicación se conoce como “enfermedad de Minamata”, que cursa con daños neurológicos: ataxia, temblor, parestesias, parálisis cerebral, disminución de capacidad visual y auditiva, y alteraciones cardiovasculares, entre otros. Estas manifestaciones pueden aparecer en niños de madres que han estado expuestas a metilmercurio,

particularmente durante la última etapa de la gestación, sin olvidar su gran capacidad teratogénica.

Ramos y Terán (2012), determinaron la concentración de mercurio en tierras de cultivo impactadas por la minería artesanal en el Cerro El Toro, Shiracmaca-Huamachuco, La Libertad - Perú. Para ello se muestreó en tres puntos en tres tiempos diferentes que se analizaron mediante el método de espectrofotometría por absorción atómica. En la determinación de mercurio en tierras de cultivo, en las tres muestras se obtuvo promedios de: M1 (728,511 ppb), M2 (1 013,489 ppb) y M3 (769,511 ppb), presentando todas las muestras concentraciones mayores a los límites críticos permisibles para evitar efectos ecológicos 0,07 - 0,3 mg/Kg (70 – 300 µg/Kg o ppb) de mercurio total en los suelos, según lo señala la evaluación realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2010).

Hernández (2011), en su estudio cuantifico arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), en suelos del municipio de natividad, Ixtlán de Juárez – Oaxaca - Mexico en dos épocas estacionales. Extrayendo estos metales del suelo por medio de una digestión ácida y cuantificándolos mediante ICP-OES (espectrofotometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente); adicionalmente, se realizó la caracterización del suelo para establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la concentración de los metales (mg/Kg de suelo seco), el As y Pb fueron los únicos que superaron los niveles establecidos por la NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004. En las dos épocas estacionales estudiadas se encontraron diferencias significativas en el contenido de metales pesados, observándose mayor concentración en la temporada de secas. A demás de la cuantificación de los metales de interés, el trabajo tuvo como

objetivo determinar los niveles de contaminación existentes que sirvan como base para proponer una alternativa de remediación para la recuperación del sitio.

Calderon y Concha (2009), en el estudio realizado por la Universidad de Piura denominado: Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura - Perú, en el cual se consume productos frutícolas como parte de su dieta diaria; por lo tanto evaluaron de la concentración de algunos metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, etc.) en los frutos de consumo, ya que las plantas son sistemas captadores de estos metales. Las pequeñas cantidades de los metales pesados sobretodo dentro de las plantas, las cuales los absorben vía raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire, agua) pueden ser consideradas como peligrosas. El contenido de metales pesados fue determinado en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Piura, utilizando el método instrumental de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados obtenidos se compararon con los límites máximos permisibles dados por los organismos internacionales. Las muestras analizadas dieron como resultado niveles bajos de concentración de estos metales. Sin embargo menciona que se debe tener en cuenta que cuando se habla de metales pesados las pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas, dada la bioacumulabilidad de los mismos sobre todo si se habla de los metales pesados tóxicos como el plomo, arsénico y cadmio.

El mercurio líquido se transforma en el agua en una serie de compuestos que son altamente tóxicos y que contaminan a los seres que viven en los ríos, como los peces, que luego pueden contaminar a su vez al ser humano (Carrasco y Millán, 2008). Por otro lado, cuando el mercurio se evapora durante el proceso

de refogeo, sus moléculas suspendidas en la atmósfera se precipitan por acción de las lluvias y van a dar a los cursos de agua siguiendo la misma transformación que el mercurio líquido. El uso de lubricantes y combustibles en operaciones mecanizadas, como aquellas en Madre de Dios, con escaso mantenimiento y sin prácticas adecuadas de manipulación y de eliminación ocasionan que estas sustancias químicas se usen en exceso y se derramen en los suelos o en los cursos de agua (Carrasco y Millán, 2008; Pinochet, Aguirre, y Quiroz, 2002). La acción de las lluvias contribuye a que estos contaminantes sean derivados a los ríos. La contaminación de los cursos de agua en el Sur Medio es limitada. Sin embargo, hay zonas como Otoa en donde los quimbaletes están ubicados en la ribera del río y los relaves son arrastrados hacia el río durante los meses de lluvia. Algo similar ocurre en Chala y Atico donde los quimbaletes se ubican a sólo 100 metros del mar. Debido a la falta de agua en el Sur Medio, muchas veces la agricultura se convierte en el medio de transmisión de contaminación hacia el hombre. El caso extremo es el de Caravelí, en el que los quimbaletes se ubican en huertos para poder aprovechar el agua.

Reyes Gil, Bermúdez, De Abreu, Alvarado, y Dominguez (2006), en su estudio Metales pesados en plantas provenientes de áreas afectadas por la minería aurífera en la reserva forestal Imataca, Venezuela, menciona que la Reserva Forestal Imataca ha sido explotada artesanalmente para la extracción de oro de aluvión con la utilización de técnicas agresivas para el ambiente, que incluyen la deforestación de grandes áreas boscosas y el uso de mercurio; por tanto el objetivo del trabajo fue determinar la contaminación por metales pesados en plantas provenientes de esta reserva con el fin de evaluar su potencial para labores de restauración. Se presentan los valores de mercurio, cadmio y plomo

encontrados en hojas de plantas extraídas de áreas de minería aurífera abandonadas que se encuentran en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical que ocupa la reserva. El contenido de metales fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica, el mercurio con la técnica de vapor frío y los contenidos de plomo y cadmio mediante atomización a la llama. La concentración de estos últimos no superó el valor del límite de detección del equipo. La concentración de mercurio en las hojas de las plantas colectadas se encontró entre los 148,0 y 329,0 ppb. Los resultados indican que las mejores especies para la reforestación que iniciarían el proceso sucesional, podrían ser las cyperaceas y gramíneas que además son de fácil localización y práctico manejo.

Appleton et al. (2006), en su trabajo de investigación: Impactos de los residuos mineros contaminados con mercurio en la calidad del suelo, cultivos, bivalvos y peces en la zona del río Naboc, Mindanao, Filipinas. Los arrozales de la zona de Naboc, cerca de Monkayo, en la isla de Mindanao, Filipinas, que fueron regados cuatro veces al año durante la última década utilizando agua del río Naboc contaminada con mercurio (Hg) por la minería artesanal de oro en el área de Diwalwal. Durante los años noventa, se ha depositado en los arrozales arroz silvado que contiene al menos 90 mg Hg/kg (d.w.) y se ha mezclado repetidamente en la zona de la raíz del arroz mediante el arado. El mercurio (Hg) en los suelos de campo de arroz arroja un promedio de 24 mg Hg/kg y generalmente excede los umbrales británicos y canadienses de calidad del suelo para suelos agrícolas, así como el valor de intervención holandesa propuesto y el nivel de detección de suelo (SSL) inorgánico. Las concentraciones de Hg mucho más bajas (0,05-0,99 mg/kg) dentro del rango esperado para los suelos

no contaminados, caracterizan los suelos en los cuales se cultivan el maíz y los bananos, principalmente porque no se riegan con agua contaminada con Hg del río Naboc. La ingesta semanal total estimada de MeHg para una persona que vive en el área de Naboc se relaciona con el consumo semanal de 2,1 kg de arroz cultivado en suelos contaminados con Hg (15 µg MeHg) junto con 1 kg de pescado (220 µg MeHg) y 100 g de mejillones (50 µg MeHg) del Río Naboc, sumaría 285 µg MeHg (equivalente a 4,75 µg/kg pc para un adulto de 60 kg), lo que equivale a casi tres veces el PTFE del JECFA de 1,6 µg/kg pc. Esto contribuirá significativamente a la exposición al mercurio en la población y podría explicar por qué el 38% de los habitantes locales fueron clasificados como Hg intoxicados durante una evaluación de la toxicidad del mercurio (Drasch, Böse-O'Reilly, Beinhoff, Roider, y Maydl, 2001).

Taylor et al. (2005), mostro los resultados de una evaluación ambiental de la contaminación por mercurio (Hg) en la zona artesanal de minería de oro de Rwamagasa, en el noroeste de Tanzania - Africa, y la posible dispersión aguas abajo a lo largo del río Malagarasi hasta el lago Tanganyika. En el momento del muestreo, generalmente se observaron bajas concentraciones de Hg (0,05 mg/kg) en la mayoría de los suelos cultivados, aunque se registró un mayor Hg (0,05-9,2 mg/kg) en suelos urbanos y suelos de hortalizas donde éstos se ven afectados por Hg - agua contaminada y sedimentos derivados de actividades de procesamiento de minerales. Hg en muestras de hortalizas y granos está principalmente por debajo del límite de detección de 0,004 mg/g de Hg, de 0,007 y 0,092 mg/kg de Hg en dos muestras de camote, y de 0,011 a 0,013 mg/kg de Hg en tres muestras de arroz. Las concentraciones de Hg estandarizadas (es decir, normalizadas a 10 cm de longitud) en *Clarias* spp. de 0,01 mg Hg/kg para

el delta del río Malagarasi a 0,07, 0,2 y 1,6 mg/kg, respectivamente, para el “background” de Rwamagasa, moderadamente y más sitios contaminados. Para las especies piscívoras (*Lates*, *Brycinus* e *Hydrocynus* spp.), Especies insectívoras (*Barbus* spp.) y planctónicas (*Haplochromis* spp.), Las concentraciones normalizadas de Hg de 10 cm aumentan de aproximadamente 0,006 mg/kg para el río Malagarasi-Lago Tanganyika a 0,5 y 3,5 mg/kg, respectivamente, para los sitios de Rwamagasa moderadamente y más contaminados. Las bajas concentraciones de Hg en peces del delta del río Malagarasi y el lago Tanganyika indican que el Hg, la contaminación de la zona de Rwamagasa no tiene un impacto fácilmente perceptible en la biota del lago Tanganyika. Muchas de las muestras de peces de Rwamagasa superan las directrices para el consumo humano (0,5 mg/kg), así como las recomendaciones de la OMS. Límite para los grupos vulnerables (0,2 mg/kg). El total de Hg (THg) del tejido de todos los peces recolectados de la sub área del río Malagarasi-Lago Tanganyika está muy por debajo de estas pautas. La exposición humana potencial a través del consumo de 300 g/día de arroz cultivado en suelos contaminados Hg es de 5,5 Ag/semana. El consumo de 250 g de perca de Nilo (*Lates* spp.), 500 g de tilapia (*Oreochromis* spp.) Y 250 g de bagre (*Clarias* spp.) cada semana daría como resultado una ingesta de 65 Ag Hg/semana para las personas que consumen sólo pescado de La mara y Mwanza del Lago Victoria y 116 Ag Hg/semana para las personas en la zona de Rwamagasa que consumen tilapia y perca del Nilo del Lago Victoria y bagres de arroyos afectados por la minería. Esto es más bajo que la Ingesta Semanal Tolerable Provisional (PTWI) de 300 Ag por Hg en la dieta establecida por la OMS y la FAO. La ingesta inadvertida de suelo con 9 mg Hg/kg a una dosis de 80 mg/día daría una ingesta

semanal estimada adicional de 5 Ag THg, mientras que el consumo persistente y deliberado de suelo (geofagia) a una tasa de 26 g suelo/día produciría una exposición química adicional de 230 Ag Hg/día.

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanando como producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas, proceso que continúa en la actualidad. De este modo, el mercurio inicia su ciclo biogeoquímico pasando a la corteza terrestre y, de esta, al aire, el agua y los suelos, para pasar luego a las plantas y a los animales y, por último, al hombre. Posteriormente, el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso en formas sólida, disuelta, absorbida y gaseosa (Gabriel y Williamson, 2004).

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio (Pinochet et al., 2002).

Kuramoto (2001), en el su reporte sobre la Minería Artesanal e Informal en el Perú, concluye que la contaminación de los cursos de agua es más evidente en aquellas zonas donde los depósitos son aluviales, ya que el lavado del mineral requiere de grandes cantidades de agua. En Madre de Dios, el lavado de la grava aurífera a través de las canaletas genera que se aumente la turbulencia de los cauces de ríos. Esta turbidez se debe a la gran cantidad de finos en suspensión que antes de sedimentarse viajan con el cauce durante grandes distancias. El agua turbia impide que los rayos solares lleguen al fondo del río imposibilitando el desarrollo de plancton y otras plantas acuáticas, asimismo dificulta la difusión de moléculas de oxígeno a través de las branquias de los peces. Algo similar ocurre en la zona de Ananea (Puno) al explotar las morrenas. A pesar de que los depósitos aluviales son beneficiados principalmente por métodos gravimétricos,

hay ocasiones en que se utiliza la amalgamación para liberar el oro diseminado contenido en el material fino. La amalgamación y el bateado se realizan a las orillas de los cursos de agua ocasionando pérdidas que terminan por contaminarlos.

## **2.2 Marco referencial**

### **2.2.1 Mercurio**

El mercurio de manera natural en el medio ambiente existe en una gran variedad de formas, al igual que el plomo y el cadmio; el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado. En su forma pura, se lo conoce como mercurio “elemental” o “metálico” (representado también como Hg (0) o Hg<sup>0+</sup>). Rara vez se le encuentra en su forma pura, como metal líquido. Es más común en compuestos y sales inorgánicas. El mercurio puede enlazarse con otros compuestos como mercurio monovalente o divalente (representado como Hg(I) y Hg(II) o Hg<sup>2+</sup>, respectivamente). A partir del Hg(II) se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio. El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente, que normalmente se utiliza en termómetros y en algunos interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, si no está encapsulado, el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio. Los vapores de mercurio son incoloros e inodoros. Cuanta más alta sea la temperatura, más vapores emanarán del mercurio metálico líquido. Algunas personas que han inhalado vapores de mercurio indican haber percibido un sabor metálico en la boca (QUIMICOS-PRODUCTOS, 2005)

### 2.2.2 Mercurio en la naturaleza

El mercurio es parte de la corteza terrestre, ha estado en el planeta tierra desde su formación, siguiendo un ciclo atmosférico natural cuyo equilibrio se ha visto perturbado por las actividades humanas o antropogénicas. Su uso se remonta a los tiempos de Hipócrates 400 a.c, tanto para fines medicinales como de naturaleza productiva, incrementándose a partir de la revolución industrial. Las dos fuentes de contaminación por Hg, pueden ser naturales y por la actividad humana, también conocida como antropogénica, siendo esta última en la actualidad la fuente de contaminación ((Osore, Grández, y Fernández, 2010)

El mercurio existe en diferentes estados de oxidación y puede formar un número variado de compuestos orgánicos.

Sus tres formas primarias conocidas son:

1. Hg elemental o metálico (0+).
2. Compuestos inorgánicos mercuriosos (1+) y mercúricos (2+).
3. Compuestos orgánicos como el alquilo, fenilo, que se unen en enlace covalente a un átomo de Carbono.

Su forma más frecuente en la naturaleza es como cinabrio, mineral compuesto de sulfato mercúrico (HgS). El mercurio asociado al azufre es relativamente estable a los agentes atmosféricos (CO<sub>2</sub> , O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) y difícilmente ingresa las cadenas tróficas alimenticias de manera significativa (Osore et al., 2010).

El mercurio o azogue (Hg<sup>0+</sup>) es un metal líquido blancoplateado, volátil a temperatura ambiente debido a su alta presión de vapor, convirtiéndolo en un contaminante óptimo por su capacidad para generar reacciones químicas en las que pueden participar microorganismos que lo utilizan en sus procesos

energéticos, incorporándolas al medio ambiente en una transición de compuestos inorgánicos a orgánicos (Osore et al., 2010).

Las liberaciones de mercurio en la biosfera pueden agruparse en cuatro categorías:

- ✓ Fuentes naturales. Liberaciones originadas por la movilización natural del mercurio generado de forma natural en la corteza terrestre, por actividad volcánica o por erosión de las rocas;
- ✓ Liberaciones antropógenas. Asociadas con la actividad humana actual debido a la movilización de impurezas de mercurio en materias primas como los combustibles fósiles, en particular el carbón y en menor grado el gas y el petróleo y otros minerales extraídos, tratados y reciclados;
- ✓ Liberaciones antropógenas actuales generadas por el mercurio utilizado intencionalmente en productos y procesos, causadas por liberaciones durante la producción, fugas, eliminación o incineración de productos de desecho u otras liberaciones;
- ✓ Removilización de liberaciones antropógenas pasadas depositadas en suelos, sedimentos, aguas, vertederos y pilas de desechos/residuos (QUIMICOS-PRODUCTOS, 2005).

### **2.2.2.1 Niveles de concentración de mercurio**

La producción mundial de mercurio de la minería y de la fundición, según una estimación de 2 008, fue de 1 320 toneladas por año, e igualmente los niveles locales en agua derivada de minerales de mercurio se encuentra en índices altos superiores a los 80 mg/L; en cuanto a la contaminación atmosférica las

estadísticas indican que la ocasionada por la producción de industrias es inferior en relación a la causada por el agua que procede de las extracciones mineras. El compuesto de mercurio obtenido por el proceso de minería es el sulfuro mercúrico, del cual se deriva el mercurio metálico, por su refinación y calentamiento a más de 500° C que condensan los vapores del mercurio metálico liberados (Rocha, 2016).

Hay estudios recientes que sugieren que el mercurio ocasiona una reducción de la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre en suelos de grandes partes de Europa y posiblemente de muchos otros lugares del mundo con características edafológicas similares. A fin de prevenir los efectos ecológicos del mercurio en suelos orgánico se han establecido límites críticos permisibles de 0,07-0,30 mg/kg de contenido de mercurio total en el suelo (Rocha, 2016).

Los factores que son los que afectan las cantidades de metales absorbidos por las plantas son: la concentración y tipo de metal que se encuentra en la solución del suelo, el transporte desde la superficie de la raíz hasta la raíz misma (a través de la rizosfera) y su translocación de la raíz a los brotes de la planta. La absorción de los metales pesados por la planta puede ser pasiva o activa o la combinación de ambas. La pasiva (no metabólica) involucra difusión de iones de la solución del suelo hacia la endodermis de la raíz. La activa tiene lugar en contra del gradiente de concentración por lo que requiere energía metabólica y puede por lo tanto ser inhibida por toxinas (Rocha, 2016).

### **2.2.3 Bioacumulación y biomagnificación del mercurio**

Un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria. Hasta cierto punto, todas las formas de mercurio pueden llegar a acumularse, pero el metilmercurio se absorbe y acumula más que otras formas. El mercurio inorgánico también puede ser absorbido pero por lo general en menores cantidades y con menor eficiencia que el metilmercurio. La biomagnificación del mercurio es lo que más incide en los efectos para animales y seres humanos. Al parecer, los peces adhieren con fuerza el metilmercurio; casi el 100% del mercurio que se bioacumula en peces depredadores es metilmercurio. La mayor parte del metilmercurio en tejidos de peces forma enlaces covalentes con grupos sulfhidrilo proteínico, con lo que la vida media de eliminación resulta larga (aproximadamente de dos años). Como consecuencia, se genera un enriquecimiento selectivo de metilmercurio (en comparación con el mercurio inorgánico) cuando se pasa de un nivel trófico al siguiente nivel trófico superior (QUIMICOS-PRODUCTOS, 2005).

En comparación con otros compuestos de mercurio, la eliminación del metilmercurio en peces es muy lenta. En concentraciones ambientales constantes, las concentraciones de mercurio en peces de determinada especie tienden a aumentar con la edad, como consecuencia de la lenta eliminación del metilmercurio y una mayor ingesta debido a los desplazamientos en los niveles tróficos que suele haber a medida que el pez va creciendo (come cada vez más peces, y las presas son más grandes). Por eso, es común que los peces más viejos tengan en sus tejidos concentraciones de mercurio más altas que los peces más jóvenes de la misma especie. Las concentraciones más bajas de

mercurio se encuentran en peces pequeños no depredadores y pueden aumentar varias veces conforme se asciende en la cadena alimentaria. Además de la concentración en alimentos, existen otros factores que inciden en la bioacumulación del mercurio. Son de capital importancia los índices de metilación y desmetilación por efecto de las bacterias metiladoras de mercurio (ej., reductores de sulfato). Cuando todos estos factores se combinan, el índice de metilación neta puede influir mucho en la cantidad de metilmercurio que se produce y que puede ser acumulado y retenido por organismos acuáticos. Varios parámetros del entorno acuático inciden en la metilación del mercurio y, por ende, en subbiomagnificación. Aunque en general se sabe mucho sobre la bioacumulación y biomagnificación del mercurio, se trata de un proceso muy complejo en el que participan ciclos biogeoquímicos e interacciones ecológicas complicadas. Por consiguiente, aunque pueda observarse la acumulación/biomagnificación, no es fácil predecir el grado de biomagnificación del mercurio en peces de diferentes sitios (PNUMA, 2010).

En los niveles superiores de la cadena alimentaria acuática se encuentran las especies piscívoras, como los seres humanos, aves marinas, focas y nutrias. Las especies silvestres más grandes (como águilas y focas) se alimentan de peces que también son depredadores, como la trucha y salmón, mientras que las especies piscívoras más pequeñas (como el Martín pescador) tienden a alimentarse de peces forrajes más pequeños. En Wisconsin, en un estudio sobre animales de pelaje, las especies con el nivel de mercurio más alto en tejidos resultaron ser la nutria y el visón, depredadores mamíferos del nivel superior de la cadena alimentaria acuática. Entre las aves depredadoras del nivel superior de la cadena alimentaria acuática están las aves de rapiña como el águila

pescadora y el águila cabeza blanca. Así, pues, el mercurio se transfiere y acumula de uno a otro nivel de la cadena alimentaria (Lippmann, 1998; USEPA, 1997). Las cadenas alimentarias acuáticas suelen tener más niveles que las terrestres, en las que los depredadores de especies silvestres rara vez se alimentan unos de otros y, por lo tanto, la biomagnificación acuática generalmente alcanza valores mayores (QUIMICOS-PRODUCTOS, 2005).

#### **2.2.4 Minería aurífera en Madre de Dios**

La zona aurífera de Madre de Dios comprende las cuencas y las subcuencas de los ríos Madre de Dios, Inambari, Colorado, Tambopata y Malinowski. Los mineros inicialmente explotaban los yacimientos auríferos en suelos aluviales con métodos manuales artesanales, como lampas, canaletas y bateas. Con el transcurrir del tiempo los métodos de extracción del oro se han ido sofisticando, lo que ha permitido incrementar los volúmenes extraídos pero que también ha contribuido a la rápida degradación del medio ambiente debido a la contaminación con mercurio, hidrocarburos y otros desechos, la deforestación masiva, la compactación del suelo, etc. Hoy utilizan equipos pesados como dragas, arrastre y carrancheras; en las terrazas aluviales, luego de talar el bosque, utilizan el método de la “chupadera”, con ayuda en ocasiones de camiones y cargadores frontales o “shute”, de los que se calcula que operan más de 500 (Pautrat, 2001). Aunque se autocalifican como “pequeña minería” o “minería artesanal”, las operaciones mineras en Madre de Dios utilizan grandes inversiones de capital, maquinaria pesada, y remueven enormes volúmenes de tierra y generan alta rentabilidad. Kuramoto (2001), estimaba que 30 000 personas se dedicaban ese año exclusivamente a la minería en el Departamento

de Madre de Dios, pero en años recientes, con el incremento del precio del oro, muchas más personas han emigrado a la zona para dedicarse a esa actividad. La mayoría de los mineros son migrantes de otras regiones del país, principalmente de la zona andina, pero también en los últimos años algunos indígenas amazónicos se han involucrado en la actividad, y según informes de la Dirección Regional de Energía y Minas de Madre de Dios hay 10 comunidades indígenas involucradas en actividades de extracción de oro. Inicialmente la minería se circunscribía a los ríos Madre de Dios, Malinowski medio, y Colorado. Ahora se ha extendido a otras cuencas y a tributarios tanto aguas abajo como aguas arriba, inclusive en las nacientes de los ríos; en los últimos dos años los mineros informales han invadido incluso lugares protegidos. La actividad está virtualmente fuera de control, y se está expandiendo hacia las concesiones castañeras en los ríos Piedras y Pariamanu, a las concesiones madereras y de turismo, centros poblados, y tierras de las comunidades nativas. En apenas tres años se han destruido completamente las cuencas de los ríos Jayave y Guacamayo, y está poniendo en peligro de inundación la carretera interoceánica (De Echave et al., 2009). Sólo entre la cuenca del río Malinowski y la parte baja del río Tambopata se distribuyen 122 concesiones mineras, abarcando 24 500 ha (GOREMAD y IIAP, 2009). El 99% de las operaciones mineras son informales y trabajan mediante la sola presentación de petitorios sin mayor control o regulación por parte del Estado, sin permisos de las autoridades del sector minería, ni menos estudios de impacto ambiental (De Echave et al., 2009), muchos de estos petitorios se superponen con áreas protegidas, con tierras indígenas, y con otras zonas sensibles. De los 1 546 derechos mineros vigentes

al 2 010, sólo 16 contaban con las licencias ambientales establecidas por ley ((Brack Egg, Álvarez, Sotero, y Ipenza Peralta, 2011).

Se calculaba que hasta el 2 009 estas operaciones mineras en Madre de Dios han deforestado unas 18 000 hectáreas de bosque (y se estima que han degradado unas 150 000 ha adicionales); han contaminado con mercurio y otros metales pesados fuentes de agua, ríos, quebradas, cochas y pantanos de palmeras (aguajales), poniendo en riesgo la salud de la fauna y la flora, y de la población humana. Pero el mercurio no es el único contaminante: el Ministerio del Ambiente estima que diariamente llegan a las zonas de minería informal 50 cisternas de combustibles, se usan 175 000 galones de diesel y gasolina, y se derraman aproximadamente 1 500 litros de aceite de las máquinas y embarcaciones. Por otro lado, la acción incontrolada de los mineros informales ha conducido a una situación de virtual ingobernabilidad en la Región, y ha incrementado la conflictividad social de forma alarmante (Brack Egg et al., 2011).

Según el Censo Nacional realizado por el INEI (2007), Madre de Dios es el departamento menos poblado del país, al contar con 109 555 habitantes, representando el 0,4 % de la población nacional. La población urbana representa el 55,0 % y la rural el 45,0 % del total. El 72,0 % de esta población se encuentra en la Provincia de Tambopata. No obstante, con un crecimiento poblacional del 3,4% anual, principalmente debido a la inmigración, tiene una de las tasas más altas de crecimiento del país; aunque en la última década presenta una tendencia decreciente. La proporción de hombres (54 %) es la más elevada del país, debido a la situación de población migrante y a los trabajos más comunes (Brack Egg et al., 2011).

#### **2.2.4.1 Mercurio en Madre de Dios**

La principal fuente de ingreso de Hg hacia las cadenas tróficas alimenticias en la región de Madre de Dios que finalmente debe afectar en su conjunto a la población de esta región es el mercurio metálico o  $HgO^+$  que llega al aire en forma de vapor y que luego precipita, o aquel que es vertido directamente a los suelos y cuerpos de agua, permitiendo la formación de metilmercurio o  $CH_3Hg^+$  (MeHg) un compuesto organometálico de Hg altamente liposoluble y tóxico capaz de circular a través de las membranas celulares y de allí a delicados sistemas enzimáticos de la célula humana misma.

El mercurio metálico o  $HgO^+$ , es producido por el tostamiento del cinambrio o HgS a temperaturas superiores a los 300 grados Celsius.

Esta forma de mercurio metálico o elemental se ha vuelto de uso intensivo en las zonas de minería aurífera de la Amazonía y Madre de Dios en Perú, no es la excepción. Así, en el Perú, “cerca de 1 millón de los 28 millones de peruanos están ligados a la minería artesanal de oro”, mientras que en Madre de Dios unos 50 000 mineros y no menos de 250 000 personas viven del oro extraído informalmente. Tanto adultos de ambos sexos como niños están vinculados directamente al trabajo extractivo en todas sus etapas (Osoreo et al., 2010).

Se estima que la proporción  $HgO^+$  usado/oro producido es igual a 118, por ello al menos 1 g. de mercurio metálico es utilizado para obtener 1 g. de oro. No se sabe con exactitud, pero considerando la producción del oro de la región de Madre de Dios, en promedio aproximadamente unas 10 a 12 toneladas por año de mercurio metálico han sido liberadas al medio ambiente en los últimos años

en esta región, teniendo como destino final la gran cuenca del río Madre de Dios en Perú o Madeiras en Brasil y que finalmente desemboca al río Amazonas (Ososres et al., 2010).

#### **2.2.4.2 Suelo**

Se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

El suelo es un componente esencial de la "Tierra" y "Ecosistemas". Ambos son conceptos más amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además abarca también las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas (Martinez, 2002).

El suelo es un cuerpo natural y dinámico que cambia con el tiempo y el espacio. Es soporte de una gran variedad de organismos, entre ellos la vegetación característica relevante, pues de ella dependen las actividades agrícolas, fuente de alimento para la humanidad. Para su estudio puede considerarse como un sistema abierto que presenta intercambios de materia y energía con el medio, en donde se desarrollan diversos procesos físicos, químicos y biológicos, responsables de su morfología (forma) y propiedades. El suelo está constituido

de tres fases que se corresponden con los estados físicos de la materia, es decir sólida, líquida y gaseosa (Baustista, 1999).

#### **2.2.4.3 Metales pesados en suelos**

El suelo al describirse como un sistema abierto y dinámico, compuesto por tres fases: sólida (orgánica e inorgánica) líquida y gaseosa. La fase sólida está formada principalmente por minerales complejos, óxidos, sales y materia orgánica en diferentes etapas de descomposición. Los espacios libres están ocupados por gases, de diversa composición y en parte por la fase líquida. Esta, también llamada solución del suelo, que está compuesta por iones disueltos procedentes de las otras fases, es la más activa y conforma un subsistema dinámico en el que se llevan a cabo, entre otras, reacciones de formación de complejos solubles, oxidación – reducción, adsorción y precipitación-disolución. Al resultado neto de todas estas reacciones se le puede visualizar como una telaraña de interrelaciones químicas, controladas por flujos variables de materia y energía procedentes de la atmósfera, hidrósfera y biósfera (Baustista, 1999; Gabriel y Williamson, 2004; Galán y Romero, 2008; Marmo, 2003).

En condiciones normales, la mayoría de los compuestos de los metales potencialmente tóxicos se encuentran en cantidades fijadas por consideraciones de orden geológico y en formas químicas muy insolubles, por tanto, no representan un peligro para la biota (Baustista, 1999; Kabala y Singh, 2001; Pinochet et al., 2002; Schoeneberger, Wysocki, Benham, y Broderson, 2002; Schoeneberger, 1998; Zúñiga, 1999).

Cuando se menciona el término metal pesado, algunas personas lo interpretan como elemento tóxico, lo cual es incorrecto, pues no todos los metales pesados

son tóxicos ni todos los elementos tóxicos son metales pesados, por lo que es conveniente aclarar algunos términos. De manera general los elementos se pueden clasificar en metales y no metales, a su vez los metales se separan en transicionales, alcalinos y alcalinoférreos. A menudo encontramos términos como:

- ✓ Metal vestigio. Se refiere a los elementos metálicos que se encuentran en la solución del suelo en concentraciones menores de  $1 \text{ mol/m}^3$ , o a los elementos que tienen concentraciones menores a los  $100 \text{ mg/Kg}$  de la fase sólida del suelo. También pueden llamarse así a los metales de la clase "B" de la tabla periódica. Los metales vestigio no son necesariamente peligrosos, algunos de ellos son esenciales para vegetales y animales.
- ✓ Elementos esenciales. Son aquellos que se requieren para la vida de las plantas, sin ellos no se completa el ciclo vital. Debe considerarse que no todos los elementos esenciales para las plantas lo son también para otros organismos y que hay elementos esenciales para otros organismos pero no lo son para las plantas. Por ejemplo el Br es considerado esencial en algunas algas; el Co es esencial en animales y no en plantas; el Fe es esencia en animales y no en plantas; etc.
- ✓ Elemento traza. No es recomendable utilizar este término pues corresponde a una traducción literal del inglés. En español traza significa guía y en química se utiliza para nombrar a los elementos radiactivos utilizados para conocer la ruta que algún elemento sigue en determinado proceso, por ejemplo  $^{15}\text{N}$  o  $^{14}\text{C}$  que no son metales.

- ✓ Metal pesado. Es utilizado para los metales que y tienen una densidad mayor o igual a 6 g/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Elemento pesado. Es empleado por (Cañizares-Villanueva, 2000; Ferguson, Peterson, y Jeffers, 1989; Galán y Romero, 2008) para referirse a elementos que son tóxicos para los humanos y son ampliamente usados en la industria, son relativamente muy abundantes y ocasionan graves perturbaciones a los ciclos biogeoquímicos (Pb, As, Se, Cd, Hg, Sb, Tl, In, Bi, y Te)
- ✓ Elemento potencialmente tóxico. Es un término general que incluye a todos aquellos elementos (metales pesados, esenciales y vestigios, etc). Que debido a sus características y cantidades pudieran ser tóxicos para la biota (Baustista, 1999; Gabriel y Williamson, 2004).

La toxicidad de los elementos depende en gran medida de la dosis de las que se traten, ya que existen elementos esenciales que en grandes dosis son tóxicos. Otros metales como el platino (Pt), uranio (U), wolframio (W) y oro (Au), que son de los más pesados, no han sido reportados ni como esenciales ni como contaminantes; los más abundantes como el Fe, Mn, Zr, V, no están reportados como tóxicos, pero son esenciales; los muy zootóxicos como el Cd, Hg, Pb son escasos, con excepción del Pb (Baustista, 1999; Gabriel y Williamson, 2004; Millán et al., 2007; Schoeneberger, 1998).

Conociendo el tipo de roca y los minerales que la conforman pueden deducirse los metales pesados que pudieran encontrarse. Por ejemplo, en rocas sedimentarias hay mayores probabilidades de encontrar arsénico (As), mercurio (Hg) y selenio (Se) que en las ígneas; en el granito es más probable encontrar plomo (Pb) y talio (Tl) que en el basalto (Baustista, 1999).

#### **2.2.4.4 Transferencia de mercurio a productos agrícolas**

La distribución de mercurio en los productos agroalimentarios es de especial importancia en un estudio orientado a poner las bases científicas para el desarrollo de estrategias de gestión y restauración sobre situaciones reales. La directa implicación en la cadena alimentaria de tales productos, y la circunstancia de que el Hg es tóxico en concentraciones muy bajas ( $50 \mu\text{g kg}^{-1}$  es la concentración estimada como máxima admisible de Hg en los alimentos de origen vegetal), hacen necesaria la evaluación de la concentración de Hg en los órganos (hojas, frutos...) que pueden emplearse para consumo (Fitter, 1987; Millán et al., 2007).

Para los productos alimenticios se ha aplicado la directiva "WHO-IPCS: Food Additives Series 52. Safety evaluation of certain food additives and contaminants". Según los cálculos efectuados, teniendo en cuenta los niveles máximos de ingesta de mercurio permitidos, y para una persona tipo de 60 kg de peso con una dieta equilibrada, podrían consumirse hasta  $42,6 \mu\text{g/día}$  de Hg total (Barceló y Poschenrieder, 1992; Frear y Dills, 1967; Millán et al., 2007; Stover y Simmonds, 1987).

#### **2.2.4.5 Plátano**

**Origen y Distribución.** Los plátanos y las bananas que conocemos actualmente tuvieron su origen en las regiones del Sudeste de Asia y del Pacífico en cuyos bosques de vegetación natural pueden encontrarse todavía ejemplares ancestrales diploides, no comestibles y con semillas.

Se cree que la distribución de estas bananas comestibles y de los plátanos de cocinar allende Asia fue realizada por el hombre por medio de la propagación vegetativa, produciéndose luego nuevos clones a través de procesos naturales de mutación somática.

Las posibles fechas y rutas seguidas por estas plantas del género *Musa* para su distribución fuera de Asia han sido estudiadas en detalle por (Kennedy, 2009; Purseglove, 1972; Simmonds, 1962). Las bananas pueden haber sido llevadas desde Indonesia a Madagascar a través del Océano Índico hacia el año 500 A.C. y desde allí al África del Este, Zaire y África Occidental. Los plátanos de cocinar se distribuyeron fuera de Asia posteriormente, pero ambos estaban presentes en la costa occidental de África en los siglos XIV \_ XV cuando arribaron por primera vez a dicha costa los navegantes portugueses. La ocurrencia natural de mutaciones somáticas dio lugar a la aparición de un gran número de clones, constituyéndose así en este continente un centro secundario de diversidad. Los portugueses llevaron estas plantas del género *Musa* desde África Occidental a las Islas Canarias y, desde allí en 1516, fueron introducidas en Santo Domingo (República Dominicana). Esta fue la primera de posteriores introducciones en el Caribe y América Central donde se producen en la actualidad la mayoría de las bananas de postre cultivadas para la exportación (Millán et al., 2007).

**Clasificación y taxonomía del plátano.** El nombre del género *Musa* deriva de la palabra árabe mouz. Ya los primeros pobladores de Arabia conocían las bananas como lo demuestra el hecho de que esta planta aparezca en el Corán citada como “Árbol del paraíso”. Linneo realizó la primera clasificación “científica” de las bananas en 1783, dándole el nombre de *Musa sapientum* a todas las bananas de postre caracterizadas por su sabor dulce en la madurez y por ser

consumidas en fresco y otorgándole el nombre de *Musa paradisiaca* al grupo de los plátanos con un elevado contenido de almidón que son consumidos tras un proceso de cocción. Sin embargo se sabe hoy en día que estas dos especies aparentes no son absoluto verdaderas especies sino que ambas hacen referencia a híbridos triploides interespecíficos del grupo AAB muy estrechamente relacionados entre sí. Se trata de nombre de uso general que no pueden ser utilizados para diferenciar las bananas de los plátanos (Millán et al., 2007).

Posteriormente, varios taxónomos utilizaron otros binomios latinos para clasificar las diferentes formas de bananos comestibles que se iban encontrando. Por ejemplo *Musa nana* y *Musa cavendishii* fueron propuestos para el cultivar “Dwarf Cavendish” (“Pequeña enana”), *Musa rubra* para el cultivar “Rojo” y *Musa corniculata* para el cultivar “Horn plantain”. Todos estos nombres son incorrectos y que no se usan en la actualidad, y de hecho muchos de ellos se utilizaron para tipos de bananas que eran simples mutaciones somáticas de otros cultivares más antiguos y estables (Millán et al., 2007).

Todos los taxónomos que han estudiado el banano coinciden en que no pueden asignarse un único nombre científico a todas las bananas comestibles. El binomio latino *M. acuminata* podría aplicarse a los tipos diploide puros (AA), sin semillas y a las formas triploides (AAA) de banana de postre, tales como “Pisang Mas” y “Gran Enana” y, de forma similar, *M. balbisana* podría utilizarse para los tipos diploides puros (BB) y triploides (BBB) de los plátanos de cocinar, tales como “Abuhon” y “Saba”; respectivamente. Sin embargo, los numerosos híbridos existentes no podrían llevar un binomio latino que se correspondiera con una especie debido a su composición mixta y a sus deferencias en ploidia. Por ello,

para evitar confusión, internacionalmente se ha aceptado que todos los cultivares de plátanos y bananas deben ser nombrados con el género *Musa* seguido por un código que indique el grupo genómico y su nivel de diploidía, indicándose a continuación el nombre del subgrupo (cuando este exista) y finalizando con el nombre común del cultivar (Millán et al., 2007).

Algunos ejemplos de esta nomenclatura se enumeran a continuación:

- *Musa* AAA (subgrupo Cavendish) “Gran Enana”
- *Musa* AAB (subgrupo plantain) “Horn”
- *Musa* BBB “Saba”
- *Musa* AB “Ney Poovan”

**Grupo Genómico y Cultivar - Grupo AAB.** Este grupo de híbrido triploide tuvo su origen en la India y en él se han producido una amplia gama de clones y mutaciones somáticas. Dentro de este grupo existen tanto plátanos de cocinar con pulpa feculenta en la madurez que generalmente no son comestibles si la cocción previa, como otros cultivares con frutos dulces consumidos como fruta de postre.

**Subgrupo Plantain - Tipo French plantain.** Existen nueve formas conocidas de French plantain cultivadas en diferentes zonas de la India, África y América Central. Las características morfológicas que distinguen al grupo son la persistencia de la parte masculina de la inflorescencia (raquis, brácteas y flores) (Robinson y Galán, 2012; Kutinyu, Fraiser, Ngezimana, y Mudau, 2014).

**Clones en el Perú.** El Perú, en contraste con sus vecinos, Brasil, Colombia y Ecuador, no es un país importante en cuanto a la exportación de bananos se refiere. Como resultado, los clones peruanos de *Musa* han recibido poca atención a nivel internacional y sus nombres difieren de los nombres de los mismos clones en otros países. Realmente, iguales clones con frecuencia tienen nombre y usos diferentes en el mismo Perú. Sin embargo, como en muchas partes de África, Asia y América, *Musa* desempeña un papel importante en la alimentación de los campesinos y como producto comercial en los mercados internos. Rengifo y Fasanando (1994) contaron 37 clones de *Musa* en las ferias agrícolas en el valle central de Mayo. Esta cantidad fue superada sólo por el género *Capsicum* (42) y por las variedades de frijoles (52) de diferentes géneros. Con excepción de la región costera de Grau (Departamentos de Tumbes y Piura), *Musa* mayoritariamente se produce y se consume en las partes orientales, tropicales de este país, especialmente en los valles de Amazonas, Apurímac, Ene, Huallaga, Marañón, Ucayali y Urubamba y sus afluentes más bajos.

Los nombres locales de los clones peruanos junto con los sinónimos reconocidos regional e internacionalmente de acuerdo a la clasificación de Stover y Simmonds (1987) se presentan en el cuadro 1. El nombre peruano más utilizado se presenta bajo "clon" y los "sinónimos peruanos" se presentan en orden alfabético (Krauss et al., 1999).

Cuadro 1. Clones de Musa Peruanos, sinónimos locales, clasificación genómica y equivalentes internacionales.

CLON	SINONIMOS PERUANOS	SINONIMOS INTERNACIONALES
<b>Tipos AA</b>		
Moquichico	Azucarado, Bizcocho, Bocadillo, Canelita, Ciento, en Boca, Datil, Guineo, Guineo Mequiche, Lady's Finger, Limenillo, Orito, Oro, Ouro, Perita, Platanito de Oro.	Sucrier
<b>Tipos AAA</b>		
<b>Subgrupo Gros Michel</b>		
Seda		Gros Michel
Guayaquil	Seda Guayaquil	Guayaquil (Colombia), Seda Guayaquil (Ecuador)
<b>Subgrupo Cavendish</b>		
Filipino	Congo, Nanicao, Poyo, Valery	Cavendish Gigante
Indio	Enano del País, Viejilla	Cavendish Enano
Montecristo	Lacatán	Lacatán
Gran Enano		Grand Nain
<b>Subgrupo Green-red</b>		
Morado Claro	Guineo Colorado	Green-red
<b>Subgrupo Red</b>		
Morado	Guineo, Guineo Rojo, Indio, Morado Oscuro, Rojo	Red
<b>Subgrupo Lujugira</b>		
Lujugira		Lujugira <sup>1,2</sup>
<b>Non Identificado</b>		
Tosquino		nc <sup>3</sup>
<b>Tipos AAB</b>		
<b>Subgrupo Plantain</b>		
Inguiri	Asapa Plátano, Arcanchaco, Común, Delgado, Dominicó, Largo, Hembra, paisano, Plátano Bueno, Plátano de Freir, Sancochado	Plátano Green French
Provinciano	Manzano, Tosco, Pupasapa	Plátano French (menos manos que Inguiri con frutas más cortas y más llenas)
Bellaco	Barraganete, Cuerno, Hartón, Macho	Hárton (5 – 7 manos)
Bellaco Plátano	Bellaco Plantano, Cuerno	Plátano Cuerno (usualmente 7 manos)
Mameluco	Mamaluca, Mameluca, Bellaco Cachaco	Plátano Cuerno (usualmente 2 manos)
<b>Subgrupo Mysore</b>		
Mysore		Mysore <sup>2</sup>
<b>Subgrupo Mala Maoli</b>		
Palillo	Canela, Capirona, Guayabo, Guayaquil, Maqueño, Rey, Vaporino	Maqueño ecuatoriano?
<b>Subgrupo Silk</b>		

Manzano	Apple, Guineo Manzano, Mansanita, Maca	Manzano
<b>Subgrupo Pome</b>		
Prato de Brazil	Pacovan, Pome	Pome
<b>Tipos ABB</b>		
<b>Subgrupo Bluggoe</b>		
Huaybino Cenizo	Sapino Verde Cenizo	Silver Bluggoe
Pelipita	Colombiano, Filipino	Pelipita
Sapo	Balsino, Burro, Chato, Cuadrado Huyabino, Sapino, Sapote, Sapucho	Bluggoe
Sapo Plátano	Cotoplátano	(Fruta arrugada con líneas negras)
Trujillano	Morocho	Bluggoe
<b>Subgrupo Pisang awak</b>		
Isla	Cuadrado, Manzano	Nk (varios clones)

1 Se sugiere que este clon fue traído a Perú de África Oriental por los portugueses a través de Brasil (Astocaza 1996)

2 Sólo en la región fronteriza con Brasil?

3 nk, desconocido.

Fuente: Krauss et al. (1999).

**Taxonomía y nomenclatura del plátano común o inguri.** De acuerdo a la Clasificación de Musa en el Perú, se considera al Plátano común o Inguiri (plátano para cocinar) pertenece a un Clon triploide de Tipo AAB, del Subgrupo Plantain, Green French el cual es un híbrido de las especies Musa acuminata x Musa balbisiana cuyo nombre científico es el mismo M. acuminata x M. balbisiana (Marín, 2016). *Musa* cultivar AAB (Sub grupo Plantain) sinónimo internacional Green French. (Krauss et al.,1999)

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: *Musa acuminata*

*Musa* AAB (subgrupo Plantain)

Green French

Nombre Común: Inguiri, Plátano Común

**Descripción botánica.** Planta herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5 - 7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas.

**Hojas.** Muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2 - 4 m de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 metro o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

**Tallo.** El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

**Raíces.** Son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. El poder de penetración de la raíz es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Herrera y Colinia, 2011).

El plátano y banano (*Musa* sp.) en el Perú, son cultivos que se caracterizan por ser una valiosa fuente alimenticia para el consumidor y un importante factor de seguridad alimentaria para el productor y su familia, especialmente en la selva, además, genera ingresos permanentes para los agricultores, constituyendo una “caja chica” para financiar otras actividades agrícolas. Se estima en 147 987 el número de familias que dependen directamente e indirectamente de este cultivo

a través a la cadena productiva. El tipo plátano es consumido mayormente cocido o en frituras, en verde o maduro; entre las principales variedades comerciales está el 'Bellaco', 'Bellaco Plátano' 'Inguiri'. El tipo banano es consumido como fruta de mesa, destacando las variedades comerciales 'Seda' (Cavendish, Gros Michell), 'Isla', 'Moquicho o Biscochito' y 'Capirona'. Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y la diferencia es para la comercialización regional, nacional y para exportación. El principal mercado de consumo es el departamento de Lima, que absorbe el 8% de la producción total de la selva y costa norte (Herrera y Colinia, 2011).

### **2.2.5 Estándares de calidad ambiental para mercurio**

En el Perú, hasta la fecha solamente existen Límites Máximos Permisibles (LMPs) y Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para mercurio en efluentes, suelos, aguas superficiales y agua potable. Sin embargo, aún no se ha definido criterios de calidad de aire o contaminación de sedimentos, ni existen lineamientos para una clasificación de un residuo contaminado con mercurio para definir su disposición final (por ejemplo para la evaluación del riesgo de desechos mineros). Según la Política Nacional del Ambiente (Ley N° 28611) (disposiciones transitorias, complementarias y finales): “En tanto no se establezcan en el país, Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, son de uso referencial los establecidos por instituciones de Derecho Internacional Público, como los de la Organización Mundial de la Salud (OMS)”.

### **2.2.5.1. Estándares de calidad ambiental de mercurio en suelos agrícolas**

En la mayoría de los países se han establecido límites de metales pesados en suelos como consecuencia de la normativa necesaria para la aplicación de biosólidos a suelos agrícolas.

En el Perú, El Ministerio del Ambiente aprobó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos (agrícolas, urbanos e industriales) (D.S. N° 002-2013-MINAM). Este documento está basado fundamentalmente en la experiencia extranjera, que ha generado regulaciones principalmente para el uso agrícola de los lodos y sedimentos (Lippmann, 1998; Marmo, 2003; USEPA, 1997).

Los metales pesados contaminantes más comunes, son cromo (Cr), manganeso (Mn), níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), arsénico (As), selenio (Se), molibdeno (Mo), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb). El As y Se se incluyen, por simplicidad o conveniencia, dentro de los metales pesados aun cuando son metaloides o no metales (Brady y Weil, 2002; Connell, 1997). Todos estos elementos son tóxicos, en mayor o menor grado para los seres humanos y otros seres vivos. Cadmio y As, son extremadamente tóxicos, Hg, Pb y Ni son moderadamente tóxicos y Cu, Mn y Zn son menos tóxicos para los mamíferos (Brady y Weil, 2002). Algunos metales pesados son importantes en la nutrición de plantas, animales y humanos a nivel de trazas como zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), y molibdeno (Mo), mientras otros no presentan un efecto nutricional importante (Pb, Cd, Hg), sin embargo, todos pueden causar efectos tóxicos si se encuentran en exceso (NRCS, 2004; Stover y Simmonds, 1987).

Los metales pesados se encuentran naturalmente en el suelo en distintas concentraciones, las que pueden aumentar por efecto de la fertilización química, abonos de origen animal, biosólidos, composts, enmiendas, pesticidas y por deposición atmosférica (Bremer y Ellert, 2004; Cañizares-Villanueva, 2000; Cruz, Barra, del Castillo, y Gutiérrez, 2004; Ferguson et al., 1989; Guerra et al., 2016; Guo et al., 2013). En el Perú, por la producción minera, los elementos con potencial de contaminación ambiental son el arsénico (As), hierro (Fe), molibdeno (Mo), plomo (Pb), zinc (Zn) y mercurio (Hg) (Osoreo et al., 2010; Osoreo et al., 2012; Ramos y Terán, 2012; Taylor et al., 2005). Según la legislación nacional y estándares internacionales los niveles máximos de mercurio en suelos agrícolas son:

Cuadro 2. Límites Máximos Permisibles de mercurio total en suelos agrícolas.

<b>País/Región</b>	<b>Mercurio (mg Hg/kg)</b>
Perú	6,60
Canadá	6,60
US	8,00
Australia	1,00
UE	1 – 1,5
Francia	1,00
Italia	1,00
España	0,30
China (pH<6,5)	0,30
China (6,5<pH<7,5)	0,50

Fuente: (CCE, 1986, 2002; CCME, 1991, 1996, 1997, 2006; Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - D.S. N° 002-2013-MINAM, 2013; GPEMC, 1990; Marmo, 2003; NEPAC, 1995; NRCS, 2004; USEPA, 1997).

### **2.2.5.2 Estándares de calidad ambiental de mercurio en plátano**

A la falta de estándares de calidad ambiental de los niveles de concentración de mercurio en frutas, y en este caso el plátano, se recurrió a fuentes internacionales en cuanto a límites máximos permisibles.

El consumo de alimentos debe suponer recibir nutrientes adecuados, que no deben desarrollar enfermedades transmitidas como consecuencia de consumir alimentos contaminados con sustancias nocivas. Para cumplir con esta expectativa, las frutas y los vegetales deben ser producidos en condiciones que cumplan con la calidad y los criterios pertinentes de seguridad e inocuidad. Dado esto los productores y los gobiernos han respondido en el interés de la protección del consumidor mediante el desarrollo de políticas para fomentar y apoyar el fortalecimiento de la garantía de calidad dentro de la industria de frutas y

verduras. La comunidad internacional ha desarrollado estándares de calidad y, más recientemente, en los aspectos de inocuidad de las frutas y verduras frescas a través de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC). Las normas se han desarrollado para proteger a los consumidores y facilitar el comercio internacional. La Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) ha alentado a los países miembros a basar sus medidas sanitarias y fitosanitarias en las normas internacionales desarrolladas, a fin de garantizar su justificación científica y avanzar en la armonización de normas sanitarias y fitosanitarias. Según la Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and vegetables of the European Union (AIJN, 1996) y Codex Alimentarius Commission (FAO/WHO, 2011); Los niveles máximos de mercurio en pulpas de fruta son:

Cuadro 3. Límites Máximos Permisibles de mercurio en pulpas de frutas.

<b>País/Región</b>	<b>Mercurio (mg Hg/kg)</b>
Brasil	0,01
Unión Europea	0,01
Rusia	0,02

Fuente: (AIJN, 1996; FAO/WHO, 2011).

### 2.3 Conceptos fundamentales

**Bioacumulación.** Proceso de bioacumulación, se refiere al incremento de la concentración de mercurio en los tejidos (Ortega Pereira, 2015).

**Biomagnificación.** El proceso de biomagnificación del mercurio predice un incremento en la concentración en los tejidos de especies de un mismo nivel trófico al siguiente superior (Escobar, 2011; Frías-Espericueta et al., 2011; Guerra et al., 2016).

**Contaminación.** Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes físicos y químicos (Ministerio de salud Perú 2009) (Douglas, 1991; Osorio et al., 2012).

**Clon.** Un grupo de células o individuos genéticamente idénticos. Coloquialmente un individuo formado por algún proceso asexual (de modo que es genéticamente igual a la fuente de la que deriva). En Biología Molecular se llama *clonar* a la incorporación de un segmento de DNA (exógeno) en otra molécula de DNA denominada *vector* que se introduce en una célula (o bacteria) y es capaz de replicarse y producir un número indefinido de copias. (Glosario de Genética) (Eguiluz, 1988).

**Cultivar.** Término empleado en agronomía para designar a aquellas poblaciones de plantas cultivadas que son genéticamente homogéneas y comparten características de relevancia agrícola que permiten distinguir claramente a la población de las demás poblaciones de la especie y traspasan estas características de generación en generación (Eguiluz, 1988).

**Diploidia.** Condición en que cada cromosoma existe en pares. Así cada cromosoma presenta un homólogo. Los cromosomas homólogos presentan igual longitud, posición de centrómero y secuencia de genes. Los genes presentes en cromosomas homólogos codifican para la misma característica pero no necesariamente con igual modalidad. En este último caso se tienen alelos. Ej. Aa representa alelos y cada uno está presente en un homólogo. (Glosario de Genética) (Eguiluz, 1988).

**Estándar de calidad ambiental.** El Estándar de Calidad Ambiental ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005).

**Genoma.** Contenido total de material genético de una célula u organismo. Incluye el material genético nuclear y citoplasmático. Por ejemplo, el tamaño del genoma haploide de una célula de cebada es  $5,3 \times 10^9$  pares de bases y el tamaño del genoma humano es  $3,5 \times 10^9$  pares de bases (Glosario de Genética) (Eguiluz, 1988).

**Híbrido.** Genotipo producido por el cruzamiento entre un homocigoto dominante con un homocigoto recesivo. Ejemplo: Pp es híbrido, producido por PP x pp. (Glosario de Genética). El término híbrido hace referencia a todo aquello que sea el resultado de la mezcla de dos o más elementos de diferente naturaleza o tipo. El híbrido es entendido entonces como algo que no es puramente ninguno de las partes que lo compuso si no que toma elementos de todas ellas para convertirse en algo nuevo. Casualmente el concepto de híbrido o hibridación (el proceso mediante el cual se genera un híbrido) es de uso común tanto para cuestiones que tienen que ver con la naturaleza, la biología, como también para aquellas que se relacionan con la tecnología (Eguiluz, 1988).

**Límite máximo permisible.** El Límite Máximo Permissible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005).

**Mercurio.** El Mercurio es un metal pesado ampliamente utilizado por el hombre. Se considera tóxico por generar afecciones sobre el sistema nervioso central, perturbaciones en el comportamiento y trastornos renales, inmunes y sexuales, entre otros (Morales, 2012).

**Metal pesado.** Es utilizado para los metales que y tienen una densidad mayor o igual a  $6 \text{ g/cm}^3$  (Baustista, 1999).

**Triploide.** Es la presencia de una dotación cromosómica de  $3n$  cromosomas, frente a los  $2n$  normales de las células diploides. Se produce por la falta de disyunción en la formación de uno de los gametos de los padres, de modo que uno de los gametos de estos tendrá carga doble en el gameto que aporte (Glosario de Genética) (Eguiluz, 1988).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó en predios agrícolas que se encontraron cercanas y dentro de concesiones mineras auríferas, estas son chacras productoras de plátano Inguíri (*Musa* cultivar AAB – Sub grupo Plantain) tomados en 3 sectores; Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia (figura 2, 3 y 4), del departamento de Madre de Dios que se encuentran ubicadas al sur del oriente peruano.

Las muestras se ubican políticamente en:

1. Sector: Sarayacu (Predio de Amandina Olave Mora)  
Superpone Concesión Minera “LUIGE” de 200 hectáreas  
Área donde se realizó minería hace 3 años  
Distrito: Inambari Provincia: Tambopata  
Departamento: Madre de Dios
2. Sector: Punkiri Chico (Predio de Bernardino Tueros Arroyo)  
Superpone Concesión Minera “ALVARO UNO” de 100 hectáreas  
Área donde se realizó actividad minera hace más de 3 años  
Distrito: Madre de Dios Provincia: Manu  
Departamento: Madre de Dios
3. Sector: Iberia (Predio de Daniel Grifa Canario)  
Superpone Concesión Minera “IBERIANO” 100 de hectáreas  
Área donde no se realizó actividad minera  
Distrito: Iberia Provincia: Tahuamanu  
Departamento: Madre de Dios

Geográficamente según coordenadas UTM – WGS84 de las muestras por sector:

Cuadro 4. Coordenadas UTM - WGS 1 984 de los puntos de extracción de muestras de *Musa cultivar* AAB para determinar concentración de Hg.

Muestra	X (Este)	Y (Norte)	Sector	Altitud (m.s.n.m)
PLASA101	387865	8584011	Sarayacu	251
PLASA102	387874	8583971	Sarayacu	251
PLASA103	387925	8583974	Sarayacu	251
PLASA104	387923	8583964	Sarayacu	250
PLAPU101	351694	8574563	Punkiri Chico	312
PLAPU102	351669	8574622	Punkiri Chico	312
PLAPU103	351791	8574580	Punkiri Chico	311
PLAPU104	351710	8574599	Punkiri Chico	312
PLAIB101	445090	8737518	Iberia	266
PLAIB102	445093	8737507	Iberia	267
PLAIB103	444563	8736988	Iberia	266
PLAIB104	444557	8736988	Iberia	265

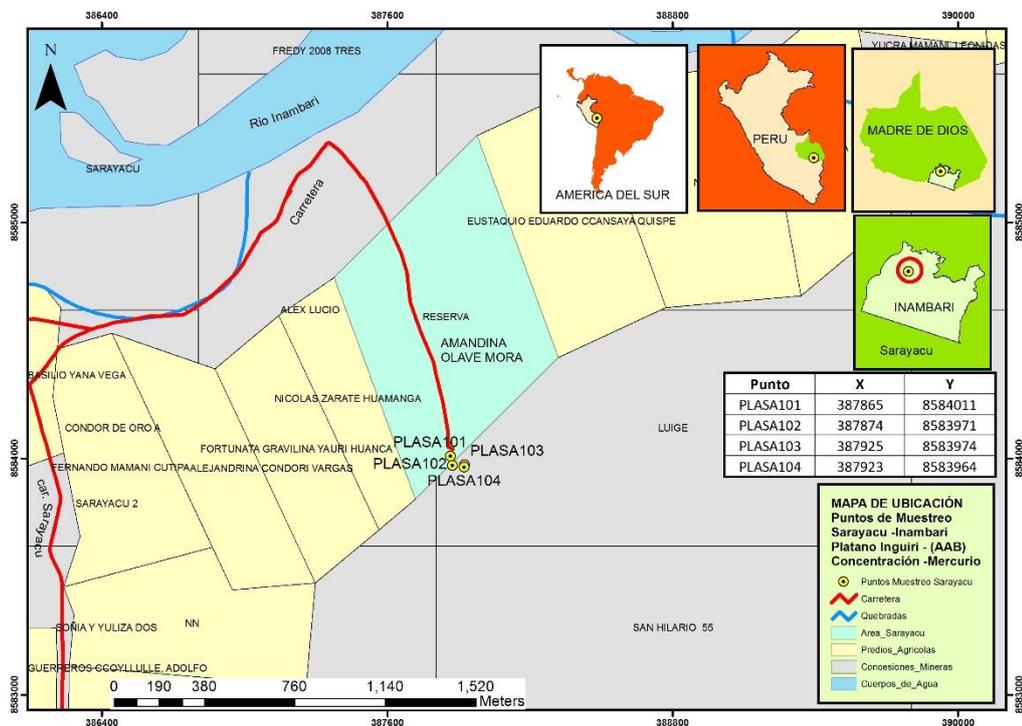


Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo de *Musa cultivar* AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Sarayacu, Tambopata, Madre de Dios – Perú.

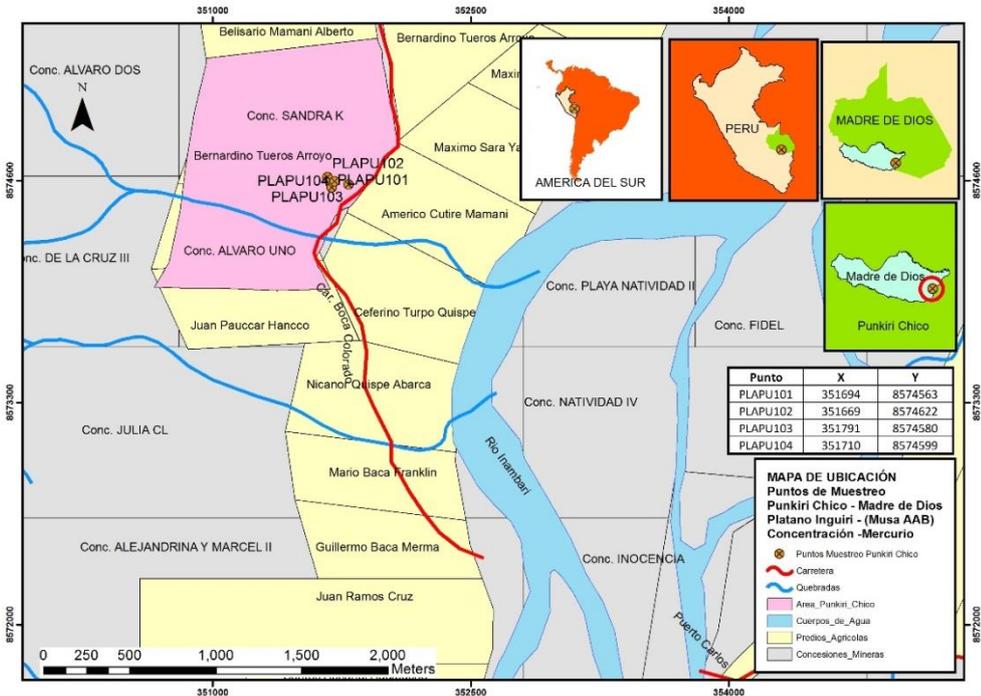


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Punkiri Chico, Manu, Madre de Dios – Perú.

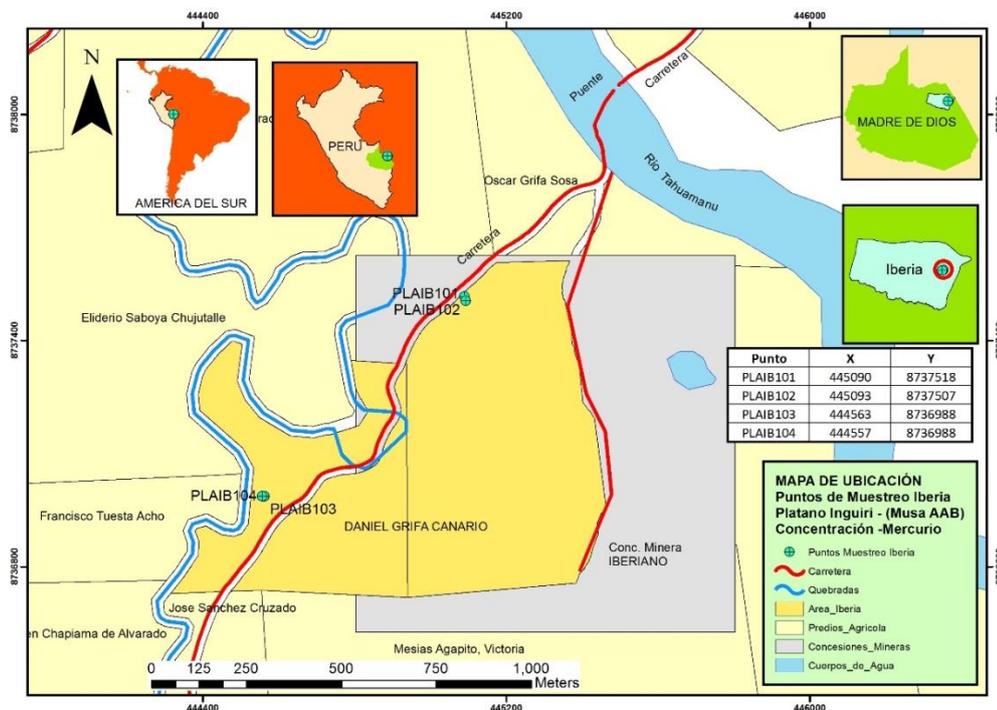


Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Iberia, Tahuamanu, Madre de Dios – Perú.

### **3.2 Tipo y diseño de investigación**

La investigación es de tipo Correlacional, ya que se tratara de ver la relación entre la contaminación por Mercurio con las variables suelo de predio agrícola y fruto de Plátano *Musa* cultivar AAB – Sub grupo Plantain a través de un diseño no probabilístico. Los procedimientos no paramétricos prueban diferentes hipótesis acerca de la población (Castro, 2003; Hernández, Fernández, y Baptista, 2010).

El diseño será no experimental ya que se tomará zonas agrícolas de localidades donde no se ha trabajado minería como es el caso de Iberia en la provincia de Tahuamanu y de los sectores de Sarayacu y Punquiri Chico donde existen predios agrícolas comprobados en zona minera del departamento de Madre de Dios (Castro, 2003; Hernández et al., 2010).

La investigación es transaccional o transversal ya que se recolectara datos en un momento único, describe variables en ese mismo momento o en un momento dado. Su propósito es describir variables y analizar su influencia e interrelación en un momento dado (Castro, 2003; Hernández et al., 2010).

### **3.3 Población**

La Población de estudio lo constituyen los predios agrícolas de los Sectores de Sarayacu, Punquiri Chico e Iberia del Departamento de Madre de Dios en los que se cultivan el plátano *Musa* cultivar AAB – Sub grupo Platatin (Castro, 2003; Hernández et al., 2010).

### **3.4 Muestra**

El muestreo será tipo no probabilístico por conveniencia (Casal y Mateu, 2003; Cohen et al., 2003; Hernández et al., 2010; Runte-Geidel, 2015) seleccionados en función de las áreas donde se ha trabajado minería aurífera aluvial y actualmente se trabaja agricultura, su accesibilidad y criterio de investigadores en el tema (Moreno, 2010; Pérez-Martínez y Martín-Romero, 2015). Para ello se utilizó el Catastro Agrícola del Ministerio de Agricultura y el Catastro Minero actualizado. En la que se considerarán las áreas agrícolas de cultivo de plátano común o Inguiri cercanas a las zonas mineras de los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia.

### **3.5 Método**

Con el propósito de abarcar un área significativa de áreas agrícolas de cultivo de plátano *Musa* cultivar AAB – Sub grupo Platain (común o Inguiri) cercanas a las zonas mineras, se consideró tres (03) sectores de muestreo; Sarayacu., Punkiri Chico e Iberia, las que se detallan en el cuadro 4. Se tomó como referencia los estudios de (Moreno, 2010; Pérez-Martínez y Martín-Romero, 2015), el protocolo Nacional Guía para Muestreo de Suelos, en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM (Ministerio del Ambiente, 2014), y especificaciones técnicas del Laboratorio de Análisis CERPER – Certificaciones del Perú, que recomienda que la muestra de plátano por parcela sea de un kilogramo.

Para permitir el aseguramiento y control de la calidad del monitoreo, tanto el análisis de mercurio en suelos agrícolas y cultivos de plátano, se llevó a cabo en

el Laboratorio CERPER, acreditado por INDECOPI y siguiendo la correspondiente analítica. Los trabajos de recolección de muestras se realizaron entre 3 y 4 personas, además, en cada sector de muestreo se realizaron las siguientes acciones: Ubicación de cada sector de muestreo con coordenadas UTM, altitud, empleando un GPS Garmin e-trex (Sistema WGS).

### 3.5.1 Técnicas de recopilación de datos

Las muestras obtenidas de campo fueron obtenidas en los meses de diciembre del año 2 015 y febrero del año 2 016. La recopilación de datos correspondió a la unidad de análisis de muestreo en los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia.

Para hallar la muestra se tomó por conveniencia, áreas donde se ha trabajado minería aluvial y se trabaja agricultura. Las zonas son tomadas por inclusión son:

Muestras de Plátano *Musa* cultivar AAB – Sub grupo Plantain:

- ✓ Sarayacu : 4 Muestras (1 kg cada una)
- ✓ Punquiri Chico : 4 Muestras (1 kg cada una)
- ✓ Iberia : 4 Muestras (1 kg cada una)

Muestras de suelo con cultivos de Plátano *Musa* cultivar AAB – Sub grupo Plantain:

- ✓ Sarayacu : 2 Muestras (0,5 kg cada una)
- ✓ Punquiri Chico : 2 Muestras (0,5 kg cada una)
- ✓ Iberia : 2 Muestras (0,5 kg cada una)

Posteriormente, las muestras de suelos y plátano fueron enviadas al Laboratorio CERPER - Certificaciones del Perú, en la ciudad de Lima para su análisis correspondiente.

### 3.5.2 Muestreo de suelo

Para la toma de muestras superficiales (hasta una profundidad de aproximadamente 0,30 cm) se aplicó sondeos manuales. Este sistema es relativamente fácil y rápido de usar, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, será necesario obtener muestras compuestas de varios sondeos. Otras técnicas alternativas para la toma de muestras superficiales pueden ser hoyos o zanjas.

En este tipo de muestras se tomaron muestras compuestas. La toma de muestras superficiales no es aplicable para la determinación de sustancias orgánica volátiles. Grandes volúmenes de muestras (p.e. extraído de zanjas) requieren someterlas a partición, para reducirlas y obtener una muestra compuesta representativa. Para esto se recomienda cuartear la muestra mezclada y repetir el proceso hasta que llegue a la cantidad de material necesario (Ministerio del Ambiente, 2014).

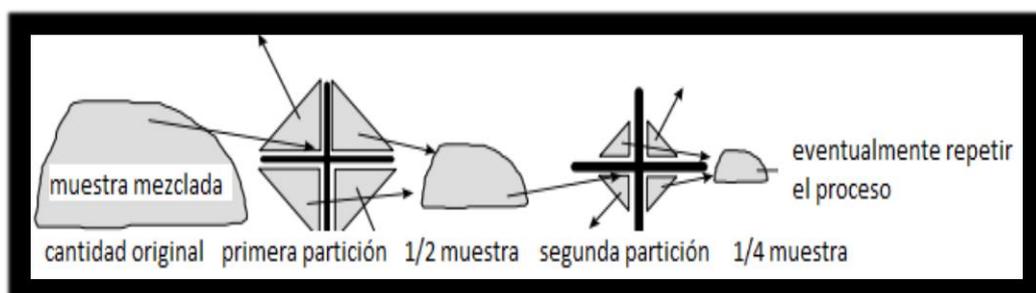


Figura 4. Método para obtener muestra de suelo.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2 014).

Para nuestro caso, se hizo la toma de muestras superficiales y estaba compuesta para la evaluación de riesgos a la salud humana (p.e. cuando se tiene un contacto directo) o para la flora y fauna. En estos casos se recomienda un muestreo bidimensional, es decir, la toma de sub-muestras (10 – 25 unidades) en un área y una capa determinada y unir las sub-muestras individuales en una muestra compuesta (Ministerio del Ambiente, 2014).

El espesor de las capas con respecto al uso del suelo se indica en el cuadro 5, donde se utilizara una profundidad de 0.30 cm por ser suelo agrícola luego de limpiar la zona de hojarasca y ramas caídas en 1 metro cuadrado de superficie.

Cuadro 5. Profundidad del muestreo según el uso del suelo.

USOS DEL SUELO	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

Fuente: Tomado y adaptado de LfU-Merkblatt 3.8/4:2 010, Alemania. (1) Profundidad de aradura, (2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes, y (3) Profundidad máxima alcanzable por niños.

De acuerdo a los parámetros a analizar se seleccionó el material del instrumento muestreador, recomendándose el uso de acero inoxidable o plástico, evitando el empleo de elementos cromados, pintados o con otro tratamiento de superficie.

Se limpió cuidadosamente el área a muestrear de cualquier desecho o escombros superficial (ramas, piedras, residuos, etc.). Asimismo, se quitó los primeros cm en un área de 15 cm de radio (Ministerio del Ambiente, 2014).

### **3.5.3 Muestreo de plátano *Musa cultivar AAB* - Sub grupo Plantain**

El muestreo de cultivos de *Musa cultivar* Tipo AAB – Sub grupo Plantain se centró en el fruto del plátano. Las muestras se obtuvieron de tres individuos en una muestra compuesta, distribuidos al azar por la parcela de cultivo, de cuya misma parcela se obtuvo las muestras de suelo (cada una de las parcelas), las mismas que se etiquetaron y rotularon respectivamente. La muestra de plátano por parcela fue de un kilogramo, enviados debidamente limpias, en bolsas herméticas de primer uso y rotuladas (de acuerdo a las consideraciones que especifica el Laboratorio de Análisis CERPER – Certificaciones del Perú).

### **3.5.4 Análisis de muestras de suelo y plátano**

Las muestras de suelos y plátano obtenidos de los sectores de muestreo fueron enviadas al Laboratorio CERPER - Certificaciones del Perú, en la ciudad de Lima, para su análisis correspondiente. Los resultados en cuanto al análisis se presentan en el anexo 2 y 3.

### **3.5.5 Identificación de las variables e indicadores de estudio**

#### Variable Independiente

Concentración de Mercurio en suelo.

#### Variabes Dependiente

Contaminación de mercurio en plátano *Musa cultivar AAb* – Sub grupo Plantain.  
(Común o Inguiri).

## Indicadores:

### **Niveles de concentración de Mercurio:**

- Partículas por millón de mercurio en suelo y plátano.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA)
- Límites Máximos Permisibles (LMP)
- Estándares de la Agencia de Protección Medioambiental Americano para el Consumo Humano (EPA)

### **3.6 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva y no paramétrica, el cual se calculó a través de la prueba de Kruskal-Wallis para más de dos variables independientes (Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías) (Berlanga-Silvente y Rubio-Hurtado, 2012; Kruskal y Wallis, 1952, 1953; Siegel y Castellan, 1988), este método no asume normalidad en los datos, toma muestras menores a 30 ( $n < 30$ ), y no necesita datos homocedasticidad, para ello se aplicó el paquete estadístico SPSS.

Para la primera y segunda hipótesis sobre la existencia de altos niveles de concentración de Mercurio en los suelos y Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia – Madre de Dios, se aplicó la estadística descriptiva y la prueba de Kruskal-Wallis (nivel de significación, zona de rechazo, aplicación de la prueba estadística), (Berlanga-

Silvente y Rubio-Hurtado, 2012; Kruskal y Wallis, 1952, 1953; Siegel y Castellan, 1988).

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad (1)$$

Se halla H, el estadístico de prueba de Kruskal Wallis, que está distribuida como una Ji-Cuadrado con  $g=k-1$ , que viene determinada de la siguiente manera, donde:

k = número de muestras.

$n_j$  = número de casos en la muestra de orden j.

N= número de casos de todas las muestras combinadas.

$R_j$  = suma de rangos en la muestra de orden j.

Respecto a la tercera hipótesis, sobre la comparación de los niveles de Mercurio encontrados en suelos y el fruto del Plátano *Musa* cultivar AAB, sub grupo Plantain (común o inguiri) sobrepasan los Estándares Nacionales (*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - D.S. N° 002-2013-MINAM, 2013*) e Internacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles (Agencia de Protección Medioambiental Americano para el Consumo Humano – EPA, Asociación de la Industria de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Unión Europea – AIJN, y la Comisión del Codex Alimentarius – FAO/WHO) (AIJN, 1996; FAO/WHO, 2011), se aplicó la estadística descriptiva para comparar los valores con los resultados emitidos por el Laboratorio CERPER – Certificaciones del Perú.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Niveles de concentración de mercurio de suelos agrícolas de cultivo *Musa cultivar AAB*, sub grupo Plantain.

#### 4.1.1 Concentración de mercurio

Según el cuadro 6, no se registraron diferencias estadísticas en cuanto a concentración de mercurio en suelos agrícolas de *Musa cultivar AAB* entre los tres (3) sectores de muestreo, debería aceptarse la hipótesis nula de igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg), sin embargo, no se podría tomar esa posición debido a que los resultados de concentración de mercurio (mg/kg) en los tres (3) sectores fueron reportados por debajo de los límites detectables según el laboratorio CERPER (< 0,10 mg/kg), razón por la que no podríamos afirmar, si existen o no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sectores muestreados.

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de concentración de Mercurio en suelos agrícolas de cultivo de *Musa cultivar AAB*, sub grupo Plantain en los tres (3) sectores de muestreo.

Resúmenes de casos		Concentración (mg Hg/kg)	N	ECA (mg Hg/kg)	USEPA (mg Hg/kg)
Sector	Sarayacu	1	ND (<0,10)	6,60	8,00
		2	ND (<0,10)		
	Punkiri Chico	1	ND (<0,10)		
		2	ND (<0,10)		
	Iberia	1	ND (<0,10)		
		2	ND (<0,10)		
<b>Total</b>			<b>6</b>		

ND= No detectable  
LD= Limite de detección (0,10 mg/kg)

Los resultados obtenidos, al ser comparados con los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) (D.S. N° 002-2013-MINAM), y la Agencia de Protección Medioambiental Americano para el Consumo Humano (EPA) (USEPA, 1997), determinan que para poder considerar un suelo agrícola contaminado este debería presentar valores superiores a 6,60 y 8,00 mg Hg/kg, lo cual no sucedió en el presente estudio (cuadro 6 y figura 5), reportándose en los tres (3) sectores muestreados, valores inferiores a 0,10 mg Hg/kg.

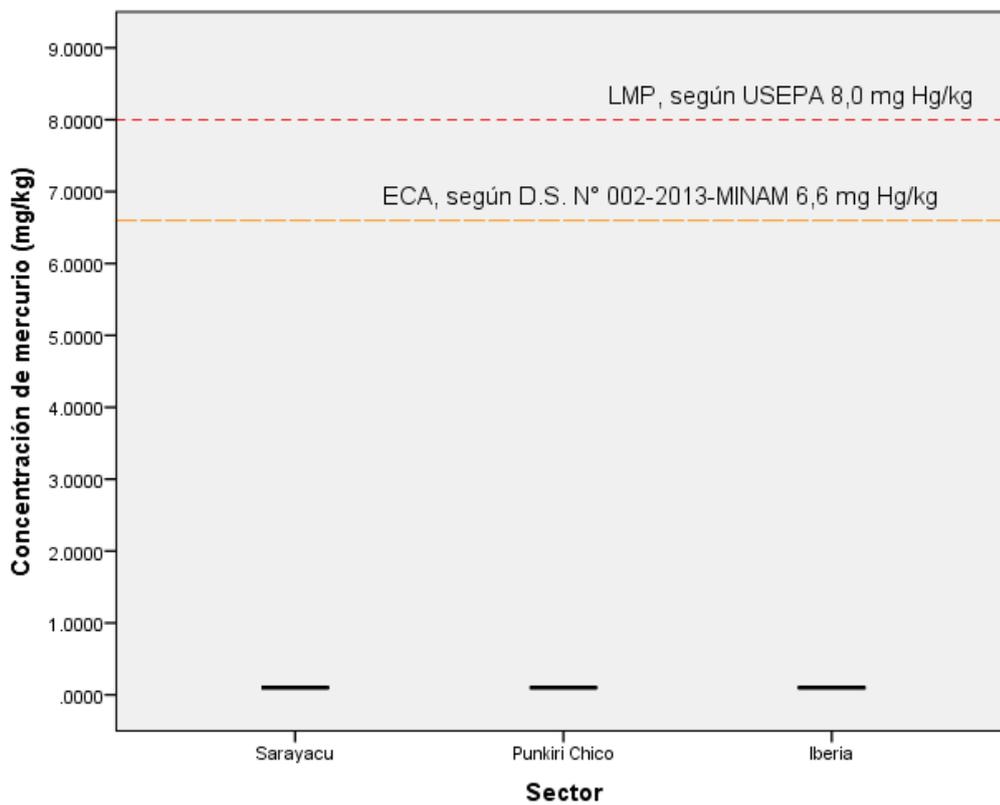


Figura 5. Concentración promedio de mercurio (mg/kg) en suelos agrícolas de *Musa cultivar AAB* en los tres (3) sectores de muestreo.

Fuente: Límite Máximo Permisible (LMP) según la US Environmental Protection Agency (USEPA) (1997) y Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Asimismo, comparado con otros estándares internacionales como las directrices Canadienses sobre calidad para suelos agrícolas (6,6 mg Hg/kg) (CCME, 1991, 1996, 1997, 2006), Australia (1,0 mg Hg/kg), Francia (1,0 mg Hg/kg), Italia (1,0 mg Hg/kg), y España (0,30 mg Hg/Kg) (CCE, 1986, 2002), este último con mayores restricciones, no superan estos valores.

Los resultados de concentración de mercurio (Hg) en suelos agrícolas en los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia, aun cuando esta última no se encuentra en zonas aledañas o abandonadas por la actividad de la minería aurífera aluvial, se asemejan a estudios desarrollado por Taylor et al. (2005), donde muestra resultados de una evaluación ambiental de la contaminación por mercurio (Hg) en la zona artesanal de minería de oro de Rwamagasa, en el noroeste de Tanzania, y la posible dispersión aguas abajo a lo largo del río Malagarasi hasta el lago Tanganyika, reportando bajas concentraciones de mercurio (Hg) (0,05 mg/kg) en la mayoría de los suelos cultivados, aunque se registró un mayor mercurio (Hg) (0,05-9,2 mg/kg) en suelos urbanos y suelos de hortalizas donde éstos se ven afectados por mercurio (Hg) - agua contaminada y sedimentos derivados de actividades de procesamiento de minerales. Del mismo modo Appleton et al. (2006), determina los impactos de los residuos mineros contaminados con mercurio en la calidad del suelo de la zona del río Naboc, Mindanao, Filipinas. Los arrozales que no estuvieron expuestos regados con aguas contaminadas presentaron niveles de concentración de mercurio (Hg) bajas (0,05-0,99 mg/kg), valores dentro del rango esperado para los suelos no contaminados, y que caracterizan los suelos en los cuales se cultivan el maíz y los bananos, para nuestro caso 0,10 mg Hg/kg.

Los sectores de estudio; Sarayacu y Punkiri Chico se encuentran en zonas aledañas o abandonadas por la actividad de la minería aurífera aluvial, sin embargo, los valores de mercurio (Hg) fueron reportados por debajo de los límites detectables ( $< 0,10 \text{ mg/kg}$ ), los resultados no concuerdan por lo propuesto por Rocha (2016), donde determinó los niveles de mercurio en suelo en San Martín de Loba, sur de Bolívar – Colombia, mostró un promedio de Hg-t fue de  $3,30 \text{ } \mu\text{g/g}$ , superior al estándar del Reino Unido (para parcelas y jardines se tiene un límite de  $1 \text{ mg/kg}$  basado en efectos adversos a la salud humana), y por lo tanto pueden existir efectos adversos a la salud humana por contaminación del suelo por mercurio. Del mismo modo Guo et al. (2013), reportaron concentraciones de metales pesados en el suelo y productos agrícolas cerca al distrito industrial en la ciudad Dongguan, que indicaron que con la excepción de zinc (Zn) en una muestra y cadmio (Cd) en cinco muestras, la mayoría de las muestras se enriquecieron notablemente con metales pesados en comparación con los valores de fondo. La concentración de mercurio (Hg) ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suelo seco) en los suelos agrícolas en el área de estudio varió de 0,15 a 0,56, y superaron las concentraciones máximas permitidas chinos (MAC) para el suelo agrícola ( $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para  $\text{pH}<6,5$ , y  $0,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para  $6,5<\text{pH}<7,5$ ) (GPEMC, 1990; NEPAC, 1995). Appleton et al. (2006), en su trabajo “Impactos de los residuos mineros contaminados con mercurio en la calidad del suelo, cultivos, bivalvos y peces en la zona del río Naboc, Mindanao, Filipinas” evaluó zonas de cultivo que fueron regados cuatro veces al año durante la última década utilizando agua del río Naboc contaminada con mercurio (Hg) por la minería artesanal de oro en el área de Diwalwal. El mercurio (Hg) en los suelos de campo de arroz arrojó un valor promedio de  $24 \text{ mg Hg/kg}$ , valor que excede los umbrales británicos y

canadienses de calidad para suelos agrícolas, y el rango esperado para suelos no contaminados (suelos en los cuales se cultivan el maíz y los bananos), donde la concentración de mercurio (Hg) son mucha más bajas (0,05-0,99 mg/kg). Por otro lado Ramos y Terán (2012), reportaron concentración de mercurio en tierras de cultivo impactadas por la minería artesanal en el Cerro El Toro, Shiracmaca-Huamachuco, La Libertad, las muestras obtuvo promedios de: 728,511 ppb (M1), 1013,489 ppb (M2) y 769,511 ppb (M3), todas mayores a los límites críticos permisibles para evitar efectos ecológicos 0,07 - 0,3 mg/Kg (70 – 300 µg/Kg o ppb) de mercurio total en los suelos, según lo señala la evaluación realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2010).

En cuanto a la movilización de los metales pesados en el ambiente, suelo y en organismos, es una condicionante hacia otros organismos en la cadena trófica, su potencial tóxico y sus efectos (Galán y Romero, 2008) que depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, carbonatos, minerales de la arcilla, etc. (Fitter, 1987).

En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes inferiores en muy pequeñas cantidades. Por eso la presencia de altas concentraciones en el horizonte superior decrece drásticamente en profundidad cuando la contaminación es antrópica. Esto sucede precisamente porque la disponibilidad de un elemento depende también de las características del suelo en donde se encuentra. Los parámetros geoedáficos llegan a ser esenciales para valorar la sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes. El estudio presenta las siguientes características: *pH*. Uno de los factores más

importantes que influyen en la movilidad y estabilidad del mercurio (Hg) y la mayoría de los metales es el pH ácido, excepto arsénico (As), molibdeno (Mo), selenio (Se) y cromo (Cr) directa o indirectamente, el cual podría afectar varios mecanismos de la retención del metal por el suelo (Barceló y Poschenrieder, 1992; Méndez et al., 2009), considerando que es un parámetro muy importante que tiene influencia en los procesos sorción - desorción, precipitación y disolución, la formación de complejos y reacciones de óxido-reducción (Gabriel y Williamson, 2004; Kabala y Singh, 2001). Los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia presentan valores pH de 5,0, 5,1 y 4,2 (anexo 1), de ello podemos deducir que a medida que aumenta el pH las formas predominantes son hidrolizadas. Sin embargo puede darse en casos de suelos con calizas y margas a las que se añade  $\text{HgCl}_2$ , la reducción de las sales de Hg y  $\text{Hg}^0$  aumenta, la que genera pérdidas de mercurio por volatilización cuando el pH sube de 5,3 a 6,4 (Frear y Dills, 1967).

*Conductividad eléctrica y salinidad.* Respecto a su conductividad no se considera muy relevante al ser valores menores a 2 dS/m (Sarayacu= 0,50, Punkiri Chico= 0,32 e Iberia= 0,75) (anexo 1), por lo que no existe riesgo de toxicidad de las plantas por salinidad, se considera suelos normales (0 a 2 dS/m) (Schoeneberger et al., 2002; Soukup, 2008).

*Textura.* Los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia presentan clases texturales franco, franco y franco arcilloso (anexo 1), los cuales por sus características pueden retener mayor mercurio (Hg), debido a la alta capacidad de absorción de los minerales arcillosos, a diferencia de los arenosos, que carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático (Carrasco y Millán, 2008; Galán y Romero, 2008).

*Materia orgánica.* La presencia de materia orgánica en suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en que supera el 2% (Navarro et al., 1995). Los niveles (%) recomendados para la práctica agrícola están comprendidos. Para Gros y Dominguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1,65 % en suelos pesados y llegar a un 2,5 % en los arenosos. Los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia presentan valores de 1,61 %, 1,25 % y 2,59% (anexo 1). No necesariamente los valores altos indican que son mejores para cultivo, pero suelos que poseen elevados contenido de materia orgánica o arcillas generalmente presentan mayores cantidades de mercurio. Normalmente los suelos orgánicos tienen mayores cantidades de mercurio que los minerales, debido a las reacciones con los metales pesados formando complejos de cambio o quelatos, esta absorción puede ser tan fuerte que queden estabilizados. En muchos casos se forman complejos organometálicos lo que facilita la solubilidad del metal, la disponibilidad y dispersión porque pueden degradarse por los organismos del suelo. Esto conduce a una persistencia de la toxicidad (Carrasco y Millán, 2008; Galán y Romero, 2008). *Capacidad de cambio.* El poder de intercambio catiónico depende del tipo de minerales de la arcilla, de la materia orgánica, de la valencia y del radio iónico hidratado del metal. Los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia presentan valores de 8,15; 3,57 y 22,24 meq/100g respectivamente (anexo 1). esto podría explicar que a mayor tamaño y menor valencia, menos frecuentemente queda retenido el mercurio (Hg) (Carrasco y Millán, 2008; Galán y Romero, 2008). En el caso de Iberia (22,24 meq/100g) los altos valores podrían explicar su mayor fertilidad con respecto a los demás sectores. *Carbonatos.* La presencia de carbonatos garantiza el

mantenimiento de los altos pH, y en estas condiciones tienden a precipitar los metales pesados. En el caso de los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia con pH de 5,0, 5,1 y 4,2 menores a 7 y con porcentajes (%) de carbonato de calcio (CO<sub>3</sub>Ca) inferiores a 0,10% (anexo1), disminuye considerablemente la posibilidad de precipitar el mercurio (Hg) (Carrasco y Millán, 2008; Galán y Romero, 2008; Pinochet et al., 2002).

#### **4.2 Niveles de concentración de mercurio del plátano *Musa cultivar AAB*, sub grupo Plantain.**

##### **4.2.1 Concentración de mercurio**

Según el cuadro 7, se registraron diferencias en cuanto a concentración de mercurio (mg/kg) en *Musa cultivar AAB* entre el sector de Punkiri Chico con respecto a los sectores de Sarayacu e Iberia. Siendo el sector de Punkiri Chico la que presentó una mayor concentración promedio de mercurio (0,08500 mg Hg/kg). Sin embargo entre los sectores de Sarayacu e Iberia no se registró diferencias en cuanto a la concentración de mercurio (mg/kg), ya que este indicador fue reportado por debajo de los límites detectables según el laboratorio CERPER (< 0,010 mg/kg).

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de concentración de Mercurio en *Musa* cultivar AAB, sub grupo Platain en los tres (3) sectores de muestreo.

Resúmenes de casos			Concentración (mg Hg/kg)	N	Media	Desviación estándar
Sector	Sarayacu	1	ND (<0,010)	4	ND	ND
		2	ND (<0,010)			
		3	ND (<0,010)			
		4	ND (<0,010)			
	Punkiri Chico	1	0,09000	4	0,08500	0,00577
		2	0,08000			
		3	0,08000			
		4	0,09000			
	Iberia	1	ND (<0,010)	4	ND	ND
		2	ND (<0,010)			
		3	ND (<0,010)			
		4	ND (<0,010)			
<b>Total</b>				<b>12</b>		

ND= No detectable  
 LC= Limite de cuantificación (0,0110 mg/kg)

Al no existir Estándares Nacionales sobre niveles máximos permitidos en pulpa de frutas (plátano), se recurrió a la comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) reportados por la Asociación de la Industria de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Unión Europea – AIJN, y la Comisión del Codex Alimentarius – FAO/WHO) (AIJN, 1996; FAO/WHO, 2011), los cuales determinan que los niveles máximos de mercurio en pulpa de frutas, en nuestro caso la *Musa* cultivar AAB debe ser 0,010 mg/kg. En el sector de Punkiri Chico supera 8 veces los límites máximos permisibles.

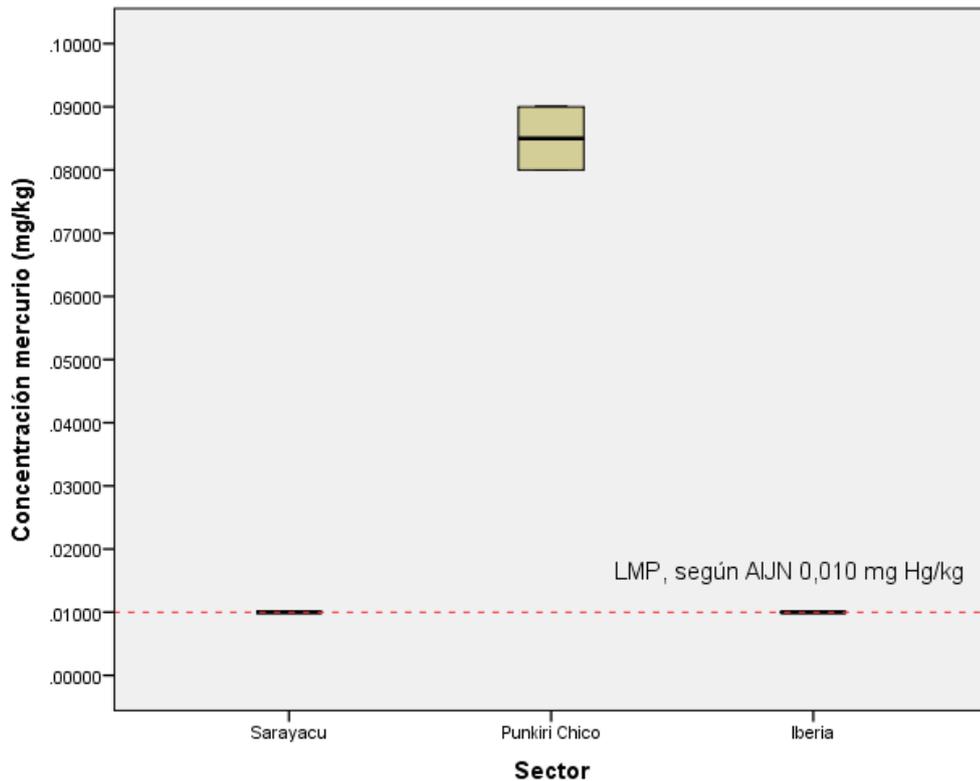


Figura 6. Concentración promedio de mercurio (mg/kg) en Musa cultivar AAB en los tres (3) sectores de muestreo.

Fuente: Límite Máximo Permisible (LMP) según la Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union (AIJN) (1 996).

En el caso de los sectores muestreados; Sarayacu e Iberia, los niveles de concentración de mercurio fue reportado en niveles no detectables (ND) según el laboratorio CERPER (<0,010 mg/kg), mientras que el sector de Punkiri Chico presentó el nivel de mercurio alto (0,08500 mg Hg/kg) (cuadro 7 y figura 6), superando los valores establecidos por la Asociación de la Industria de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Unión Europea – AIJN para consumo humano, y la Comisión del Codex Alimentarius – FAO/WHO (AIJN, 1996; FAO/WHO, 2011) (0,010 mg/kg).

#### 4.2.2 Prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis

Los resultados de la distribución de la concentración de mercurio (mg/kg) en *Musa* cultivar AAB en los tres (3) sectores por rango promedio (cuadro 8) (Kruskal y Wallis, 1952, 1953), muestra que el sector de Punkiri Chico presenta el rango más alto (10,5) con respecto a los sectores de Sarayacu e Iberia, por lo que se evidencia por lo menos una diferencia entre sectores significativa.

Cuadro 8. Rangos promedios por asignación en los tres (3) sectores de muestreo.

Sector		N	Rango promedio
Concentración	Sarayacu	4	4,50
	Punkiri Chico	4	10,50
	Iberia	4	4,50
	<b>Total</b>	12	

En cuanto al estadístico de prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado) (cuadro 9), el estudio reporta una probabilidad asociada al estadístico de prueba (H) Chi-cuadrado de 10,560 (mayor a 5,991). Valor inferior a 0,05 establecido como límite (0,005). Por lo tanto, se asume diferencias estadísticamente significativas entre los sectores muestreados y comparados (figura 6). Se rechaza la hipótesis nula de igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg) en *Musa* cultivar AAB.

Cuadro 9. Estadístico de prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado).

<b>Estadísticos de prueba</b>	<b>Concentración</b>
Chi-cuadrado	10,560
GI	2
Sig. asintótica	0,005

Leyenda:  $p < 0,05$ .

Nota: Prueba desarrollada en SPSS.

Por otro lado, según la prueba de hipótesis por sectores (cuadro 10 y figura 7), se observa diferencias significativas en cuanto a concentración de mercurio (mg/kg) entre los sectores Sarayacu – Punkiri Chico e Iberia – Punkiri Chico, presentando una significación ajustada de 0,015, menor al límite establecido (0,05). En el caso de la comparación de concentración de mercurio (mg/kg) entre los sectores Sarayacu –Iberia presentó una significación ajustada de 1,000, superior al límite establecido (0,05), situación por lo que debería aceptarse la igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg) en *Musa* cultivar AAB. Sin embargo no se podría tomar esa posición debido a que los resultados en los dos (2) sectores (Sarayacu e Iberia) fueron reportados por debajo de los límites detectables según el laboratorio CERPER ( $< 0,010$  mg/kg).

Cuadro 10. Probación de hipótesis por sectores.

<b>Muestras</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. Ajust.</b>
Sarayacu – Iberia	0,000	2,132	0,000	1,000	1,000
Sarayacu - Punkiri Chico	-6,000	2,132	-2,814	0,005	0,015
Iberia - Punkiri Chico	6,000	2,132	2,814	0,005	0,015

Leyenda:  $p < 0,05$ .

Nota: Prueba desarrollada en SPSS.

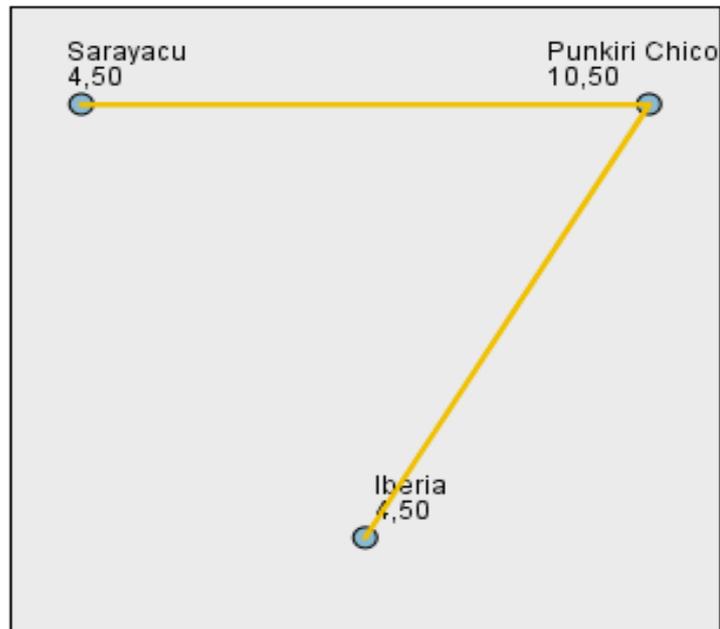


Figura 7. Comparación de hipótesis entre sectores.

El estudio muestra resultados similares desarrollado por Guo et al. (2013), donde determina concentraciones de metales pesados en el suelo y productos agrícolas cerca del distrito industrial de la ciudad Dongguan-China. Las concentraciones de cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As) en productos agrícolas de los campos de hortalizas y bananos, indicaron que con la excepción de zinc (Zn) en una muestra y cadmio (Cd) en cinco muestras, la mayoría de las muestras se enriquecieron notablemente con metales pesados en comparación con los valores de fondo. Los niveles promedio de mercurio (Hg) en banana no superaron las concentraciones máximas permitidas chinos (MAC) para el banano, valores que también fueron corroborados por Appleton et al. (2006), en su estudio “Impactos de los residuos mineros contaminados con mercurio en la calidad del suelo, cultivos, bivalvos y peces en la zona del río Naboc, Mindanao, Filipinas”. Guo et al. (2013), también menciona que elementos como zinc (Zn), el cadmio (Cd) y el

mercurio (Hg) se acumulan más fácilmente en vegetales como la col de flores que otros vegetales, siendo el cobre (Cu), zinc (Zn) y arsénico (As) más fácilmente acumulable en el plátano.

Asimismo Reyes Gil et al. (2006), determinaron metales pesados en plantas provenientes de áreas afectadas por la minería aurífera en la reserva forestal Imataca, Venezuela, los valores presentan concentraciones de mercurio en hojas de plantas extraídas de áreas de minería aurífera abandonadas que se encuentran en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical inferiores al límite de detección del equipo. Del mismo modo Taylor et al. (2005), mostro los resultados de una evaluación ambiental de la contaminación por mercurio (Hg) en la zona artesanal de minería de oro de Rwamagasa, en el noroeste de Tanzania, las concentraciones de mercurio (Hg) en muestras de hortalizas y granos está principalmente por debajo del límite de detección de 0,004 mg/g de mercurio (Hg), de 0,007 y 0,092 mg/kg de mercurio (Hg) en dos muestras de camote y de 0,011 a 0,013 mg/kg de mercurio (Hg) en tres muestras de arroz, sin embargo, los suelos urbanos y suelos de hortalizas registraron mayor concentración de mercurio (Hg) (0,005 – 9,2 mg/kg), esto debido a la exposición de agua contaminada y sedimentos derivados de actividades de procesamiento de minerales. Calderon y Concha (2009), determinaron la concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), etc., en los frutos de consumo masivo en la ciudad de Piura. Las muestras analizadas dieron como resultado niveles bajos de concentración de estos metales comparados con Límites Máximos Permisibles (LMPs) internacionales.

De todo ello podemos deducir, que no necesariamente suelos contaminados por actividades mineras determinan altos niveles de concentración de metales

pesados en cultivos, si no la interacción suelo planta y el proceso fisiológico que esta desarrolla. Los metales pueden llegar a la planta ya sea del suelo, del agua de riego o del aire. La planta tiene básicamente dos vías de comunicación con el medio ambiente la primera y la de mayor importancia, dado que es por esta que la planta recibe la mayor parte de los nutrientes necesarios para su desarrollo, es el suelo. En segundo lugar se encuentra la atmósfera, que es por donde recibe algunos nutrientes, la radiación solar, etc. Asimismo las plantas son sistemas captadoras de estos metales, y las pequeñas cantidades de los metales pesados sobretodo dentro de las plantas, las cuales los absorben vía raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire, agua) pueden ser consideradas como peligrosas, por lo que se debe tener en cuenta que cuando se habla de metales pesados las pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas, dada la bioacumulabilidad de los mismos sobre todo si se habla de los metales pesados tóxicos como el plomo, arsénico, cadmio y mercurio.

Los autores citados presentan datos similares con los resultados obtenidos en los sectores de Sarayacu e Iberia, donde se reporta niveles de concentración no detectables ( $<0,010$  mg Hg/kg), debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMPs), sin embargo en el caso de Punkiri Chico difiere considerablemente con los resultados ( $0,08500$  mg Hg/kg), muy por encima de los LMPs ( $0,010$  mg Hg/kg), y esto podría deberse a que estas zonas de cultivo se han instalado en áreas abandonadas por la actividad minera aurífera aluvial, y además se encuentran a la exposición de agua contaminada, sedimentos derivados de estas actividades, y la movilidad del mercurio (Hg) suelo –planta (Gabriel y Williamson, 2004; Galán y Romero, 2008; Taylor et al., 2005).

## CONCLUSIONES

- La norma peruana en relación a los metales pesados en suelos son compatibles con las de otros países como USA y Canadá, los límites de concentración de mercurio (Hg) en suelos agrícolas presenta Estándares de calidad Ambiental (ECA) de 6,6 mg/kg, mientras en la EPA (USA) es de 8,0 mg/kg y CCME (Canadá) de 6,6 mg/kg. Sin embargo, son muy altas en sus límites permisibles con respecto a países como Australia de 1,0 mg/kg, Francia e Italia con 1,0 mg/kg, España con 0,3 mg/kg, y China de 0,3-0,5 mg/kg. Los resultados analizados en los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia reportan concentración de mercurio (Hg) en suelos agrícolas de *Musa cultivar* AAB inferiores a 0,10 mg/kg, que está estadísticamente significativa por debajo de los límites, los cuales no puede causar efectos adversos para la salud humana. Estos valores nos indican que la distribución de mercurio (Hg) en los sectores se presenta de manera uniforme, más aun cuando los sectores de Sarayacu y Punkiri se encuentran expuestas o en áreas abandonas por la minería de oro.

- La legislación peruana no contempla Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de mercurio (Hg) en pulpa de frutas (plátano), por lo que se recurrió a la comparación con Límites Máximos Permisibles (LMPs) internacionales. Los resultados analizados en los sectores de Sarayacu e Iberia presentaron concentraciones de mercurio (Hg) en *Musa cultivar* AAB en niveles no detectables (ND) inferiores a 0,010 mg/kg, mientras que el sector de Punkiri Chico presentó 0,08500 mg/kg, superando los valores establecidos por la Asociación de la Industria de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Unión Europea – AIJN para consumo humano, y la Comisión del Codex Alimentarius –

FAO/WHO) (0,010 mg/kg). En el caso de Punkiri Chico, la concentraciones de mercurio (Hg) presenta valores muy por encima de los LMPs (0,010 mg Hg/kg), que es, estadísticamente significativa y puede causar efectos adversos para la salud humana el consumo de *Musa* cultivar AAB. Esto podría explicarse, que en el caso de Punkiri Chico con respecto a Sarayacu, se encuentra más expuesta a agua contaminada, sedimentos derivados de estas actividades, y la movilidad del mercurio (Hg) suelo – planta, sumado a las características físicas y químicas del suelo. Así también el aire podría ser un factor de contaminación al haber concesiones mineras aledañas que utilizan el mercurio en la extracción del oro.

- No se acepta ni se rechaza la hipótesis nula con respecto a la igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg) en suelos agrícolas de *Musa* cultivar AAB, debido a que los resultados de concentración de mercurio (mg/kg) en los tres (3) sectores fueron reportados por debajo de los límites detectables (< 0,10 mg/kg), razón por la que no podríamos afirmar, si existen o no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sectores muestreados. Se rechaza la hipótesis nula con respecto a la igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg) en *Musa* cultivar AAB. Sin embargo, en el caso de los sectores de Sarayacu e Iberia, no se acepta ni se rechaza la igualdad de promedios poblacionales de concentraciones de mercurio (mg/kg), debido a que los resultados de concentración (mg/kg) fueron reportados por debajo de los límites detectables (< 0,010 mg/kg).

## RECOMENDACIONES

En la actualidad en el Perú no se cuenta con estudios o investigaciones sobre la presencia de metales pesados como Arsénico, Cadmio, Níquel, Manganeso, Mercurio y Plomo en plátano y otras pulpas de frutas que son parte de dieta del poblador, y que provienen de zonas agrícolas expuestas a actividades mineras o instaladas en áreas abandonadas por estas, por lo que se recomienda:

Hacer un estudio complementario de mayor complejidad, que incluya un análisis de metales pesados (suelo, agua, productos agrícolas y frutales) en las zonas producción expuestas a la minera de oro, así como un estudio de dispersión de los contaminantes metálicos de tipo dinámico en el tiempo.

Los niveles reducidos de metales pesados tóxicos no deben ser subestimados, debido a que pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas dada la bioacumulabilidad y biomagnificación de los mismos de los mismos, sobre todo si se habla de los metales pesados tóxicos como el plomo, arsénico, cadmio y mercurio.

Al haber indicios de contaminación a través del aire, tomar en cuenta en próximas investigaciones la dirección de los vientos, el periodo de lluvias y de estiaje (seca).

## BIBLIOGRAFÍA

- Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union (AIJN). (1996). Code of practice for evaluation of fruit and vegetable juices, 2771.
- Appleton, J., Weeks, J., Calvez, J., y Beinhoff, C. (2006). Impacts of mercury contaminated mining waste on soil quality, crops, bivalves, and fish in the Naboc River area, Mindanao, Philippines. *Science of the total environment*, 354(2), 198-211.
- Astier, M., Mass-Moreno, M., y Etchevers, B. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605.
- Barceló, J., y Poschenrieder, C. (1992). Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Planta*, 2(2), 345-361.
- Baustista, F. (1999). Formas químicas de algunos metales en el suelo. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Mérida Yucatán, México.
- Berlanga-Silvente, V., y Rubio-Hurtado, M.-J. (2012). Classificació de proves no paramètriques. Com aplicar-les en SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 101-113.
- Brack Egg, A., Álvarez, J., Sotero, V., y Ipenza Peralta, C. A. (2011). Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio: Una bomba de tiempo.
- Brady, N., y Weil, R. (2002). *The nature and properties of soils*. Thirteenth Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA, 960 p.

- Bremer, E., y Ellert, K. (2004). Soil quality indicators: a review with implications for agricultural ecosystems in Alberta: AESA.
- Calderon, L., y Concha, R. (2009). Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura. revista en internet], Departamento Académico de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Cano, S. E. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*, 32(3), 309-311.
- Cañizares-Villanueva, R. O. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista latinoamericana de microbiología-Mexico-*, 42(3), 131-143.
- Carrasco, S., y Millán, R. (2008). Influencia de la adición de fertilizantes y enmendantes orgánicos en suelos contaminados por mercurio. *Informes técnicos del CIEMAT*(1153).
- Casal, J., y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1(1), 3-7.
- Castro, F. (2003). El proceso de investigación y su esquema de elaboración. Editorial Uyapar. Caracas.
- Castro Márquez, F. (2003). El proceso de investigación y su esquema de elaboración. Editorial Uyapar. Caracas.
- Council of the European Communities (CCE). (1986). Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture 86/278/EEC. *Official Journal of the European Communities*, 4.7.86 No L181/6-12.

- Council of the European Communities (CCE). (2002). Hacia una estrategia temática para la protección del suelo.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (1991). Interim environmental quality for contaminated sites. CCME, Winnipeg.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (1996). A protocol for derivation of environmental and human health soil quality guidelines. CCME, Winnipeg. [A summary of the protocol appears in Canadian environmental quality guidelines, Charter 7.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (1997). Recommended Canadian soil quality guidelines. CCME, Winnipeg.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2006). A protocol for the derivation of environmental and human health soil quality guidelines. CCME, Winnipeg.
- Codex Alimentarius Commission (FAO/WHO). (2011). Joint FAO/WHO food standards programme. Codex Committee on Food Import and.
- Cohen, J., Manion, L., y Morrison, J. (2003). Designing a qualitative study: Newsbury Park: CA Sage.
- Connell, D. W. (1997). Basic concepts in environmental chemistry. Lewis Publishers, NY, USA, 506 P.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Ecosistemas, 13(2).
- De Echave, J., Diez, A., Revesz, B., Huber, L., Tanaka, M., y Ricard Lanata, X. (2009). Minería y conflicto social: Lima.
- Douglas, M. (1991). Un análisis de los conceptos de contaminación y tabú: Madrid: Siglo XXI.

- Drasch, G., Böse-O'Reilly, S., Beinhoff, C., Roider, G., y Maydl, S. (2001). The Mt. Diwata study on the Philippines 1999—assessing mercury intoxication of the population by small scale gold mining. *Science of the total environment*, 267(1), 151-168.
- Eguiluz, P. (1988). Glosario de términos de genética y mejoramiento genético forestal. *Boletín técnico*(2).
- Escobar, O. (2011). Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- . Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - D.S. N° 002- 2013-MINAM. (2013). *Diario Oficial el Peruano*. Presidencia de la República del Perú. Lima, Perú. Marzo.
- Ferguson, C., Peterson, M., y Jeffers, T. (1989). Removal of metal contaminants from waste waters using biomass immobilized in polysulfone beads. *Biotechnology in minerals and metal processing*, 193-199.
- Fitter, A. (1987). An architectural approach to the comparative ecology of plant root systems. *New phytologist*, 106(s1), 61-77.
- Frear, D., y Dills, L. (1967). Mechanism of the insecticidal action of mercury and mercury salts. *Journal of Economic Entomology*, 60(4), 570-574.
- Frías-Espericueta, M. G., Aguilar-Juárez, M., Osuna-López, I., Abad-Rosales, S., Izaguirre-Fierro, G., y Voltolina, D. (2011). Los metales y la camaronicultura en México. *Hidrobiológica*, 21(3), 217-228.

- Gabriel, M. C., y Williamson, D. G. (2004). Principal biogeochemical factors affecting the speciation and transport of mercury through the terrestrial environment. *Environmental geochemistry and health*, 26(3-4), 421-434.
- Galán, H. E., y Romero, B. A. (2008). Metales pesados y elementos trazas. Contaminación de suelos por metales pesados. 49-53.
- Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD) y Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). (2009). Macro Zonificación Ecológica Económica de Madre de Dios.
- Gros, A. y Dominguez, A., 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
- Guangdong Province Environmental Monitoring Centre (GPEMC). (1990). Handbook of data for environmental background values of Guangdong, Beijing: China Environmental Science Press.
- Guerra, F. M., Trujillo, F., Herrera, D. C., y Callejas, S. M. (2016). Indicios de biomagnificación de Mercurio total (Hg) en las especies del género *Inia* (Cetartiodactyla: Iniidae) en los ríos Amazonas y Orinoco (Colombia). *Momentos de Ciencia*, 12(2).
- Guo, Y.-B., Feng, H., Chen, C., Jia, C.-J., Xiong, F., y Lu, Y. (2013). Heavy metal concentrations in soil and agricultural products near an industrial district. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(5), 1357-1362.
- Hernández, A. (2011). Determinación de metales pesados en suelos de natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca. Ixtlán de Juárez Oaxaca.
- Hernández, F. (2014). Determinación de cadmio (Cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de alfalfa *Medicago sativa* Irrigado con aguas residuales.

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (Quinta edición ed.).(J. Mares Chacón, Ed.) Mexico, México DF: McGraw-Hill/Interamericana Editores, SA de CV.
- Hernández, V., y Eduardo, C. (2011). Documentación para la determinación de Ag, As, Cd, Cr, Pb y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas, y sulfato aluminio por espectroscopia de absorción atómica en el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Herrera, M., y Colinia, L. (2011). Guía Técnica, Curso – Taller: Manejo Integrado del cultivo de Plátano: Universidad Nacional Agraria La Molina - Oficina Académica de Extensión y Proyección Social AGROBANCO. La Merced – Chanchamayo – Huancayo – Junin - Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2007). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. . Lima - Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- Kabala, C., y Singh, B. R. (2001). Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *Journal of Environmental Quality*, 30(2), 485-492.
- Kennedy, J. (2009). Bananas and people in the homeland of genus *Musa*: not just pretty fruit. *Ethnobotany Research and Applications*, 7, 179-197.
- Krauss, U., Figueroa, R., Johanson, A., Arévalo, E., Anguiz, R., Cabezas, O., y García, L. (1999). Clones de *Musa* en Perú: clasificación, usos, potencial de producción y limitaciones. *INFOMUSA*, 8(2), 19-26.

- Kruskal, W. H., y Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Kruskal, W. H., y Wallis, W. A. (1953). Errata: Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 48(264), 907-911.
- Kuramoto, J. (2001). *La minería artesanal e informal en el Perú*. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).
- Kutinyu, R., Fraiser, C., Ngezimana, W., y Mudau, F. N. (2014). Evaluation of banana bunch protection materials for optimum fruit production on cultivars grown in Mozambique.
- Lee, K. J., y Lee, T. G. (2012). A review of international trends in mercury management and available options for permanent or long-term mercury storage. *Journal of hazardous materials*, 241, 1-13.
- . Ley General del Ambiente N° 28611. (2005). *Diario Oficial el Peruano*. Congreso de la República del Perú. Lima, Perú. Octubre.
- Lippmann, M. (1998). The 1997 US EPA standards for particulate matter and ozone. *Issues in environmental science and technology*, 10(1), 75-100.
- Marín, J. E. (2016). Identificación del Plátano común o inguiri en el Perú. In V. Arostegui Sánchez (Ed.), SENASA, Lima - Perú.
- Marmo, I. (2003). Heavy metals in the context of EU policies on soil and waste. European Commission, DG Environment [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int).
- Martinez, C. (2002). Portal de aguas y tierras del Peru FAO.
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., y García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados

provenientes de suelos y agua [Plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and water]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.

Millán, R., Carpena, R., Schmid, T., Sierra, M., Moreno, E., Peñalosa, J., . . .

Esteban, E. (2007). Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén. *Revista Ecosistemas*, 16(2).

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Guía para Muestreo de Suelos, en el marco del Decreto Supremo N° 002-2 013-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Diario Oficial el Peruano. Presidencia de la Republica del Perú.

Morales, P. V. A. Q. (2012). Evaluación de la concentración de mercurio en niños expuestos a un cuerpo lacustre con altos niveles de este metal en los sedimentos. Universidad de Concepción.

Moreno, E. (2010). Plant-based methods for remediating arsenic-polluted mine soils in Spain= Recuperación de suelos mineros contaminados con arsénico mediante fitotecnologías.

National Environmental Protection Agency of China (NEPAC). (1995). Environmental Quality Standard for Soils (GB15618-1 995).

National Resource Conservation Soil (NRCS). (2004). What is soil quality?. Unites States Department Agriculture.

Navarro Pedreño, j., Moral Herrero, Gomez Lucas y Mataix Beneyto (1995). Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. Alicante. España, 108 pp.

Ortega Pereira, C. L. (2015). Cuantificación de las concentraciones de metales pesados (Hg, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb y Mn) por espectrofotometría de

- absorción atómica en peces del estero Huaylá (*Diapterus peruvianus* *Sardinops sagax*), Puerto Bolívar, cantón Machala, provincia de El Oro, 2014. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Osores, F., Grández, J. A., y Fernández, J. L. (2010). Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú. *Acta Médica Peruana*, 27(4), 310-314.
- Osores, F., Rojas, J. E., y Manrique, C. H. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana*, 29(1), 38-42.
- Pautrat, L. (2001). Análisis de amenazas y oportunidades para la conservación de la biodiversidad de la zona de conectividad ríos Manu-Tambopata. Informe no publicado para la Sociedad Peruana de Eco-desarrollo, Puerto Maldonado.
- Pérez-Martínez, I., y Martín-Romero, F. (2015). Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación de suelos por metales pesados en una zona minera de San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 01-12.
- Pinochet, D., Aguirre, J., y Quiroz, E. (2002). Estudio de la lixiviación de cadmio, mercurio y plomo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agro sur*, 30(1), 51-58.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2010). Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe. Programa de las naciones Unidas.
- Purseglove, J. W. (1972). The origins and migrations of crops in tropical Africa: Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research.

- QUIMICOS-PRODUCTOS. (2005). Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, Ginebra, Suiza.
- Rakotonimaro, T. V., Neculita, C. M., Bussièrre, B., Benzaazoua, M., y Zagury, G. J. (2017). Recovery and reuse of sludge from active and passive treatment of mine drainage-impacted waters: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-19.
- Ramos, S. T., y Terán, A. D. (2012). Determinación de la concentración de mercurio en tierras de cultivo impactadas por la minería artesanal en el cerro El Toro, Shiracmaca - Huamachuco, La Libertad-2012.
- Reyes Gil, R., Bermúdez, A., De Abreu, O., Alvarado, J., y Dominguez, J. (2006). Metales pesados en plantas provenientes de áreas afectadas por la minería aurífera en la reserva forestal Imataca, Venezuela. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(41-ESPECIAL), 259-262.
- Robinson, J., y Galán, V. (2012). Plátanos y bananas: Editorial Paraninfo.
- Rocha, L. (2016). Determinación de los niveles de mercurio en suelo en San Martín de Loba, sur de Bolívar-Colombia. Paper presented at the II SICA.
- Runte-Geidel, A. (2015). Traducción, adaptación y validación de un cuestionario sobre el uso de clases particulares. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*(13).
- Schoeneberger, P., Wysocki, D., Benham, E., y Broderson, W. (2002). Field book for describing and sampling soils. National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, Lincoln, Nebraska.

- Schoeneberger, P. J. (1998). Field book for describing and sampling soils: Government Printing Office.
- Siegel, S., y Castellan, J. (1988). The Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by rank. Nonparametric systems for the behavior sciences. New York: McGraw-Hill Book Co, 206-218.
- Simmonds, N. W. (1962). The Evolution of the Bananas. The Evolution of the Bananas.
- Soukup, D. (2008). Preparing soils for mineralogical analyses.
- Stover, R., y Simmonds, N. (1987). Diseases and disorders. Bananas (Stover RH and Simonds NW, eds.). Longman, New York, 281-323.
- Taylor, H., Appleton, J., Lister, R., Smith, B., Chitamwebwa, D., Mkumbo, O., . . . Beinhoff, C. (2005). Environmental assessment of mercury contamination from the Rwamagasa artisanal gold mining centre, Geita District, Tanzania. Science of the total environment, 343(1), 111-133.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). (1997). Analysis of the Impacts of Control Programs on Motor Vehicle Toxic Emissions and Exposure Nationwide, Volume I. US Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality.
- Zapata, I. C., Martínez, L., Posada, E., González, M. E., y Saldarriaga, J. F. (2017). Effects of earthworms (*Eisenia foetida*) on the microorganism growth in pollution soils with mercury of Segovia, Antioquia. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 27(1), 77-90.
- Zúñiga, F. B. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados (Vol. 1): Uady.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de suelos de los tres (3) sectores muestreados.

MUESTRA	PH	C.E (ds/m ) (*)	P Disponible mg/kg	K Disponible mg/kg	ANALISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g						M.O. %	CO3Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg								
					% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural	Ca++	Mg++	K+	Na+	Al+3	Suma de cationes			C.I.C. Total	Ca++	Mg++	SO4=	B	Cu	Fe	Mn	Zn
IBERIA	4.2	0.75	2.52	108.20	42	24	34	Franco arcillosos	11.89	2.72	0.35	0.13	3.54	18.63	22.24	2.59	<0.10	2,563.00	284.30	184.70	0.21	0.84	5.00	4.02	0.84
SARAYACU	4.95	0.50	4.12	26.70	34	48	18	Franco	4.09	0.95	0.29	0.32	2.00	7.65	8.15	1.61	<0.10	190.40	40.50	88.00	0.30	0.75	73.56	5.70	0.80
PUNKIRI	5.09	0.032	1.67	19.42	50	36	14	Franco	1.61	0.47	0.20	0.20	0.69	3.24	3.57	1.25	<0.10	123.50	29.50	71.00	0.24	0.68	152.90	7.18	0.81

Fuente: Laboratorio CERPER (2016).

- PH = Grado de acidez o basicidad
- C.E = Conductividad Eléctrica
- P = Fosforo
- K = Potasio
- M.O. = Materia Orgánica
- CO3Ca % = Carbonatos
- mg/kg = Miligramo sobre kilogramo o ppm
- ds/m = DeciSiemens sobre metro
- meq/100g = Miliequivalente sobre 100 gramos

Anexo 2. Concentración de mercurio (mg/kg) en suelos agrícolas de *Musa* cultivar AAB.

<b>Sector</b>	<b>Código de muestra</b>	<b>Resultados</b>	<b>Ensayo en suelo</b>
IBERIA	SUEIB101	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg
IBERIA	SUEIB102	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg
SARAYACU	SUESA101	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg
SARAYACU	SUESA102	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg
PUNKIRI	SUEPU101	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg
PUNKIRI	SUEPU102	<0.10	Mercurio (mg/kg) LD= 0.10 mg/kg

LD= Limite de Detección

Fuente: laboratorios CERPER (2015).

Anexo 3. Concentración de mercurio (mg/kg) en *Musa* cultivar AAB.

Sector	Código de muestra	Resultados	Ensayo en plátano
IBERIA	PLAIB101	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
IBERIA	PLAIB102	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
IBERIA	PLAIB103	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
IBERIA	PLAIB104	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
SARAYACU	PLASA101	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
SARAYACU	PLASA102	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
SARAYACU	PLASA103	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
SARAYACU	PLASA104	<0.010	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
PUNKIRI	PLAPU101	0.09	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
PUNKIRI	PLAPU102	0.08	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
PUNKIRI	PLAPU103	0.08	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg
PUNKIRI	PLAPU104	0.09	Mercurio (mg/kg) LC= 0.0110 mg/kg

LC= Limite de cuantificación

Fuente: laboratorios CERPER (2015).

Anexo 4. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Sarayacu, Tambopata, Madre de Dios

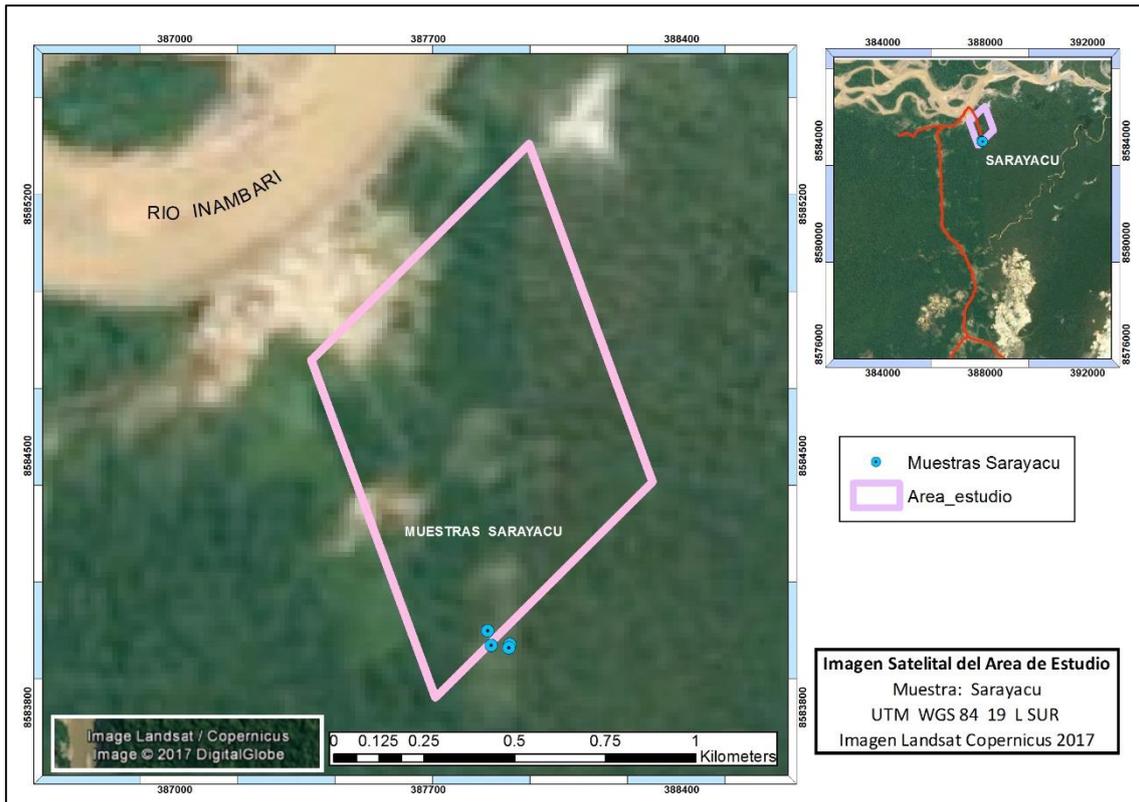


Imagen Landsat / Copernicus 2017

Fuente: US Departamento geográfico estatal

Anexo 5. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Punkiri Chico, Manu, Madre de Dios

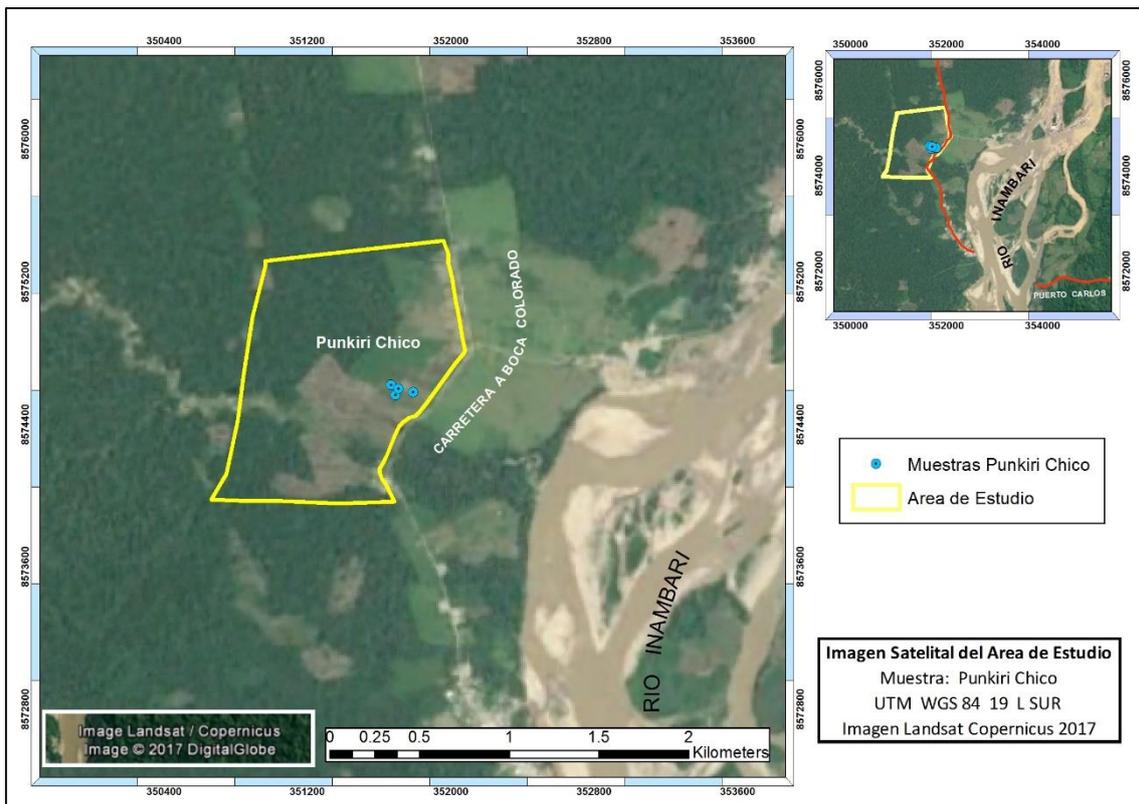


Imagen Landsat / Copernicus 2017

Fuente: US Departamento geográfico estatal

Anexo 6. Imagen Satelital de ubicación de puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en el sector Iberia, Tahuamanu, Madre de Dios

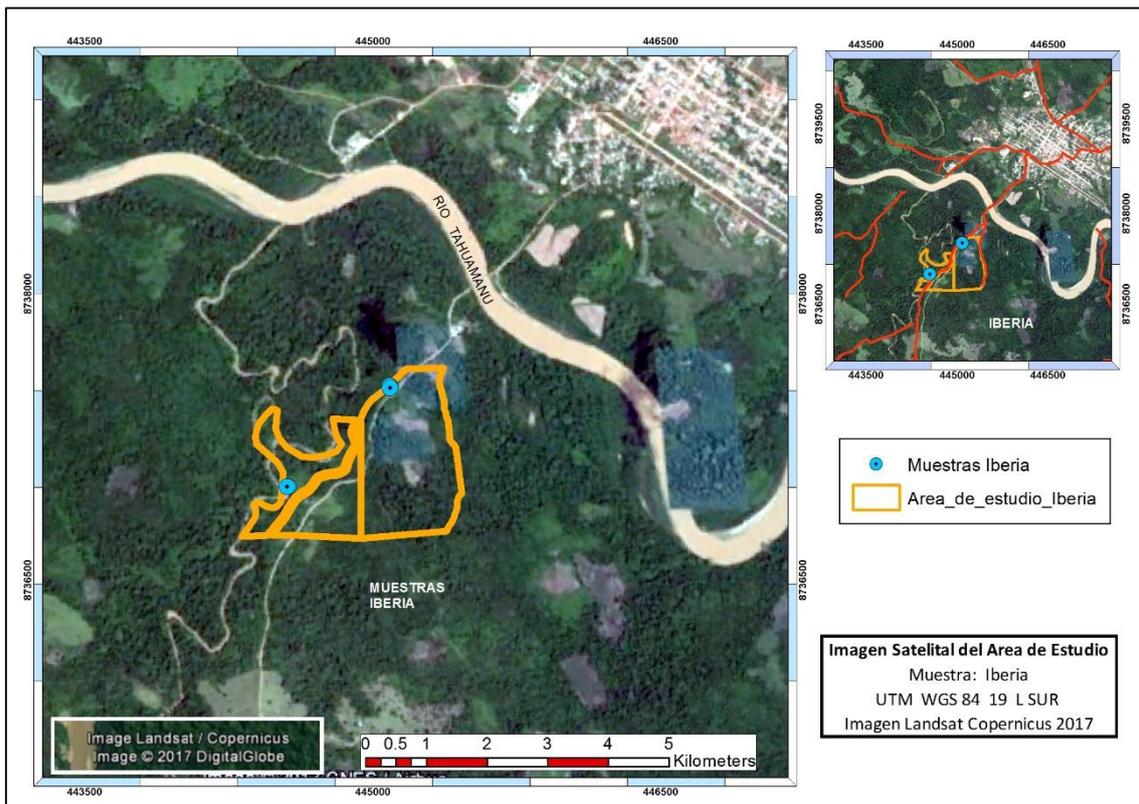


Imagen Landsat / Copernicus 2017

Fuente: US Departamento geográfico estatal

Anexo 7. Imagen Satelital de ubicación de los puntos de muestreo de *Musa* cultivar AAB para evaluación de los niveles de concentración de Hg en los sectores de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia, Madre de Dios



Imagen Landsat / Copernicus 2017

Fuente: US Departamento geográfico estatal

## Anexo 8. Panel fotográfico



Foto 1. Muestra de plátano en el sector de Sarayacu, Tambopata - Madre de Dios.



Foto 2. Obtención de muestra de suelo en el sector de Sarayacu, Tambopata - Madre de Dios.



Foto 3. Preparación de muestra de suelo en el sector de Sarayacu, Tambopata - Madre de Dios.



Foto 4. Preparación de muestra de suelo en cultivos de plátano en el sector de Sarayacu, Tambopata - Madre de Dios.



Foto 5. Muestreo de suelo en cultivos de plátano en el sector de Punkiri Chico, Manu - Madre de Dios.



Foto 6. Muestras de plátano en el sector de Punkiri Chico, Manu - Madre de Dios.



Foto 7. Muestreo de plátano en el sector de Punkiri Chico, Manu - Madre de Dios.



Foto 8. Zona de muestreo de plátano en el sector de Punkiri Chico, Manu - Madre de Dios.



Foto 9. Preparación de muestras de plátano en el sector de Iberia, Tahuamanu - Madre de Dios.



Foto 10. Muestreo de suelo en cultivos de plátano en el sector de Iberia, Tahuamanu - Madre de Dios.



Foto 11. Preparación de muestra de suelo en el sector de Iberia, Tahuamanu - Madre de Dios.



Foto 12. Zona de muestreo de suelo y plátano en el sector de Iberia, Tahuamanu - Madre de Dios.

## Anexo 9 Informes Laboratorio CERPER



### PROTOCOLO CERPER

Solicitante	<b>As Civ Sin Fines Lucro Serv Edu Huarayo</b>	Codigo:	<b>SUESA 101; SUESA 102</b>
Domicilio Legal		Procedencia:	<b>Sarayaku-Zona Minera</b>
Fecha de recepción	<b>2016-01-19</b>	Fecha de muestreo	<b>2016-12-27</b>
Fecha de inicio del ensayo	<b>2016-01-20</b>	Fecha de término del ensayo	<b>2016-01-26</b>
Identificado con H/S	<b>16000846</b>	Ensayo realizado en	<b>Laboratorio Ambiental</b>

#### SUELO

MUESTRA	pH	C.E (ds/m (*)	P Disponible mg/kg	K Disponible mg/kg	ANÁLISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g						M.O. %	CO <sub>2</sub> Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg								
					%ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SUMA DE CACIONES			C.I.C. Total	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
SUESA 101 SUESA 102	4.95	0.50	4.12	26.70	34	48	18	Franco	4.09	0.95	0.29	0.32	2.00	7.65	8.15	1.61	<0.10	190.40	40.50	88.00	0.30	0.75	73.56	5.70	0.80

(\*) Extracto Saturado



### PROTOCOLO CERPER

Solicitante	<b>As Civ Sin Fines Lucro Serv Edu Huarayo</b>	Codigo:	<b>SUEPU 101; SUEPU 102</b>
Domicilio Legal		Procedencia:	<b>Punkiri Chico-Zona Minera</b>
Fecha de recepción	<b>2016-01-19</b>	Fecha de muestreo	<b>2016-12-27</b>
Fecha de inicio del ensayo	<b>2016-01-20</b>	Fecha de término del ensayo	<b>2016-01-26</b>
Identificado con H/S	<b>16000846</b>	Ensayo realizado en	<b>Laboratorio Ambiental</b>

#### SUELO

MUESTRA	pH	C.E (ds/m <sup>1</sup> ) (*)	P Disponible mg/kg	K Disponible mg/kg	ANÁLISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g						M.O. %	CO <sub>2</sub> Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg								
					%ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SUMA DE CATIONES			C.I.C. Total	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
SUEPU 101 SUEPU 102	5.09	0.32	1.67	19.42	50	36	14	Franco	1.61	0.47	0.20	0.27	0.69	3.24	3.57	1.25	<0.10	123.50	29.50	71.00	0.24	0.68	152.90	7.18	0.81

(\*) Extracto Saturado



### PROTOCOLO CERPER

Solicitante **As Civ Sin Fines Lucro Serv Edu Huarayo**  
 Domicilio Legal  
 Fecha de recepción **2016-02-17**  
 Fecha de inicio del ensayo **2016-02-18**  
 Identificado con H/S **16002543**

Codigo: **SUEIB 101-102**  
 Propietario: **Daniel Grifa Canario**  
 Procedencia: **Iberia, Madre de Dios-Tahuamanu**  
 Fecha de término del ensayo **2016-02-26**  
 Ensayo realizado en **Laboratorio Ambiental**

#### SUELO

MUESTRA	pH	C.E (ds/m ) (*)	P Disponible mg/kg	K Disponible mg/kg	ANÁLISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g						M.O. %	CO <sub>2</sub> Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg								
					%ARENA	%LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca <sup>**</sup>	Mg <sup>**</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SUMA DE CATIONES			C.I.C. Total	Ca <sup>**</sup>	Mg <sup>**</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>**</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
SUEIB 101-102	4.20	0.75	2.52	108.20	42	24	34	Franco Arcilloso	11.89	2.72	0.35	0.13	3.54	18.63	22.24	2.59	<0.10	2563.00	284.30	184.70	0.21	0.84	5.00	4.02	0.84

(\*) Extracto Saturado

INFORME DE ENSAYO N° 3-00269/16

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : SUELO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg.  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En envase de vidrio, cerrado.  
 Identificación de la muestra : SUESA 101  
 PROCEDENCIA: SARAYACU (ZONA MINERA), MADRE DE DIOS  
 TEMPERATURA AMBIENTAL: 24° C  
 NOMBRE DEL PREDIO: VISTA ALEGRE  
 PROPIETARIO: AMANDINA OLAVE MORA  
 UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 388970/8584855  
 PRECIPITACIÓN ANTES DEL MUESTREO: SI – 197 m.s.n.m.  
 PRECIPITACIÓN DURANTE EL MUESTREO: SI  
 CULTIVO ANTERIOR: PLÁTANO Y PAPAYA  
 ZONA AGRÍCOLA 3 AÑOS  
 FERTILIZANTE UTILIZADO: ROCA FOSFÓRICA  
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 27/12/2015 08:30 A.M.  
 MUESTREADO POR: VICTOR AROSTEGUI  
 Fecha de Recepción : 2016 – 01 – 04  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2016 – 01 – 07  
 Fecha de Término del ensayo : 2016 – 01 – 11  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : H/S 16000032 (00005)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0,10 mg/kg) LD: Límite de detección	< 0,10

**Método:**

Mercurio: EPA Method 7471B. Revision 2. 2007. Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor technique)

**OBSERVACIONES**

Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 12 de Enero de 2016  
KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

INFORME DE ENSAYO N° 3-00270/16

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : SUELO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg.  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En envase de vidrio, cerrado.  
 Identificación de la muestra : SUESA 102  
 PROCEDENCIA: SARAYACU (ZONA MINERA), MADRE DE DIOS  
 TEMPERATURA AMBIENTAL: 25° C  
 NOMBRE DEL PREDIO: VISTA ALEGRE  
 PROPIETARIO: AMANDINA OLAVE MORA  
 UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 387874/858380  
 PRECIPITACIÓN ANTES DEL MUESTREO: SI – 225 m.s.n.m.  
 PRECIPITACIÓN DURANTE EL MUESTREO: SI  
 CULTIVO ANTERIOR: PLÁTANO Y PAPAYA  
 ZONA AGRÍCOLA 3 AÑOS  
 FERTILIZANTE UTILIZADO: ROCA FOSFÓRICA  
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 27/12/2015 09:05 A.M.  
 MUESTREO POR: VICTOR AROSTEGUI  
 Fecha de Recepción : 2016 – 01 – 04  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2016 – 01 – 07  
 Fecha de Término del ensayo : 2016 – 01 – 11  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : H/S 16000032 (00005)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0,10 mg/kg) LO: Límite de detección	< 0,10

**Método:**

Mercurio: EPA Method 7471B Revision 2. 2007. Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor technique)

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 12 de Enero de 2016  
KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACION DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DEUTO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 3-14268/15**

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal Francisco Bolognesi Nro. s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopa – Madre de Dios  
 Producto Declarado : BANANO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,1 kg  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : PLASA 101  
 Fecha de Recepción : 2015 – 07 – 21  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 07 – 23  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 07 – 24  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificado con : H/S 15011442 ( 09040 )  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.01 mg/kg) LC Límite de cuantificación	< 0.01

**Método:**

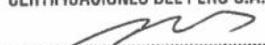
Mercurio: NOM-117-SSA1 1994 Bienes y Servicios Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
 Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Callao, 30 de Julio de 2015  
 AA

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

  
 ING. ROSA PALOMINO LOO  
 C.I.P. N° 40302  
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
 info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
 Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
 Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
 T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
 info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA  
 Urb. Angamos A - 2 - Piura  
 T. (073) 322 908 / 9975 63161  
 info@cerper.com - www.cerper.com

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

**INFORME DE ENSAYO N° 3-14269/15**

Pág. 1/1

Solicitante	: AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO
Domicilio Legal	: Cal. Francisco Bolognesi Nro. s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopa - Madre de Dios
Producto Declarado	: <b>BANANO</b>
Cantidad de muestra para ensayo	: 01 muestra x 1,1 kg
Forma de Presentación	: En bolsa de polietileno, cerrada.
Identificación de la muestra	: <b>PLASA 102</b>
Fecha de Recepción	: 2015 – 07 – 21
Fecha de Inicio del ensayo	: 2015 – 07 – 23
Fecha de Término del ensayo	: 2015 – 07 – 24
Ensayo realizado en	: Laboratorio de Físico Química
Identificado con	: H/S 15011442 ( 09040 )
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.01 mg/kg)	< 0.01

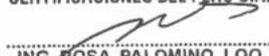
LC Límite de cuantificación

**Método:**  
 Mercurio: NOM-117-SSA1 1994 Bienes y Servicios Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
 Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 30 de Julio de 2015  
 AA

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**
  
**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
 C.I.P. N° 40302  
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
 info@cerper.com - www.cerper.com

**CHIMBOTE**  
 Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
 Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
 T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
 info@cerper.com - www.cerper.com

**PIURA**  
 Urb. Angamos A - 2 - Piura  
 T. (073) 322 908 / 9975 63161  
 info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 3-14270/15**

Pág. 1/1

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. s/n Cas. Mazuco – Inambari - Tambopa - Madre de Dios  
Producto Declarado : **BANANO**  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,1 kg  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : **PLASA 103**  
Fecha de Recepción : 2015 - 07 - 21  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 - 07 - 23  
Fecha de Término del ensayo : 2015 - 07 - 24  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificado con : **H/S 15011442 ( 09040 )**  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC = 0,01 mg/kg) LC Límite de cuantificación	< 0,01

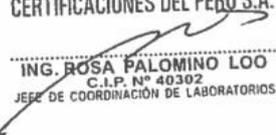
**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1 1994 Bienes y Servicios Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc; y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Callao, 30 de Julio de 2015  
AA

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**  
  
**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

## INFORME DE ENSAYO N° 3-14271/15

Pág 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cat. Francisco Bolognesi Nro. s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopa - Madre de Dios  
Producto Declarado : BANANO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,1 kg  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada  
Identificación de la muestra : PLASA 104  
Fecha de Recepción : 2015 – 07 – 21  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 07 – 23  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 07 – 24  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificado con : H/S 15011442 ( 09040 )  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0,01 mg/kg)	< 0,01
LC Límite de cuantificación	

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

## OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 30 de Julio de 2015  
AA

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 3-00271/16**

Pág. 1/1

**Solicitante** : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
**Domicilio Legal** : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS, Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
**Producto Declarado** : SUELO  
**Cantidad de muestra para ensayo** : 01 muestra x 1 kg.  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
**Forma de Presentación** : En envase de vidrio, cerrado.  
**Identificación de la muestra** : SUEPU 101  
 PROCEDENCIA: PUNKIRI CHICO (ZONA MINERA), MADRE DE DIOS  
 TEMPERATURA AMBIENTAL: 24° C  
 NOMBRE DEL PREDIO: BERNARDINA TUEROS  
 PROPIETARIO: BERNARDINA TUEROS  
 UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 351863/8574568  
 PRECIPITACIÓN ANTES DEL MUESTREO: SI – 299 m.s.n.m.  
 PRECIPITACIÓN DURANTE EL MUESTREO: NO  
 CULTIVO ANTERIOR: PLÁTANO  
 ZONA AGRÍCOLA  
 FERTILIZANTE UTILIZADO: HERBICIDA AGRÍCOLA  
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 27/12/2015 14:25 P.M.  
 MUESTREO POR: VICTOR AROSTEGUI  
**Fecha de Recepción** : 2016 – 01 – 04  
**Fecha de Inicio del ensayo** : 2016 – 01 – 07  
**Fecha de Término del ensayo** : 2016 – 01 – 11  
**Ensayo realizado en** : Laboratorio de Físico Química  
**Identificada con** : H/S 16000032 (00005)  
**Validez del documento** : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0,10 mg/kg) LD: Límite de detección	< 0,10

**Método:**

Mercurio: EPA Method 7471B, Revision 2, 2007, Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor technique)

**OBSERVACIONES**

 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 12 de Enero de 2016  
 KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

  
**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
 C.I.P. N° 40302  
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9000

**CHIMBOTE**  
 Av. José Carlos Mariátegui s/n  
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
 T. (043) 311 048

**PIURA**  
 Urb. Angamos A - 2 - Piura  
 T. (073) 322 908 / 9975 63161



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 3-00272/16

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopala – Madre de Dios  
Producto Declarado : SUELO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg.  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Forma de Presentación : En envase de vidrio, cerrado.  
Identificación de la muestra : SUEPU 102  
PROCEDENCIA: PUNKIRI CHICO (ZONA MINERA), MADRE DE DIOS  
TEMPERATURA AMBIENTAL: 24° C  
NOMBRE DEL PREDIO: BERNARDINA TUEROS  
PROPIETARIO: BERNARDINA TUEROS  
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 351708/8574631  
PRECIPITACIÓN ANTES DEL MUESTREO: SI – 296 m.s.n.m.  
PRECIPITACIÓN DURANTE EL MUESTREO: NO  
CULTIVO ANTERIOR: PLÁTANO  
ZONA AGRÍCOLA  
FERTILIZANTE UTILIZADO: HERBICIDA AGRÍCOLA  
FECHA Y HORA DE MUESTREO: 27/12/2015 15:30 P.M.  
MUESTREO POR: VICTOR AROSTEGUI  
Fecha de Recepción : 2016 – 01 – 04  
Fecha de Inicio del ensayo : 2016 – 01 – 07  
Fecha de Término del ensayo : 2016 – 01 – 11  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : H/S 16000032 (00005)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0.10 mg/kg)	< 0.10

LD: Límite de detección

**Método:**

Mercurio: EPA Method 7471B, Revision 2, 2007, Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor technique)

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 12 de Enero de 2016  
KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

INFORME DE ENSAYO N° 3-15220/15

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : PLÁTANO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg. aprox.  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : PLAPU 101 UTILIZACION DE ABONO QUIMICO  
 NOMBRE PROPIETARIO: LINO TUEROS  
 UBICACIÓN GEOGRAFICA: UTM-19-SUR 351694/85745639  
 PROCEDENCIA: PUNKIRI CHICO-MANU, MADRE DE DIOS (ZONA MINERA)  
 FECHA MUESTREO: 02/08/2015  
 RESPONSABLE MUESTRA: VICTOR AROSTEGUI  
 Fecha de Recepción : 2015 – 08 – 05  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 08 – 05  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 08 – 06  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : H/S 15012096 (09208)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.011 mg/kg) LC: Límite de cuantificación	0.09

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 13 de Agosto de 2015  
FJ

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

  
ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-15221/15

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : PLÁTANO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg. aprox.  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : PLAPU 102 CON AGROQUIMICOS  
 NOMBRE PROPIETARIO: LINO TUEROS  
 UBICACIÓN GEOGRAFICA: UTM-19-SUR 351669/8574622  
 PROCEDENCIA: PUNKIRI CHICO-MANU, MADRE DE DIOS (ZONA MINERA)  
 FECHA MUESTREO: 02/08/2015  
 RESPONSABLE MUESTRA: VICTOR AROSTEGUI  
 Fecha de Recepción : 2015 – 08 – 05  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 08 – 05  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 08 – 06  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : H/S 15012096 (09208)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.011 mg/kg)	0.08

LC: Límite de cuantificación

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 13 de Agosto de 2015  
FJ

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

  
ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



**INFORME DE ENSAYO N° 3-15222/15**

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : PLÁTANO  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg. aprox.  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : PLAPU 103 CON AGROQUIMICOS  
 NOMBRE PROPIETARIO: LINO TUEROS  
 UBICACIÓN GEOGRAFICA: UTM-19-SUR 351791/8574580  
 PROCEDENCIA: PUNKIRI CHICO-MANU, MADRE DE DIOS (ZONA MINERA)  
 FECHA MUESTREO: 02/08/2015  
 RESPONSABLE MUESTRA: VICTOR AROSTEGUI  
 Fecha de Recepción : 2015 - 08 - 05  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 - 08 - 05  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 - 08 - 06  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : H/S 15012096 (09208)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (L.C= 0,011 mg/kg) L.C: Límite de cuantificación	0,08

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 13 de Agosto de 2015  
 FJ

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**
  
**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
 C.I.P. N° 40302  
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9000  
 info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
 Av. José Carlos Mariátegui s/n  
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
 T. (043) 311 048

PIURA  
 Urb. Angamos A - 2 - Piura  
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

## INFORME DE ENSAYO N° 3-15219/15

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
Producto Declarado : PLÁTANO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg. aprox.  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : PLAPU 104 CON AGROQUIMICOS  
NOMBRE PROPIETARIO: LINO TUEROS  
UBICACIÓN GEOGRAFICA: UTM-19-SUR 351710/8574599  
PROCEDECENCIA: PUNKIRI CHICO-MANU, MADRE DE DIOS (ZONA MINERA)  
FECHA MUESTREO: 02/08/2015  
RESPONSABLE MUESTRA: VICTOR AROSTEGUI  
Fecha de Recepción : 2015 – 08 – 05  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 08 – 05  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 08 – 06  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : H/S 15012096 (09208)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LC= 0,011 mg/kg) LC: Límite de cuantificación	0,09

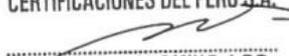
**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 13 de Agosto de 2015  
F.J

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**  
ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40362  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 3-12117/15

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
Producto Declarado : SUELO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 375 g.  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : SUE IB 101  
PROCEDENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS  
CULTIVO ANTERIOR: ARROZ Y MAIZ SUELO INUNDABLE, SIN FERTILIZANTES  
FECHA MUESTREO: 07/06/2015  
MUESTREO POR: VICTOR AROSTEGUI  
Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 23  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 25  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 26  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : H/S 15008138 (08468)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0,10 mg/kg)	< 0,10

LD: Límite de Detección.

**Método:**

Mercurio: Method 7471B. Revision 2. 2007. Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor technique)

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 28 de Junio de 2015  
FJ

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.  
  
ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 3-12118/15**

Pág. 1/1

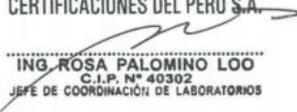
Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
Producto Declarado : **SUELO**  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 375 g.  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : **SUE IB 102**  
**PROCEDECENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS**  
**CULTIVO ANTERIOR: ARROZ Y MAIZ SUELO INUNDABLE, SIN FERTILIZANTES**  
**FECHA DE MUESTREO: 07/06/2015**  
**MUESTREADO POR: VICTOR AROSTEGUI**  
Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 23  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 25  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 26  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : **H/S 15008138 (08468)**  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
Mercurio (mg/kg) (LD= 0,10 mg/kg) LD: Límite de detección	< 0,10

**Método:****Mercurio:** Method 7471B. Revision 2. 2007. Mercury in solid or semisolid waste (Manual cold vapor thechnique)**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 28 de Junio de 2015  
FJ**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**  
**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N LE 003

**INFORME DE ENSAYO N° 3-11235/15**

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
Producto Declarado : PLÁTANO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,1 kg.  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : PLAIB 101  
PROCEDENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS  
Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 09  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 10  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 12  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : H/S 15008138 (08296)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayos	Resultados
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.01 mg/kg) LC: Límite de cuantificación	< 0,01

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015  
KS

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40392  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE 003

### INFORME DE ENSAYO N° 3-11236/15

Pág. 1/1

Solicitante : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO  
Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
Producto Declarado : PLÁTANO  
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1 kg.  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
Identificación de la muestra : PLAIB 102  
PROCEDENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS  
Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 09  
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 10  
Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 12  
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
Identificada con : H/S 15008138 (08296)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayos	Resultados
Mercurio (mg/kg) (LC= 0,01 mg/kg) LC: Límite de cuantificación	< 0,01

#### Método:

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

#### OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015  
KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40332  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE 003

**INFORME DE ENSAYO N° 3-11237/15**

Pág. 1/1

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : **PLÁTANO**  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 750 g.  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : **PLAIB 103**  
**PROCEDENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS**  
 Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 09  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 10  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 12  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : **H/S 15008138 (08296)**  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayos	Resultados
Mercurio (mg/kg) (LC= 0.01 mg/kg)	< 0.01

LC: Límite de cuantificación

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015  
KS

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40392  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F. (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F. (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 3-11238/15**

Pág. 1/1

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**  
 Domicilio Legal : Cal. Francisco Bolognesi Nro. S/N CAS. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios  
 Producto Declarado : **PLÁTANO**  
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 980 g.  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
 Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 Identificación de la muestra : **PLAIB 104**  
**PROCEDENCIA: IBERIA, MADRE DE DIOS**  
 Fecha de Recepción : 2015 – 06 – 09  
 Fecha de Inicio del ensayo : 2015 – 06 – 10  
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 06 – 12  
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química  
 Identificada con : **H/S 15008138 (08296)**  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayos	Resultados
Mercurio (mg/kg) (LC= 0,01 mg/kg) LC: Límite de cuantificación	< 0,01

**Método:**

Mercurio: NOM-117-SSA1. 1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y aguas purificadas por espectrofotometría de absorción atómica.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015  
KS

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000 F: (511) 420 4128  
info@cerper.com - www.cerper.com

**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico  
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620  
info@cerper.com - www.cerper.com

**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161  
info@cerper.com - www.cerper.com



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

En el Anfiteatro N° 01 de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, siendo las 12:00 horas del día viernes 19 de mayo de 2017, dando cumplimiento a la Resolución de Decanatura N° 177-2017-UNAMAD-DFI, de fecha 16 de mayo de 2017, se reunieron los miembros del jurado para la sustentación del trabajo de tesis titulado "**Determinación de los niveles de concentración de mercurio en los suelos y plátano *Musa cultivar AAB*, Sub Grupo Plantain en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia-Madre de Dios**", presentado por el Bachiller Víctor Aróstegui Sánchez, el cual está conformado por:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| 1. Ing. Mauro Vela Da-Fonseca       | Presidente  |
| 2. M.Sc. Telésforo Vásquez Zavaleta | Secretario  |
| 3. Dra. Ruth Frisancho Vargas       | Vocal       |
| 4. Mtro. German Heber Correa Nuñez  | Accesitario |

Con la finalidad de evaluar el trabajo de tesis, se procedió con la exposición por parte del sustentante, luego de la sustentación, el jurado procede con la fase de preguntas respectivas. Acto seguido el jurado delibera de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto como APROBADO por UNANIMIDAD, con el calificativo de SOBRESALIENTE y la nota de 1.0, previo a esto el graduando deberá realizar el levantamiento de las observaciones entregados por el jurado calificador.

En fe de lo cual firmamos el presente acta, siendo las 18:22 horas del día viernes 19 de mayo de 2017, se dio por culminado el presenta acto de sustentación.

  
.....  
**Ing. Mauro Vela Da-Fonseca**  
Presidente

  
.....  
**M.Sc. Telésforo Vásquez Zavaleta**  
Secretario

  
.....  
**Dra. Ruth Frisancho Vargas**  
Vocal

  
.....  
**Dr. Gabriel Alarcón Aguirre**  
Asesor

“Año del buen servicio al ciudadano”  
“Madre de Dios capital de la Biodiversidad del Perú”

Puerto Maldonado, 06 de Junio de 2017

**Señor:**  
Dr. Rosel Quispe Herrera  
**Decano de la Facultad de Ingeniería-UNAMAD**

**ASUNTO** : Informe de conformidad de levantamiento de Observaciones  
**Referencia** : Resolución de Decanatura N°177-2017-UNAMAD-DFI

Mediante el presente, los docentes miembros del Jurado Calificador para la sustentación de la tesis intitulado **“DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN SUELOS Y PLÁTANO *Musa cultivar AAB, SUB GRUPO PLANTAIN, EN SARAYACU, PUNKIRI CHICO E IBERIA-MADRE DE DIOS*”**, sustentada por el bachiller Víctor Arostegui Sánchez. Emitimos el presente informe de conformidad al levantamiento de observaciones, con lo cual el señor tesista ha cumplido con las observaciones realizadas durante la sustentación de la tesis.

Es todo cuanto informo a usted, para los fines correspondientes.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Mauro Vela Da-Fonseca  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ruth Frisancho Vargas  
Vocal