

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS  
AGRÍCOLAS PERIURBANOS DE LA PROVINCIA DE  
UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ**

**Autora: Bach. Liz Jhoana Astonitas Carrasco**

**Asesor: Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón**

**Co-Asesor: Dr. Manuel Emilio Milla Pino**

**Registro. ( )**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS  
AGRÍCOLAS PERIURBANOS DE LA PROVINCIA DE  
UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ**

**Autora: Bach. Liz Jhoana Astonitas Carrasco**

**Asesor: Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón**

**Co-Asesor: Dr. Manuel Emilio Milla Pino**

**Registro:.....**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

### ***A mis padres:***

*Alindor Astonitas Sánchez e Ysabel Carrasco Sarmiento, pilares fundamentales en mi vida, su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir. Con sus enseñanzas, buenos valores y sabios consejos supieron forjar mi vida personal. Sus gestos de amor, paciencia, esfuerzo y confianza me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.*

### ***A mis hermanos:***

*Dárlin E. Astonitas Carrasco, Jhan C. Astonitas Carrasco y a mi hermana Leily E. Astonitas Carrasco por estar siempre presentes con sus palabras de aliento, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.*

### ***A mis amigos:***

*Que de una u otra manera me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación personal y profesional, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos permitiendo que esta investigación se realice con éxito.*

***Liz Jhoana***

## AGRADECIMIENTO

**A Dios** creador supremo del universo, por darme la vida, por haberme acompañado y guiado durante toda mi formación profesional, por permitirme llegar hasta donde he llegado, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

**A mis padres**, por su apoyo incondicional, por los valores que me han inculcado, por ser excelentes ejemplos de vida a seguir, por sus consejos sabios que me han brindado para no dejarme caer y enfrentar los momentos más difíciles, por confiar en mí en todo momento y por haberme dado la oportunidad de tener una educación de calidad.

**A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza**, por haberme abierto las puertas de este prestigioso templo del saber, cuna de buenos profesionales. A los maestros de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental que con esmero fraguan en nosotros profesionales ejemplares, preparados para asumir los nuevos retos de la vida.

**A los asesores**, Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón y al Dr. Manuel Emilio Milla Pino, por sus conocimientos compartidos, orientaciones, sugerencias, paciencia, amistad, confianza, por su tiempo y por todas las facilidades brindadas para que este trabajo de investigación fuera posible.

**A los miembros del jurado**, M.S.c. Jaris Emmanuel Veneros Guevara, Ing. Guillermo Idrogo Vásquez y al Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje, quienes, con sus observaciones, recomendaciones y sugerencias permitieron que este trabajo de investigación se realice con éxito.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. Policarpio Chauca Valqui**

RECTOR

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**Dra. Flor Teresa García Huamán**

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

**Ing. M.Sc. Edwin Díaz Ortiz**

DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, yo Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón, quien suscribe, hago constar que he asesorado en la elaboración y ejecución de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS AGRÍCOLAS PERIURBANOS DE LA PROVINCIA DE UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ”**, presentado por la tesista egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM – Amazonas:

**Bach. Liz Jhoana Astonitas Carrasco**

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza quien suscribe, da el Visto Bueno al informe final de la tesis en mención.

Chachapoyas, octubre del 2020



---

**Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón**

Asesor

## **VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS**

Yo Dr. Manuel Emilio Milla Pino, quien suscribe, hago constar que he asesorado en la elaboración y ejecución de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS AGRÍCOLAS PERIURBANOS DE LA PROVINCIA DE UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ”**, presentado por la tesista egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM – Amazonas:

**Bach. Liz Jhoana Astonitas Carrasco**

El que suscribe da el visto bueno al informe final de la tesis en mención.

Chachapoyas, octubre del 2020



---

**Dr. Manuel Emilio Milla Pino**

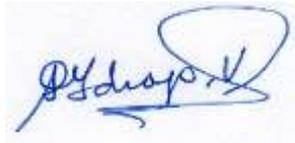
Co-Asesor

## JURADO EVALUADOR



---

**M.S.c. Jaris Emmanuel Veneros Guevara**  
Presidente



---

**Ing. Guillermo Idrogo Vásquez**  
Secretario



---

**Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje**  
Vocal

**ANEXO 3-O**

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

**EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS AGRÍCOLAS PERIURBANOS  
DE LA PROVINCIA DE UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ**

presentada por el estudiante ( )/egresado (**x**) \_\_\_\_\_

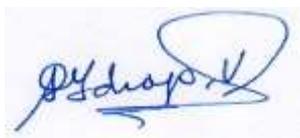
de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** \_\_\_\_\_

con correo electrónico institucional **jhoanaweb@hotmail.com** \_\_\_\_\_

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene **10** % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (**x**) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene **—** % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, **08** de **diciembre** del **2020**



SECRETARIO



PRESIDENTE



VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 19 de octubre del año 2020, siendo las 05:30 pm horas, el aspirante Astonitas Carrasco Liz Jhoana defiende en sesión pública la Tesis titulada: Evaluación de Contaminantes en Suelos Agrícolas Periurbanos de la Provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú

para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : M.Sc. Jaris Emmanuel Veneros Guevara  
Secretario : Ing. Guillermo Idrogo Vásquez  
Vocal : Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 07:25 pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....



## ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR.....	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL .....	ix
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
2.1. Descripción del área de estudio.....	22
2.2. Flujograma del proceso metodológico.....	24
2.3. Muestreo.....	25
2.3.1. Muestreo preliminar de la situación física y química del suelo.....	25
2.3.2. Muestreo definitivo del suelo en el área de estudio.....	27
2.4. Distribución de los puntos de muestreo.....	29
Plan de muestreo de suelos.....	30
2.5. Recolección de muestras de suelo.....	33
2.6. Análisis de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo.....	36
2.7. Análisis de metales de las muestras de suelo.....	36
2.8. Procesamiento de datos y análisis de la información.....	36
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>

3.1. Análisis preliminar de los parámetros físicos y químicos de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba.....	37
3.1.1. pH.....	39
3.1.2. Conductividad Eléctrica (C.E).....	40
3.1.3. Materia Orgánica (M.O).....	41
3.1.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C).....	43
3.1.5. Análisis Mecánico (arena, limo y arcilla) en ambos márgenes del río Utcubamba.....	44
3.1.6. Clase textural.....	47
3.1.7. Comparación de medias de los parámetros físico-químicos (F-Q).....	48
3.2. Análisis del contenido de metales en los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba.....	50
3.3. Análisis de las concentraciones de metales en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.....	55
3.3.1. Arsénico (As).....	55
3.3.2. Bario (Ba).....	57
3.3.3. Cadmio (Cd).....	58
3.3.4. Mercurio (Hg).....	59
3.3.5. Plomo (Pb).....	60
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
4.1. Parámetros físico-químicos (F-Q) de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba.....	62
4.2. Metales en los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba....	64
4.3. Concentraciones de metales pesados con las normativas que regulan la calidad de los suelos en el Perú, Ecuador, Canadá y México.....	66
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estadísticos descriptivos de los parámetros físico-químicos.....	37
<b>Tabla 2.</b> Comparación de estadísticos descriptivos de parámetros F-Q del margen derecho e izquierdo del río Utcubamba.....	38
<b>Tabla 3.</b> Clases texturales mayoritarias en los 10 puntos de muestreo.....	47
<b>Tabla 4.</b> Datos comparativos de las clases texturales en ambos márgenes del río Utcubamba.....	47
<b>Tabla 5.</b> Prueba T de Student para muestras independientes de los parámetros físico-químicos .....	49
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos descriptivos de macro y micronutrientes.....	50
<b>Tabla 7.</b> Estadísticos descriptivos de los metales.....	51
<b>Tabla 8.</b> Estadísticos descriptivos de los metales del margen derecho e izquierdo del río Utcubamba .....	52
<b>Tabla 9.</b> Datos comparativos del contenido de Hg en los suelos arroceros de ambos márgenes del río Utcubamba.....	60
<b>Tabla 10.</b> Comparación de ECAs para suelos entre Perú y Ecuador.....	67
<b>Tabla 11.</b> Comparación de ECAs para suelos entre Perú y Canadá.....	67
<b>Tabla 12.</b> Comparación de ECAs para suelos entre Perú y México.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del área de estudio (en la provincia de Utcubamba) .....	23
<b>Figura 2.</b> Proceso metodológico de la investigación.....	24
<b>Figura 3.</b> Distribución de los puntos de muestreo.....	25
<b>Figura 4.</b> Parcelas con cultivos de arroz a ambos márgenes del río Utcubamba y sitios del muestreo preliminar .....	26
<b>Figura 5.</b> Segmentación del área de estudio en zona alta, media y baja.....	28
<b>Figura 6.</b> Georreferenciación de los puntos de muestreo para el análisis de metales y puntos de muestreo.....	35
<b>Figura 7.</b> Procedimiento de recolección de muestras.....	33
<b>Figura 8.</b> Valores de pH de ambos márgenes del río Utcubamba.....	39
<b>Figura 9.</b> Diagrama de caja y bigotes del pH para ambos márgenes del río.....	40
<b>Figura 10.</b> Valores de la C.E de ambos márgenes del río Utcubamba.....	41
<b>Figura 11.</b> Diagrama de caja y bigotes de la C.E para ambos márgenes del río Utcubamba.....	41
<b>Figura 12.</b> Valores de la M.O de ambos márgenes del río Utcubamba.....	42
<b>Figura 13.</b> Diagrama de caja y bigotes de la M.O para ambos márgenes del río.....	42
<b>Figura 14.</b> Valores de la C.I.C de ambos márgenes del río Utcubamba.....	43
<b>Figura 15.</b> Diagrama de caja y bigotes de la C.I.C para ambos márgenes del río.....	44
<b>Figura 16.</b> Valores del Análisis Mecánico de ambos márgenes del río Utcubamba.....	45
<b>Figura 17.</b> Diagrama de caja y bigotes del Análisis Mecánico (arena, limo y arcilla) para ambos márgenes del río Utcubamba.....	46
<b>Figura 18.</b> Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen derecho del río Utcubamba .....	53
<b>Figura 19.</b> Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen izquierdo del río Utcubamba.....	53
<b>Figura 20.</b> Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen derecho del río Utcubamba (excluyendo el aluminio) .....	54
<b>Figura 21.</b> Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen izquierdo del río Utcubamba (excluyendo el aluminio).....	54
<b>Figura 22.</b> Concentraciones de arsénico en las 20 muestras .....	56
<b>Figura 23.</b> Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de As para ambos márgenes del río Utcubamba .....	56
<b>Figura 24.</b> Concentraciones de bario en las 20 muestras.....	57

<b>Figura 25.</b> Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Ba para ambos márgenes del río Utcubamba.....	58
<b>Figura 26.</b> Concentraciones de cadmio en las 20 muestras.....	58
<b>Figura 27.</b> Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Cd para ambos márgenes del río Utcubamba.....	59
<b>Figura 28.</b> Concentraciones de plomo en las 20 muestras.....	60
<b>Figura 29.</b> Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Pb para ambos márgenes del río Utcubamba.....	61

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en los suelos agrícolas periurbanos de la provincia de Utcubamba, con el objeto de evaluar contaminantes en los suelos agrícolas. Se planteó un proceso metodológico transversal que consistió en un muestreo preliminar de los parámetros físicos y químicos del suelo de ambos márgenes del río Utcubamba, seguidamente se realizó un muestreo definitivo donde se analizaron los metales en 20 muestras de suelo obtenidos de ambos márgenes del río Utcubamba. El procesamiento de datos y análisis de la información se desarrolló mediante el programa estadísticos SPSS, se realizaron pruebas de T de Student para muestras independientes para aquellas variables con distribución normal. Los resultados del muestreo preliminar mostraron heterogeneidad en las características físicas y químicas de los suelos analizados, el muestreo definitivo documentó que el contenido de metales se encuentran de acuerdo al siguiente orden: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg, no registrándose la presencia de Se, Ag y Tl. Así mismo, los metales analizados muestran contenidos inferiores a los estándares establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM (ECA<sub>s</sub>), con excepción del contenido de Cd que se encontró un valor de 2.26 mg.kg<sup>-1</sup>, por encima del estándar establecido.

**Palabras clave:** Calidad del suelo, concentración de metales, cultivos de arroz.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in the periurban agricultural soils of the Utcubamba province, in order to evaluate contaminants in agricultural soils. A cross-sectional methodological process was proposed that consisted of a preliminary sampling of the physical and chemical parameters of the soil on both banks of the Utcubamba River, followed by a definitive sampling where metals were analyzed in 20 soil samples obtained from both banks of the Utcubamba River. Data processing and information analysis was developed using the SPSS statistical program, Student's T tests were performed for independent samples for those variables with normal distribution. The results of the preliminary sampling showed heterogeneity in the physical and chemical characteristics of the soils analyzed, the final sampling documented that the metal content is in the following order: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg, not registering the presence of Se, Ag and Tl. Likewise, the metals analyzed show contents lower than the standards established in the D.S. N ° 011-2017-MINAM (ECAs), with the exception of the Cd content, which found a value of 2.26 mg.kg<sup>-1</sup>, above the established standard.

**Key words:** Soil quality, concentration, metals, rice crops.

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural renovable agotable, que cumple una variedad de funciones vitales en nuestra sociedad (Kelepertzis, 2014); entre las principales, almacenamiento y filtración de agua, sostenimiento de la biodiversidad, ciclo de nutrientes, regulación del clima y producción de alimentos (Burbano, 2016). Este recurso es la base para la agricultura y el medio en el que se desarrollan casi todas las plantas de las que obtenemos alimentos (FAO, 2015). En el Perú el 30.1% (38 742 465 ha) de la superficie del territorio nacional se enfoca en la actividad agropecuaria, de ellas el 18.5 % (7 125 007 ha) es superficie agrícola y el 81.5 % (31 617 457 ha) no agrícola; el mayor número de unidades agropecuarias están ubicadas en la sierra del Perú con 63.9%, seguida por la selva con 20.3% y finalmente la costa con 15.8%. A nivel Nacional, dentro de la superficie agrícola destacan los cultivos de papa; maíz amarillo duro; maíz amiláceo y arroz (INEI, 2013).

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial (Delince *et al.*, 2015). En el Perú el cultivo de arroz está constituido como el de mayor relevancia y componente esencial de la canasta básica de consumo nacional (Llonto, 2015); en el año 2011 fue el producto que más aportó al PBI agropecuario y agrícola, generó la mayor cantidad de empleos en el sector agrario (MINAGRI, 2013). Las principales regiones productoras de arroz en el Perú es la costa (Piura, Lambayeque, La Libertad) y la selva (San Martín, Amazonas, Loreto, Ucayali) (MINAGRI, 2019). El departamento de Amazonas cuenta con una superficie agrícola de 252 810.41 ha, de ellas se cultivan alrededor de 60 cultivos entre transitorios, permanentes y especiales, siendo el arroz en cáscara (44 474 ha) uno de los siete principales cultivos de esta región cultivado principalmente en las provincias de Utcubamba y Bagua (Albujar, 2018; INEI, 2013). En la provincia de Utcubamba se encuentra un total de 2 250 unidades agropecuarias con cultivos de arroz, en los que destacan las variedades de moro y capirona (INEI, 2013).

En los últimos años la demanda de arroz se ha incrementado y su producción se ha intensificado, provocando en los agricultores el uso excesivo de productos agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) para obtener mayores producciones (Sharafati *et al.*, 2016; Gómez, 2008). No obstante, los fertilizantes son esenciales para proporcionar nutrientes adecuados para el crecimiento de los cultivos y asegurar cosechas exitosas (Jiao *et al.*, 2012); las aplicaciones continuas de estos elementos incluyendo los plaguicidas (fungicidas, herbicidas, insecticidas), pueden causar degradación de los suelos, destruir poblaciones de microorganismos que actúan como controladores biológicos y contaminar

cuerpos de agua (Rueda *et al.*, 2011). El Centro Nacional de Información sobre Plaguicidas (2015), registra que algunos plaguicidas se degradan rápidamente cuando se aplican a los suelos, otros pueden persistir durante largos periodos, en ello influye el tipo de suelo y el tipo de pesticida. Además, Kelepertzis (2014) muestra que la aplicación excesiva de productos agroquímicos contribuye significativamente en la elevación de concentraciones de metales pesados en suelos agrícolas.

Los metales pesados constituyen un serio peligro para la humanidad, una vez en el suelo, siguen varias vías que conducen a las cadenas tróficas (Delince *et al.*, 2015). Estos elementos pueden encontrarse en el suelo de forma natural (procedentes de la roca madre) o pueden ser incorporados de forma antropogénica (García *et al.*, 2002), por ejemplo, en la actividad agrícola se introducen en el suelo grandes cantidades de diferentes productos que contienen metales pesados (Micó, 2005). En este mismo contexto, Mahecha *et al.*, (2015) muestra registros de metales pesados en los fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn) y compost (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn), todos ellos empleados en los diversos sistemas de producción agrícola. Muchos de los metales mencionados (As, Cd, Pb) pueden llegar hasta el ser humano a través del consumo de arroz atentando contra su salud (Peralta *et al.*, 2009). El interés por los metales pesados en los suelos agrícolas está relacionado con su capacidad de acumulación en el perfil del suelo hasta concentraciones tóxicas, y riesgos para la salud humana, no obstante, su biodegradabilidad y su interacción con las diferentes propiedades del suelo que determinan su acumulación, movilidad y biodisponibilidad hacia otros componentes del ecosistema (Rueda *et al.*, 2011).

Los metales pesados una vez incorporados en el suelo pueden quedar retenidos en él o pueden ser movilizados, siendo las características del suelo (pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, entre otros) un factor importante que influye en su movilización (Prieto *et al.*, 2009). Por otro lado, García & Dorronsoro (2005) describen que los metales pesados pueden pasar a la atmósfera por volatilización o pueden ser absorbidos por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas. Así mismo, Barrio (2017) muestra que el plomo puede ser inmovilizado por el suelo gracias a la materia orgánica y la arcilla; sin embargo, si el pH es ácido este elemento se vuelve móvil y será tomado por las plantas; al mismo tiempo describe que el cadmio se acumula en los horizontes superficiales de los suelos pero puede emigrar hasta la capa freática y a bajo pH aumenta

su asimilación por las plantas; el arsénico en el suelo dependerá del pH y su actividad biológica, estando su disponibilidad para las plantas restringida por la presencia de hierro, arcilla y materia orgánica, finalmente da a conocer que la biodisponibilidad de cobre varía según los valores de pH, materia orgánica y arcilla.

Ante la necesidad de manejar y conservar el suelo, la comunidad científica internacional y las autoridades a nivel mundial han planteado establecer indicadores de calidad del mismo para conservarlo y mejorar la productividad de manera sostenible (Guzmán *et al.*, 2019). En el Perú el Ministerio del Ambiente aprobó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, donde se establecen parámetros de calidad ambiental en suelos, estos valores se sustentan en un análisis de factores que inciden en la salud pública y calidad ambiental, y se basan en las últimas investigaciones científicas, así como en los estándares que establecen organizaciones internacionales (MINAM, 2017). La aplicación de los ECAs exige la realización de análisis de suelo, cuyos resultados deben ser comparados con los parámetros establecidos en la normativa para la toma de decisiones; estos análisis nos permiten determinar el estado de fertilidad del suelo (Pérez, 2013).

A nivel internacional, varios autores han contribuido con publicaciones sobre la concentración de metales pesados en diversos suelos, dentro de ellos Pozo *et al.*, (2011) registra la concentración de metales pesados en humedales costeros donde se cultiva arroz. La metodología empleada se basó en un análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos y mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica para determinar la concentración de los elementos metálicos. Además, realizaron análisis para el contenido de plomo en el suelo, raíces, tallos y hojas de plantas de arroz. Como resultados obtuvieron que la concentración en promedio de Cu; Fe; Mn y Zn fue de 48.8; 8.7; 343 y 33.9 mg.Kg<sup>-1</sup> respectivamente, y no se detectaron la presencia de Hg en el análisis. Mahecha *et al.*, (2015) registra el contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari-Colombia en suelos agrícolas con más de 10 años de producción sin descanso. La concentración de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) fueron determinados mediante el método de digestión de ácido nítrico, ácido clorhídrico y peróxido de hidrógeno y espectrofotometría de absorción atómica. Como resultados obtuvieron que el Pb, Ni, Zn, Cu y Cr presentan valores medios de 16.7; 7.5; 58.6; 17.6 y 11.9 mg.Kg<sup>-1</sup>; respectivamente, encontrándose el Cd por debajo del límite de cuantificación.

Tóth *et al.*, (2015), registra concentración de metales pesados en suelos agrícolas con implicaciones para la seguridad alimentaria en Europa. Analiza el contenido de metales pesados (As, Cd, Cu, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb y Zn). El 6.24% de muestras con cualquier tipo de concentración de metales se encuentran por encima del valor de referencia establecido para tierras agrícolas, lo que sugiere que un estimado de 137 000 Km<sup>2</sup> de tierras agrícolas se ven afectados; además, el 2.56% de las muestras de tierras agrícolas contenían metales pesados en concentraciones que requerirían remediación.

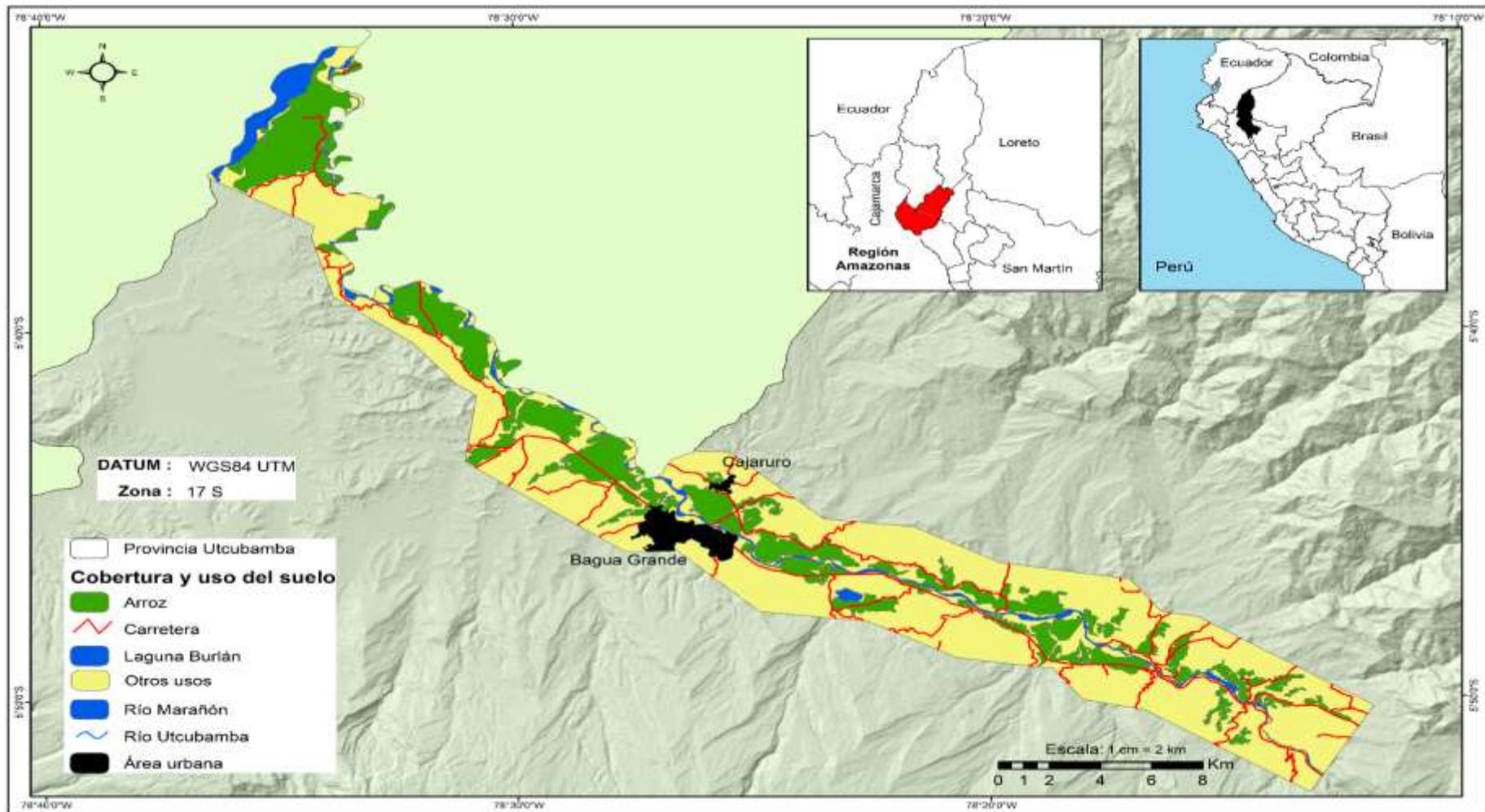
A nivel nacional los estudios en esta línea del conocimiento son escasos, entre algunos podemos mencionar a Condori (2016), quien documenta niveles de Boro y Arsénico en suelos agrícolas en Arequipa. Los resultados demostraron que se trata de suelos aptos para la agricultura. Así mismo el boro se encontró en concentraciones muy altas 221 y 346.5 mg.Kg<sup>-1</sup> y el arsénico en concentraciones que oscilan los 49.1 y 57.1 mg.Kg<sup>-1</sup>. Siendo el arsénico quien estaría superando los límites máximos permitidos de arsénico, según el Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos”. Maquerhua & Valverde (2012), registra los niveles de contaminación de suelos en la provincia de Jauja-Huancayo. Realizaron un muestreo sistemático por cuadrícula en cada lote. Las muestras fueron tomadas a intervalos regulares (20 pasos). Las sub muestras se mezclaron para hacer la muestra representativa de cada lote. Como resultados obtuvieron que los suelos se encuentran contaminados con los siguientes elementos metálicos: As, B, Cd y Zn en las concentraciones de 48.3; 11.4; 4.28 y 777.9 ppm respectivamente. No obstante, es importante mencionar que en la región Amazonas no se han realizado investigaciones relacionadas a este tema, aun los esfuerzos de investigadores apenas dan luces con dificultad.

En esta investigación se consideró como objetivo general: evaluar los contaminantes en suelos agrícolas periurbanos de la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú. Y como objetivos específicos: Caracterizar los parámetros físico-químicos (F-Q) de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba; determinar las concentraciones de metales en las muestras representativas y analizar los resultados obtenidos de las concentraciones de metales pesados con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, establecido por la normatividad peruana.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Descripción del área de estudio:**

El ámbito de estudio se encuentra ubicado en la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú. Es una de las siete provincias que conforman el departamento de Amazonas, se encuentra a una altitud de 440 m.s.n.m., tiene una extensión de 3 860 km<sup>2</sup> y se ubica entre las coordenadas geográficas 77°51'7 y 78°42'12 longitud Oeste y, 5°23'25 y 6°10'53 latitud Sur. Limita por el Norte con la provincia de Bagua y Condorcanqui; por el Este con la provincia de Bongará; por el Sur con la provincia de Luya; y por el Oeste con el Departamento de Cajamarca. Su capital es la ciudad de Bagua Grande. El estudio se realizó en los suelos agrícolas periurbanos con cultivos de arroz, en ambos márgenes del río Utcubamba (Figura 1), entre los meses de setiembre del 2019 y enero del 2020.

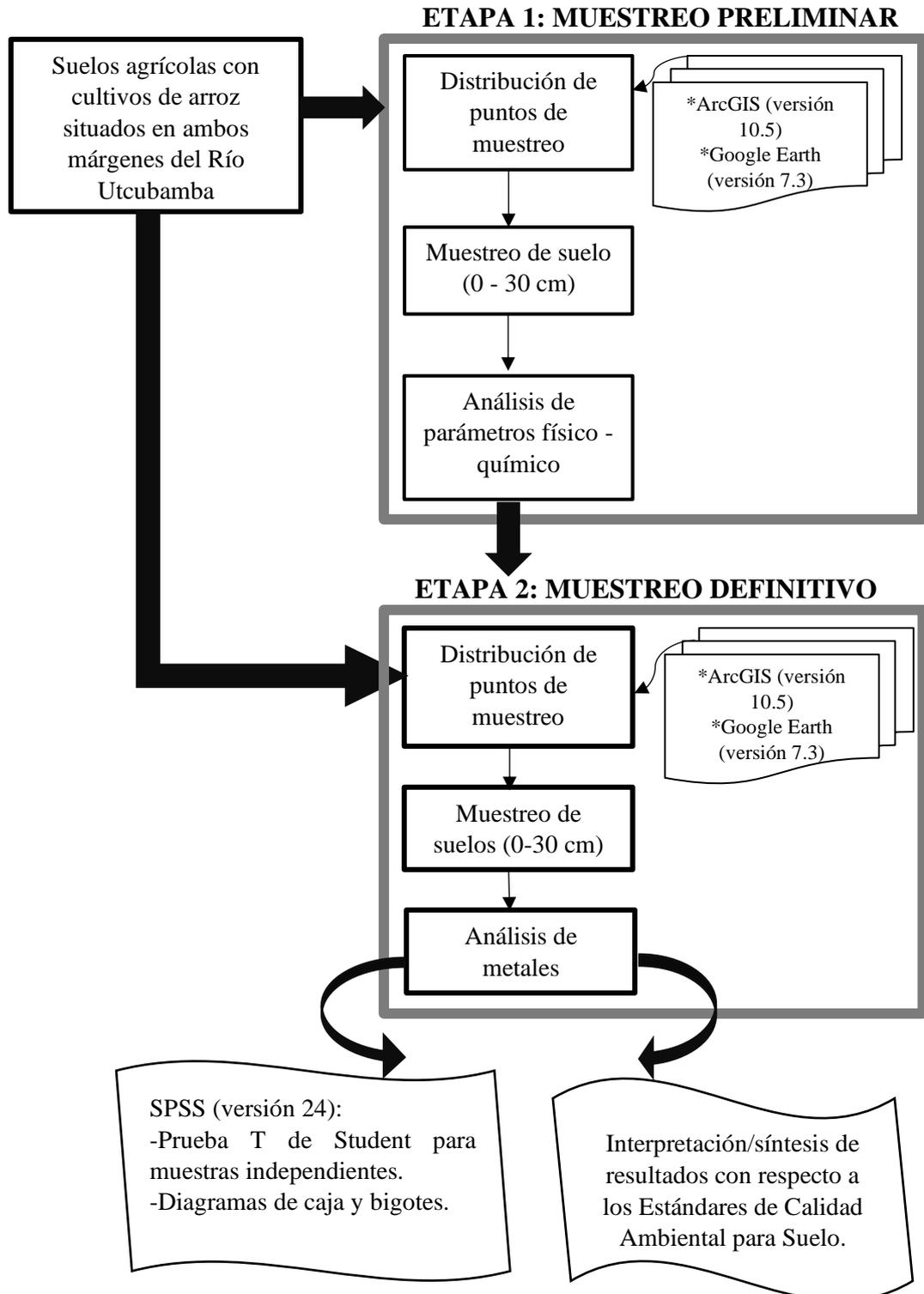


**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio (en la provincia de Utcubamba)

Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Flujograma del proceso metodológico

Para evaluar los contaminantes en los suelos agrícolas periurbanos de la provincia de Utcubamba, se siguió el proceso metodológico transversal, puesto que la recolección de datos se realizó en un solo momento o tiempo único, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Proceso metodológico de la investigación

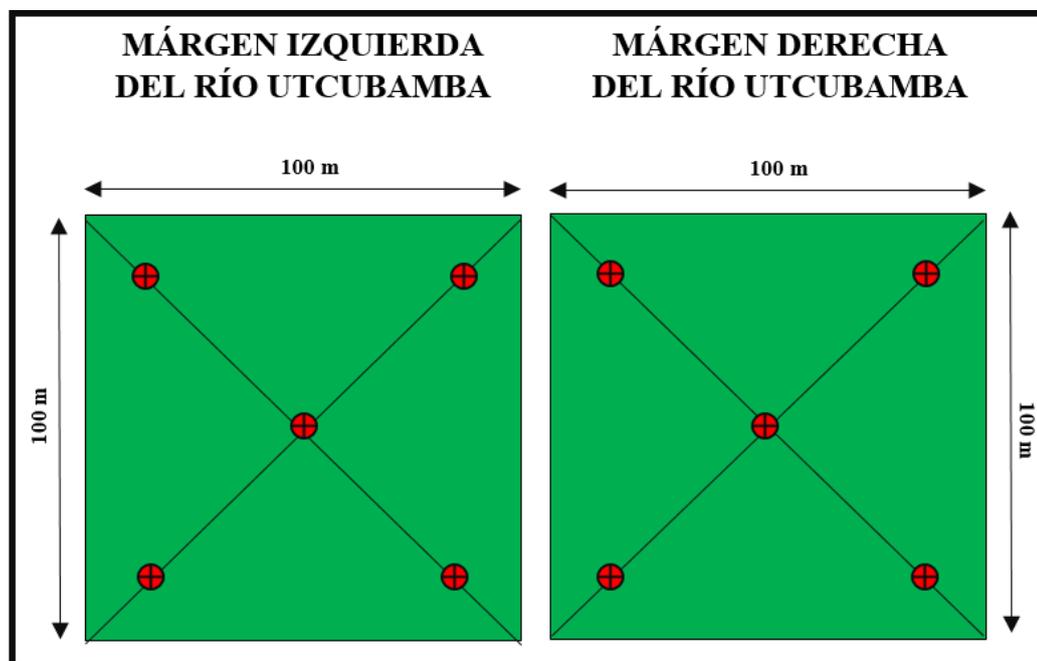
## 2.3. Muestreo

### 2.3.1. Muestreo preliminar de la situación física y química del suelo

El muestreo preliminar estuvo basado en detectar homogeneidad o heterogeneidad en los parámetros físicos y químicos de los suelos arroceros en el margen izquierdo y derecho del río Utcubamba. Este muestreo determinó el grado de asociación y diferencias en las características del suelo; con la finalidad de detectar características de similitudes o diferencias determinantes para un muestreo definitivo.

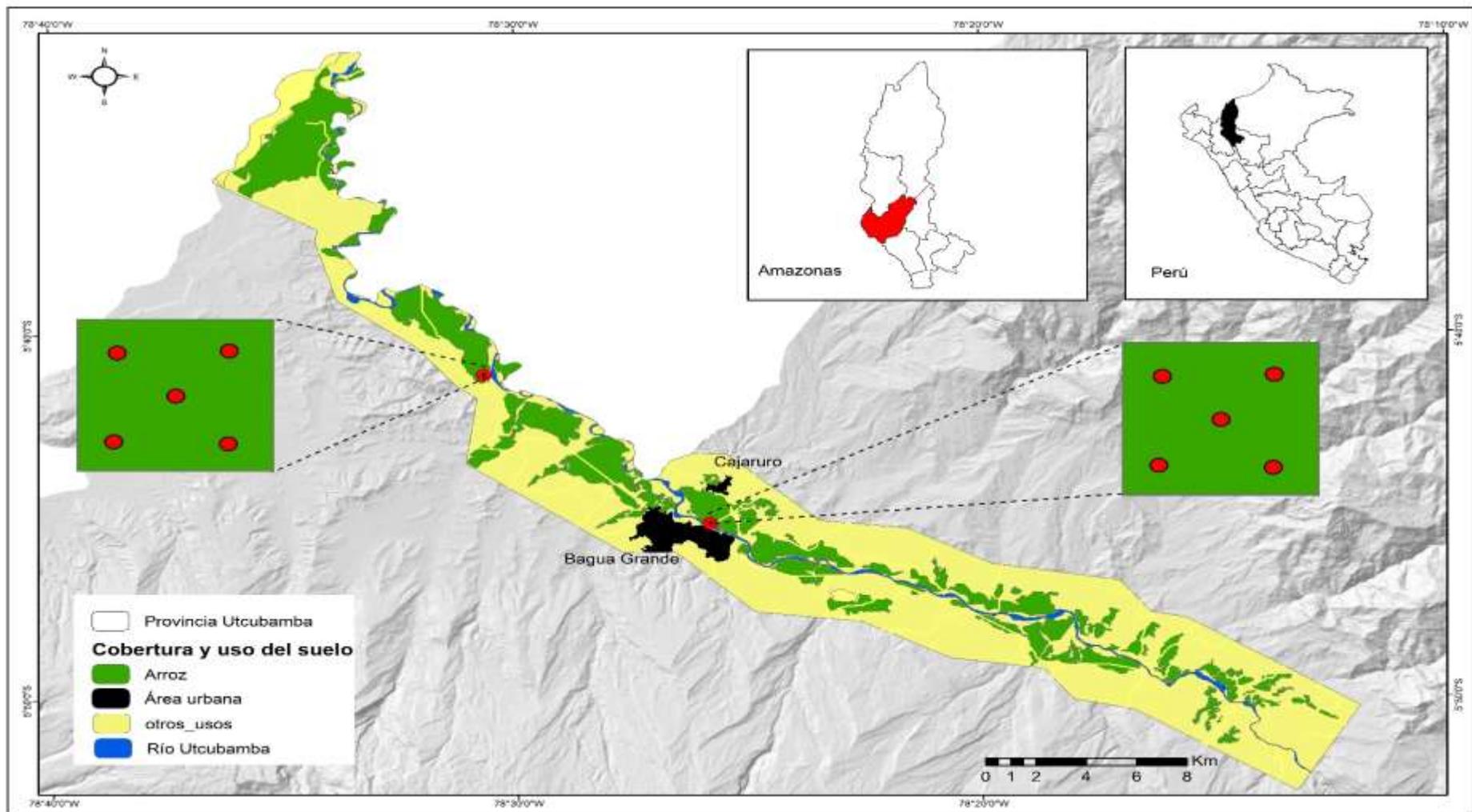
Para la selección de los sitios de muestreo, se establecieron las condiciones que se deberían cumplir para lograr el objetivo de este trabajo. Las condiciones que se establecieron fueron las siguientes:

- Establecer un área de 1 ha, en cada margen del río Utcubamba (suelos arroceros).
- Tomar muestras de suelos de los extremos y parte central del área de 1 ha (Figura 3).
- Georreferenciar los puntos muestreados (Figura 4).
- Analizar en laboratorio individualmente cada muestra de suelo para determinar sus parámetros físicos y químicos.
- Las muestras deberán ser colectadas antes de la siembra o después de la cosecha, con la finalidad de evitar sesgo en los datos físicos y químicos por fertilizantes o manejo agroquímico del área.



**Figura 3.** Distribución de los puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.** Parcelas con cultivos de arroz a ambos márgenes del río Utcubamba y sitios del muestreo preliminar

Fuente: Elaboración propia

### **2.3.2. Muestreo definitivo del suelo en el área de estudio**

Previo a realizar el muestreo definitivo se hizo una segmentación del área de estudio, específicamente de las áreas con cultivos de arroz. Así mismo se realizó una estratificación del área de estudio con la finalidad de garantizar que todos los segmentos que conforman la población estén debidamente representados en la muestra.

El área se estratificó en zona alta, media y baja (Figura 5), mediante el software ArcGIS (versión 10.5), para el cual se utilizó un Modelo de Elevación Digital (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 metros de resolución, y finalmente se realizó una reclasificación de acuerdo a los siguientes rangos altitudinales:

- **Zona alta:** 670 m.s.n.m – 1023 m.s.n.m
- **Zona media:** 510 m.s.n.m – 670 m.s.n.m
- **Zona baja:** 360 m.s.n.m – 510 m.s.n.m

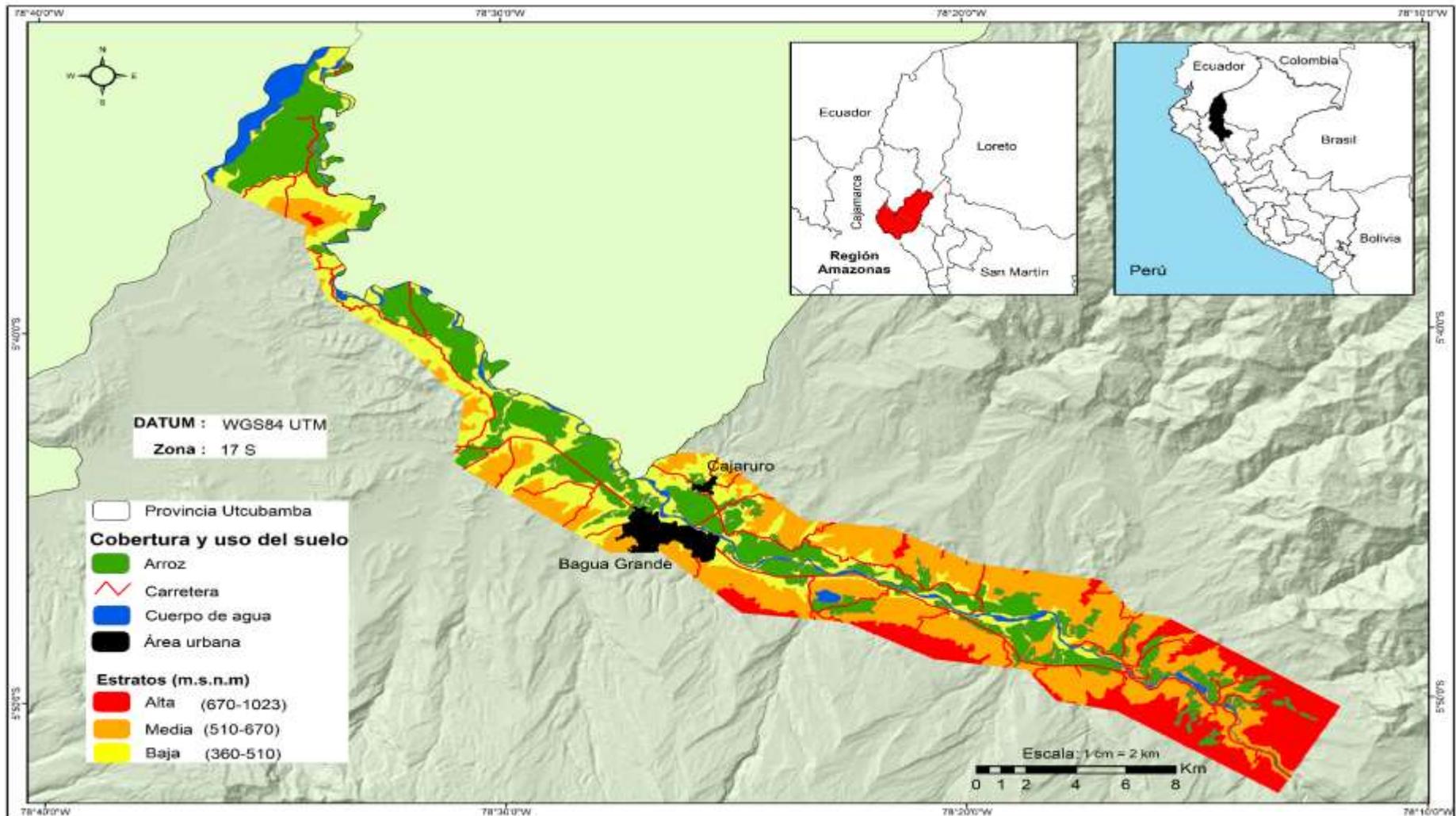


Figura 5. Segmentación del área de estudio en zona alta, media y baja

Fuente: Elaboración propia

#### **2.4. Distribución de los puntos de muestreo.**

La distribución de puntos de muestreo para determinar la concentración de metales en los suelos arroceros se realizó teniendo en cuenta dos aspectos importantes: a) que la zona con mayor superficie de parcelas arroceras sea la que aporte con la mayor cantidad de muestras al estudio y b) teniendo en cuenta que en los resultados del estudio preliminar (caracterización de suelos) se determinaron que los parámetros físico-químicos del suelo en ambos márgenes del río Utcubamba son heterogéneos; indicando con ello la necesidad de realizar el muestreo en ambos lados del río Utcubamba, ya que si los resultados hubieran dado parámetros físico-químicos homogéneo, el muestreo para evaluar los contaminantes en suelo arroceros se realizaría únicamente a una margen del río, ya sea el margen derecho o el margen izquierdo.

Para analizar los contaminantes (metales) en los suelos arroceros, se realizó la distribución de puntos de muestreo en ambos márgenes del río Utcubamba, formando un total de 20 puntos de muestreo (10 en el margen derecho del río Utcubamba y 10 en el margen izquierdo) distribuidos de la siguiente manera (Figura 6):

- **Zona alta:** se consideraron un total de 4 puntos de muestreo (2 en el margen derecho del río y 2 en el margen izquierdo).
- **Zona media:** en este caso se consideraron un total de 6 puntos de muestreo (3 en el margen derecho del río y 3 en el margen izquierdo) debido a que la presencia de las parcelas con cultivos de arroz en esta zona es mayor con respecto a la zona alta.
- **Zona baja:** aquí se encuentran la mayor cantidad de parcelas arroceras, por lo tanto, esta zona es la que aportó con la mayor cantidad de muestras. En este caso se determinaron un total de 10 puntos de muestreo (5 en el margen derecho del río y 5 en el margen izquierdo).

Para la extracción de muestras, se elaboró un plan de muestreo que se describe a continuación:

## PLAN DE MUESTREO DE SUELOS

### I. DATOS GENERALES:

#### 1.1. Objetivo del muestreo.

Obtener muestras representativas de los suelos agrícolas periurbanos de la provincia de Utcubamba para realizar análisis de metales.

#### 1.2. Localización del sitio:

El muestreo se realizará en suelos arroceros utilizados en la agricultura periurbana en la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú.

#### 1.3. Delimitación de la zona de muestreo.

El muestro será realizado en las parcelas arroceras que se encuentren en la margen derecho e izquierdo del río Utcubamba, en la provincia de Utcubamba.

#### 1.4. Parámetros a estudiar.

Metales.

#### 1.5. Norma de referencia para el muestreo.

Guía para el muestreo de suelos, MINAM.

### II. PLANEACIÓN Y PROCEDIMIENTO DEL MUESTRO:

#### 2.1. Tipo de muestreo.

Se realizará un muestreo de Identificación con la finalidad de investigar la presencia de contaminantes en los suelos agrícolas periurbanos de la provincia de Utcubamba, a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 011–2017– MINAM.

#### 2.2. Localización, distribución y número de muestras

- **Localización:** el muestreo será realizado en parcelas arroceras ubicadas en el margen izquierdo y derecho del río Utcubamba, en la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú.
- **Distribución:** para la distribución de las muestras se empleará un muestreo estadístico aleatorio estratificado; es decir, que el número de muestras estarán distribuidas proporcionalmente en todos los estratos del área en estudio (zona alta, media y baja según la altitud), y en cada estrato se aplicará un muestreo aleatorio simple de manera independiente teniendo en cuenta que el estrato con mayor área aporte la mayor cantidad de muestras y el estrato de menor área aporte la menor cantidad de muestras.

- **Número de muestras:** Para este trabajo de investigación se recolectarán 20 muestras de suelos de los cultivos arroceros, de los cuales 10 muestras serán extraídas de las parcelas de cultivos de arroz que se encuentren en el margen derecho del río Utcubamba y 10 muestras del margen izquierdo, teniendo en cuenta que la distribución sea de acuerdo al tamaño del área de los estratos.

### **2.3. Tipo de muestras:**

Se extraerán un total de 20 muestras individuales, para ello se seleccionarán 20 parcelas de arroz (10 en el margen derecho del río Utcubamba y 10 en el margen izquierdo) distribuidos en los tres estratos. Una vez identificado los puntos de muestreo en cada parcela se debe remover con cuidado toda la cubierta vegetal del lugar de muestreo mediante el uso de una pala, evitando extraer material del suelo. Seguidamente con una pala realizar un corte en forma de “V” en el suelo, a una profundidad de 0 – 30 cm, evitando que, al extraer la muestra, el suelo se desmorone. El mismo procedimiento se aplicará para las 20 muestras.

### **2.4. Número total de puntos de muestreo.**

Se seleccionará 20 parcelas de arroz de las cuales se obtendrán una muestra individual por cada parcela.

### **2.5. Profundidad de muestreo.**

La Guía para Muestreo de Suelos – MINAM, señala que para extraer muestras de suelos agrícolas se debe de realizar a una profundidad de 0 – 30 cm.

### **2.6. Equipo de muestreo de suelo.**

Para la extracción de las muestras de suelo y teniendo en cuenta que se obtendrán muestras superficiales se utilizará una pala para extraer el suelo, bolsa plástica y un cucharón de plástico para homogenizar las muestras, balanza para pesar la cantidad de muestra requerida, bolsas ziploc para el almacenamiento de las muestras; así mismo se hará uso de un GPS para georreferenciar las parcelas y puntos de muestreo.

### **2.7. Equipo de protección personal de los involucrados en el muestreo.**

La persona encargada del muestreo contará con equipos de protección personal tales como guantes, botas, entre otros.

## **2.8. Tipo de recipiente y cantidad de la muestra.**

Las muestras serán almacenadas en bolsas ziploc con una cantidad de 0.5 kg aproximadamente en cada muestra.

## **2.9. Clave única de identificación de las muestras.**

Cada muestra contará con un código de identificación única para evitar cualquier tipo de error.

## **2.10. Laboratorio**

Las muestras de suelo obtenidas de las parcelas con cultivos de arroz serán llevadas al laboratorio “Servicios Analíticos Generales” S.A.C, debidamente etiquetadas, para los análisis respectivos.

## 2.5. Recolección de muestras de suelo

Dado que las características del suelo en el muestreo preliminar, documentaron cuantitativamente diferencias en el suelo del margen izquierdo y derecho del río Utcubamba, se hizo una recolección de muestras de suelo a ambos lados del río Utcubamba. Las muestras de suelo colectadas fueron simples para cada punto propuesto.

Se recolectaron un total de 20 muestras individuales de suelo arrocero para determinar la concentración de metales, de las cuales 10 fueron extraídas del margen derecho del río Utcubamba y 10 del margen izquierdo (Figura 6). En cada punto de muestreo se registraron las coordenadas geográficas mediante el uso de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

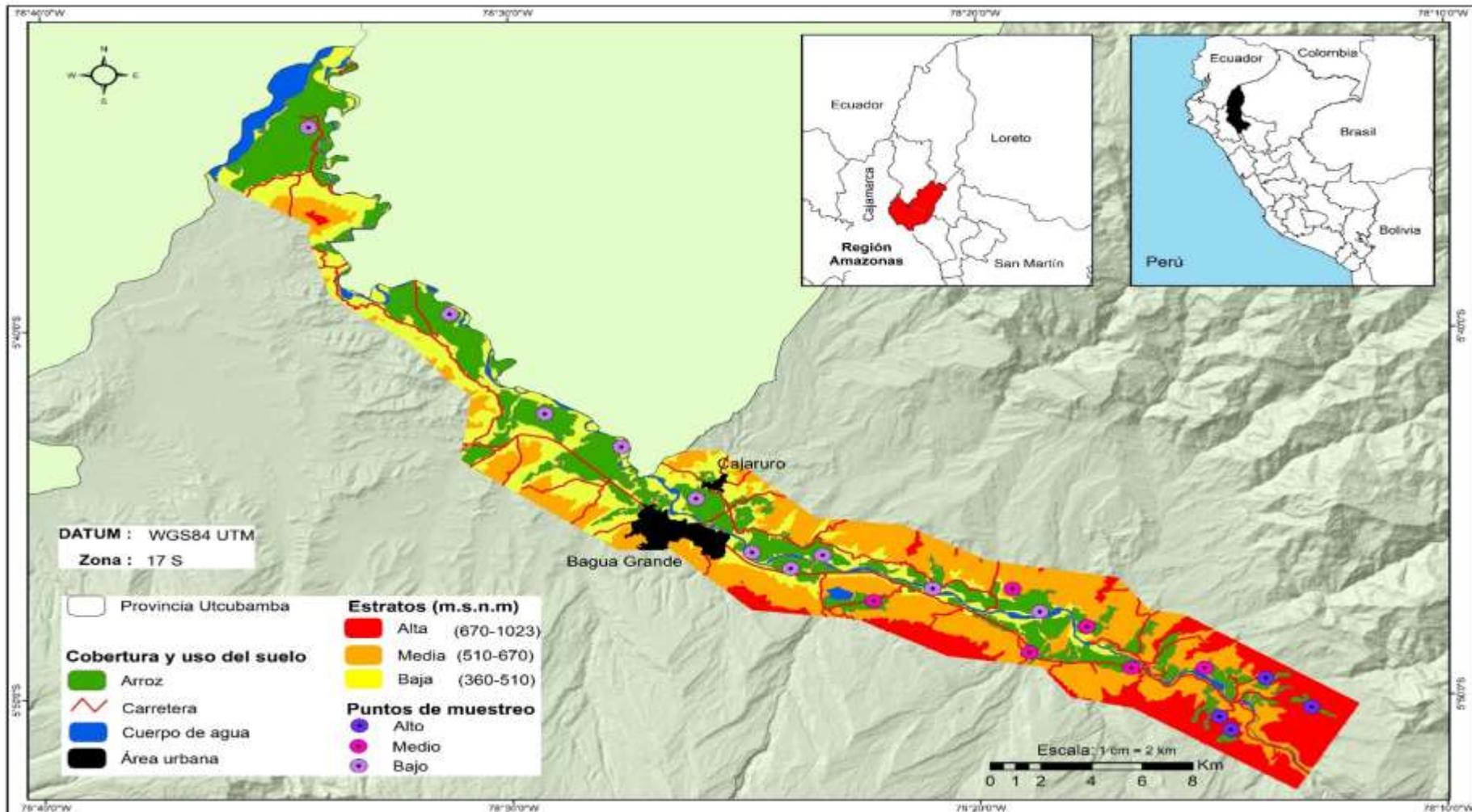
La recolección de las muestras de suelo en cada punto de muestreo consistió en un primer momento en la remoción de la cubierta vegetal mediante el uso de una pala, evitando extraer material del suelo. La profundidad de las muestras extraídas fue de 0-30 cm por tratarse de suelos agrícolas, tal y como está establecido en la Guía para Muestreo de Suelos (MINAM, 2014); para ello, con la ayuda de una pala se realizaron cortes en el suelo en forma de “V”, seguidamente se procedió a la eliminación de los bordes laterales del suelo extraído en la pala, quedando así únicamente la porción central de suelo lo que representa a la muestra (Figura 7). Cada muestra estuvo conformada por 0.5 kilogramos de suelo, las cuales fueron depositadas en bolsas ziploc debidamente rotuladas.



**Figura 7.** Procedimiento de recolección de muestras

A continuación, se muestran los códigos que fueron asignados a las muestras en el momento de la recolección de las mismas:

- **Código M.I.Z.A:** margen izquierdo zona alta (2 muestras)
- **Código M.I.Z.M:** margen izquierdo zona media (3 muestras)
- **Código M.I.Z.B:** margen izquierdo zona baja (5 muestras)
- **Código M.D.Z.A:** margen derecho zona alta (2 muestras)
- **Código M.D.Z.M:** margen derecho zona media (3 muestras)
- **Código M.D.Z.B:** margen derecho zona baja (5 muestras)



**Figura 6.** Georreferenciación de los puntos de muestreo para el análisis de metales  
Fuente: Elaboración propia

## **2.6. Análisis de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo**

Las 10 muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM). El análisis consistió en una caracterización de suelos, donde los parámetros físico-químicos evaluados fueron: pH; C.E (Conductividad Eléctrica); P; K; C; M.O; N; Análisis mecánico, Clase textural y la C.I.C (Capacidad de Intercambio Catiónico).

## **2.7. Análisis de metales de las muestras de suelo**

Los análisis de metales en las muestras de suelos arroceros fueron realizados en el laboratorio S.A.G. (Servicios Analíticos Generales) S.A.C., el cual cuenta con acreditación ante INACAL bajo la norma ISO / IEC 17025:2017. Los elementos analizados son los siguientes: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

## **2.8. Procesamiento de datos y análisis de la información**

Se realizaron pruebas de T de Student para muestras independientes mediante el programa estadístico SPSS (versión 24). La prueba T de Student para muestras independientes se utiliza cuando las variables a analizar siguen una distribución normal, en este caso para todos los parámetros físico-químicos (pH, C.E; M.O; C.I.C y el contenido de arena, limo y arcilla). La distribución de las poblaciones de cada una de las variables analizadas se ha determinado mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

Así mismo, se realizaron diagramas de caja y bigotes debido a que es el único gráfico que conjuga en su seno las medidas de tendencia central, dispersión y posición, y permite explorar el comportamiento de las variables en este estudio; es decir, se han realizado con la finalidad de poder notar diferencias entre las categorías (margen derecho-margen izquierdo) de cada variable estudiada, además de poder identificar los valores atípicos (outliers).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis preliminar de los parámetros físicos y químicos de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba

Los parámetros físico-químicos analizados en este estudio fueron pH; C.E; M.O; C.I.C; Arena, Limo y Arcilla. Los estadísticos descriptivos de parámetros analizados en las 10 muestras de suelos arroceros obtenidos de ambos márgenes del río Utcubamba, se muestran en la Tabla 1.

Al realizar el análisis de los parámetros físico-químicos, se puede evidenciar que los suelos del área de estudio son moderadamente alcalinos, su pH varía de 7.94 a 8.28 con una desviación estándar de 0.11 y un valor promedio de 8.08. La Conductividad Eléctrica (C.E) presenta valores de 0.4 a 0.76 dS/m, con una media de 0.59 dS/m, indicando suelos muy ligeramente salinos (Tabla 1). Así mismo, los suelos del área de estudios se encuentran en una clasificación media tanto en el porcentaje de Materia Orgánica (M.O) como en su Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C) con valores entre 1.53% a 4.60% (media = 2.54%) y de 19.60 a 33.45 meq/100g (media = 27.81 meq/100g) respectivamente, indicando suelos adecuados para uso agrícola. En relación al análisis mecánico (Arena, Limo y Arcilla) los suelos presentan un mayor porcentaje de arcilla, seguido de arena y limo con valores promedios de 43.40 %, 39.80% y 16.80% respectivamente.

Las distribuciones de datos se determinaron mediante la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk donde se muestran que los valores de significancia de las variables estudiadas en ambos márgenes son mayores a 0,05; es decir, todas siguen una distribución normal.

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de los parámetros físico-químicos

	<b>pH</b>	<b>C.E</b>	<b>M.O</b>	<b>C.I.C</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>
<b>N</b>	10	10	10	10	10	10	10
<b>Mínimo</b>	7.94	0.40	1.53	19.60	20.00	14.00	32.00
<b>Máximo</b>	8.28	0.76	4.60	33.45	52.00	22.00	60.00
<b>Media</b>	8.08	0.59	2.54	27.81	39.80	16.80	43.40
<b>Desviación estándar</b>	0.11	0.13	0.94	4.82	11.01	2.53	9.38
<b>Distribución</b>	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

El análisis de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo de ambos márgenes del río Utcubamba, muestran diferencias (Tabla 2). El pH en ambos márgenes tiene valores promedios de 8.01 y 8.15 respectivamente, siendo su diferencia poco significativa, pero determinante en similitud, debido a que los suelos en ambos márgenes del río son moderadamente alcalinos. En cuanto a la C.E los suelos en ambos márgenes son ligeramente salinos, los valores promedios se encuentran por debajo de 2 dS/m; el contenido de materia orgánica presentan una diferencia en sus valores en ambos márgenes, margen derecho con valor promedio de 3.08%, indicando suelos con porcentaje medio de M.O, sin embargo en el margen izquierdo el valor medio de la M.O es < 2% (M.O = 1.99%) por lo tanto se ubica en una clasificación baja. La C.I.C en ambos márgenes sus valores se encuentran en un nivel medio.

En el análisis mecánico (arena, limo y arcilla) se observó diferencias significativas en sus valores. En el margen derecho suelos con mayor porcentaje de arena, seguido por arcilla y limo (Arena>Arcilla>Limo), y el margen izquierdo un mayor porcentaje de Arcilla, seguido por arena y limo (Arcilla>Arena>Limo).

En el análisis de los parámetros físico-químicos: pH; C.E; y C.I.C (Tabla 2) los valores aparentemente no difieren cuantitativamente, pero no son determinantes para considerar el área a ambos márgenes homogénea, por tal motivo el análisis para metales se realizó tanto en el margen derecho como en el margen izquierdo del río.

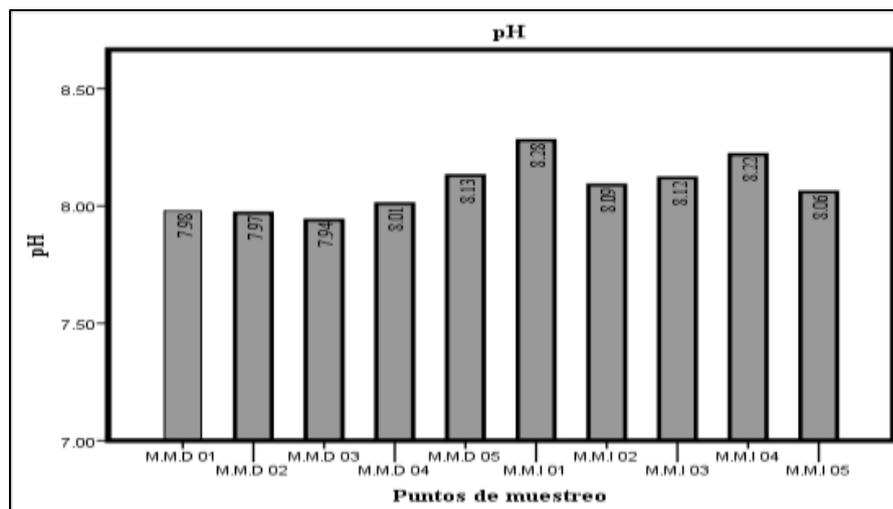
**Tabla 2.** Comparación de estadísticos descriptivos de parámetros F-Q del margen derecho e izquierdo del río Utcubamba

		<b>pH</b>	<b>C.E</b>	<b>M.O</b>	<b>C.I.C</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>
<b>MÁRGEN DERECHO</b>	<b>N</b>	5	5	5	5	5	5	5
	<b>Mínimo</b>	7.94	0.40	2.30	19.60	46.00	14.00	32.00
	<b>Máximo</b>	8.13	0.71	4.60	26.93	52.00	16.00	38.00
	<b>Media</b>	8.01	0.50	3.08	23.79	49.20	15.60	35.20
	<b>Desviación estándar</b>	0.07	0.12	0.92	2.85	2.28	0.89	2.28
<b>MÁRGEN IZQUIERDO</b>	<b>N</b>	5	5	5	5	5	5	5
	<b>Mínimo</b>	8.06	0.53	1.53	29.58	20.00	14.00	48.00
	<b>Máximo</b>	8.28	0.76	3.06	33.45	38.00	22.00	60.00
	<b>Media</b>	8.15	0.67	1.99	31.83	30.40	18.00	51.60
	<b>Desviación estándar</b>	0.09	0.09	0.62	1.92	6.84	3.16	4.98

### 3.1.1. pH

Como parte de esta investigación, se analizaron sus parámetros, examinándolos comparativamente. En relación a los valores de pH (Figura 8) las cinco primeras barras pertenecen al margen derecho del río Utcubamba (M.M.D 01 a M.M.D 05) y los cinco datos siguientes pertenecen al margen izquierdo del río (M.M.I 01 a M.M.I 05) haciendo un total de 10 muestras analizadas.

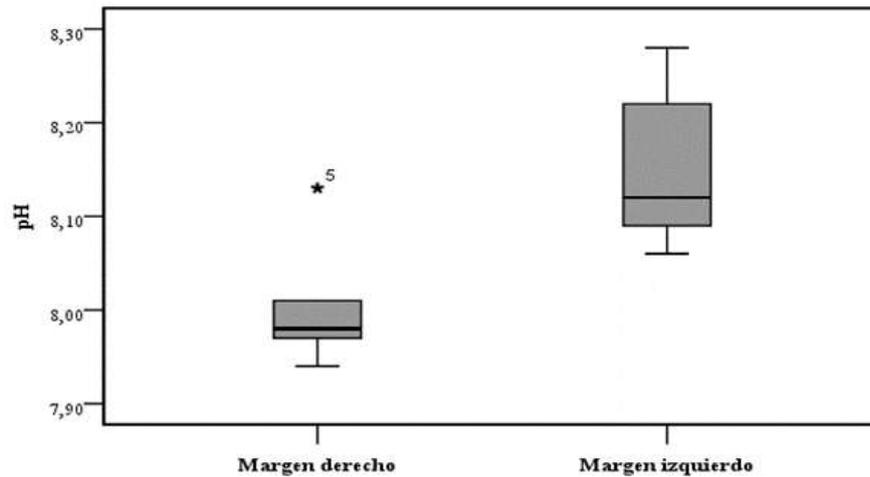
Los suelos agrícolas arroceros en ambos márgenes del río muestran valores de pH que oscilan entre 7.94 y 8.28; por lo tanto, de acuerdo a la tabla de interpretación del Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) son suelos moderadamente alcalinos ya que se encuentran dentro de los rangos 7.9 a 8.4.



**Figura 8.** Valores de pH de ambos márgenes del río Utcubamba

En la Figura 9 se muestra el diagrama de caja y bigotes en el que se comparan dos categorías (margen derecho-margen izquierdo) de una variable (pH), mostrando así la distribución de los valores del pH en cada margen del río Utcubamba (5 valores de pH por cada margen). En el diagrama se observa que los valores del pH están más dispersos en el margen izquierdo, y que el valor de la mediana es mayor que el del margen derecho, por otro lado la caja del margen izquierdo está conformada por los cuartiles de 25%, 50% y 75% cuyos valores son de 8.09, 8.12 y 8.22 respectivamente. La serie del margen derecho muestra un valor atípico extremo (outlier), el cual está representado por un asterisco (\*<sup>5</sup>), este valor indica que supera tres veces al tercer cuartil ( $Q_3 = 8.01$ ), en tal sentido el valor atípico extremo es de 8.13 que pertenece a la muestra cinco del margen derecho, la caja de esta categoría está conformada por el cuartil 25% que corresponde al

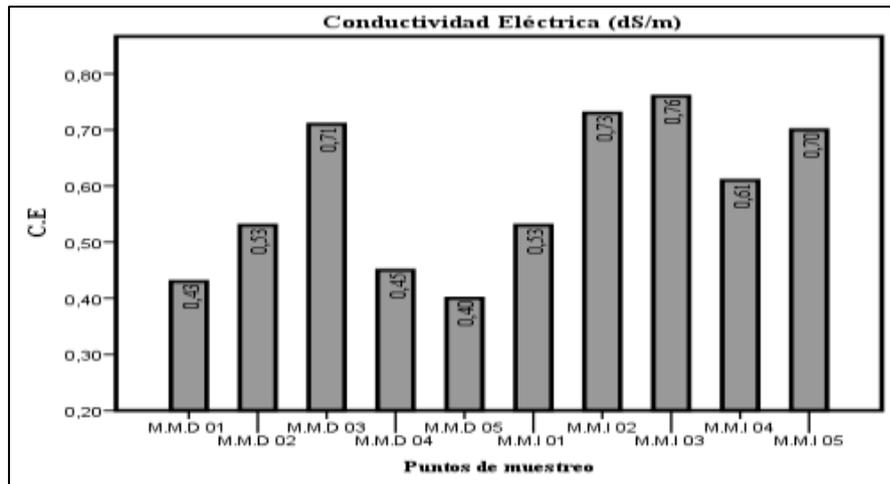
valor de 7.97 de pH, por la mediana o segundo cuartil cuyo valor es de 7.98 y el cuartil 75% con un valor de 8.1.



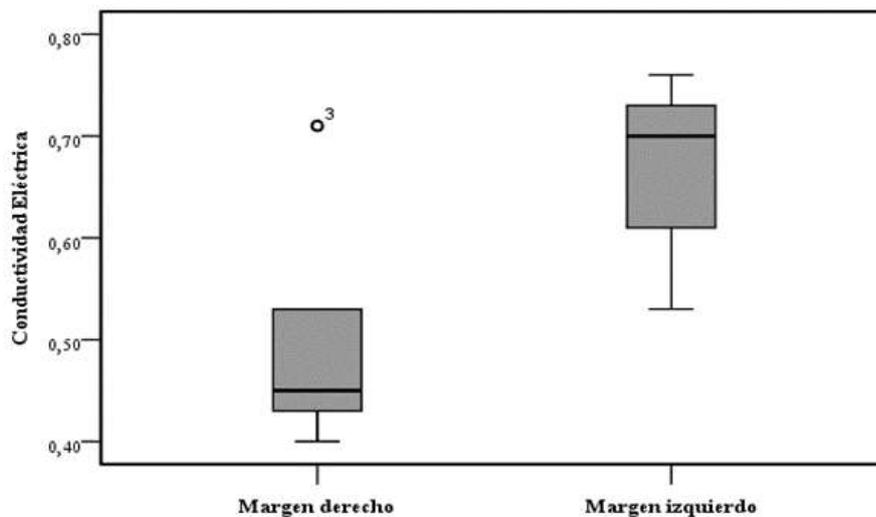
**Figura 9.** Diagrama de caja y bigotes del pH para ambos márgenes del río

### 3.1.2. Conductividad Eléctrica (C.E)

Los valores de la C.E en el margen derecho (M.M.D 01 – M.M.D 05) varían entre 0.40 dS/m (valor mínimo) y 0.71 dS/m (valor máximo), mientras que en el margen izquierdo (M.M.I 01 – M.M.I 05) los valores oscilan entre 0.53 dS/m (valor mínimo) y 0.76 dS/m (valor máximo). Los resultados muestran que en ambos márgenes del río los valores de la C.E están por debajo de 2 dS/m; por lo tanto, los suelos agrícolas arroceros del área de estudio no presentan problemas de salinidad. El diagrama de caja y bigotes para la C.E fue elaborado en base a 10 datos (5 valores para el margen derecho y 5 para el margen izquierdo). En la categoría del margen derecho se observa un valor atípico leve (outlier), el cual está representado por un círculo ( $\circ^3$ ), éste valor indica que supera 1.5 veces al cuartil 75 ( $Q_3 = 0.53$ ), en tal sentido el valor atípico leve es de 0.71 dS/m que corresponde a la muestra tres del margen derecho. En la serie del margen izquierdo no se observan valores diferentes o atípicos, y los cuartiles de 25%, 50% y 75% corresponden a los valores de 0.61 dS/m, 0.70 dS/m y 0.73 dS/m respectivamente. Así mismo el diagrama muestra que la mediana de la categoría del margen izquierdo es mayor con respecto a la mediana del margen derecho. Toda esta información se expresa en las Figuras 10 y 11.



**Figura 10.** Valores de la C.E de ambos márgenes del río Utcubamba

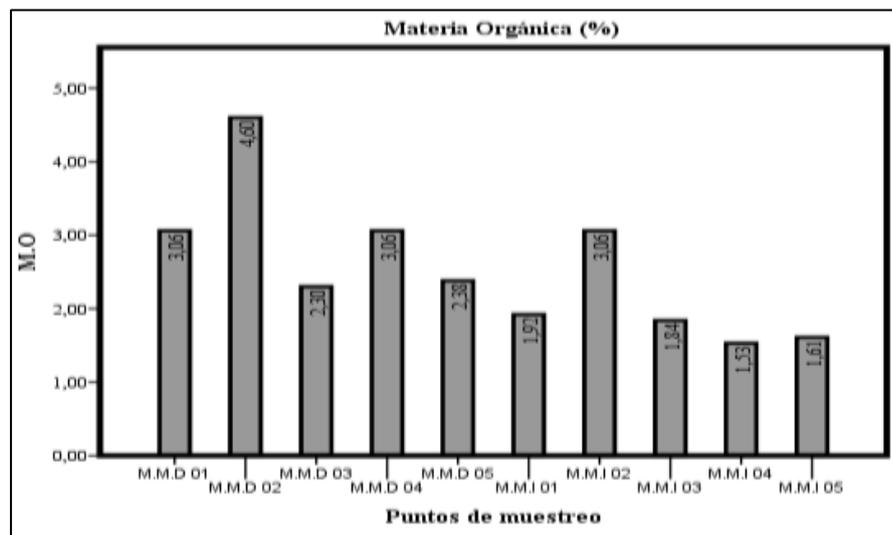


**Figura 11.** Diagrama de caja y bigotes de la C.E para ambos márgenes del río

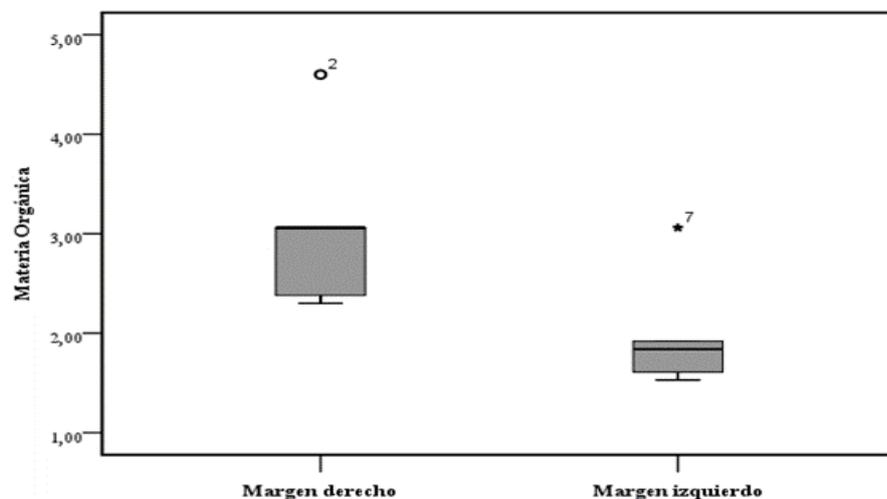
### 3.1.3. Materia Orgánica (M.O)

Los valores muestran que los suelos agrícolas arroceros del margen derecho (M.M.D 01 – M.M.D 05) presentan un contenido medio de 3.08% (concentración media de M.O), mientras que en el margen izquierdo (M.M.I 01 – M.M.I. 05) los suelos presentan un valor medio de 1.99% (concentración baja de M.O), indicando que el contenido de M.O en ambos márgenes presentan una diferencia significativa. El diagrama de caja y bigotes de la materia orgánica fue elaborado con un total de 10 valores (5 valores para la categoría del margen derecho y 5 para el margen izquierdo); en la categoría del margen derecho se observa un outlier o valor atípico leve ( $o^2$ ) y un valor atípico extremo ( $*^7$ ) en la serie del margen izquierdo. El valor atípico leve indica que supera 1.5 veces el cuartil 75 o tercer cuartil, en tal sentido corresponde a la muestra dos del margen derecho (M.M.D 02 = 4.60), mientras que el valor atípico extremo indica que supera 3 veces el tercer cuartil y

corresponde a la muestra dos del margen izquierdo (M.M.I 02 = 3.06). Los cuartiles de 25%, 50% y 75% de la caja del margen derecho corresponden a los valores de 2.38%, 3.06% y 3.06% respectivamente, y en la caja del margen izquierdo el primer cuartil corresponde al valor de 1.61%, el segundo cuartil o mediana con un valor de 1.84% y el tercer cuartil obedece a un valor de 1.92%. Así mismo se muestra que la dispersión de los datos y el valores de la mediana del margen derecho es superior a la del margen izquierdo. Toda esta información se expresan en las Figuras 12 y 13.



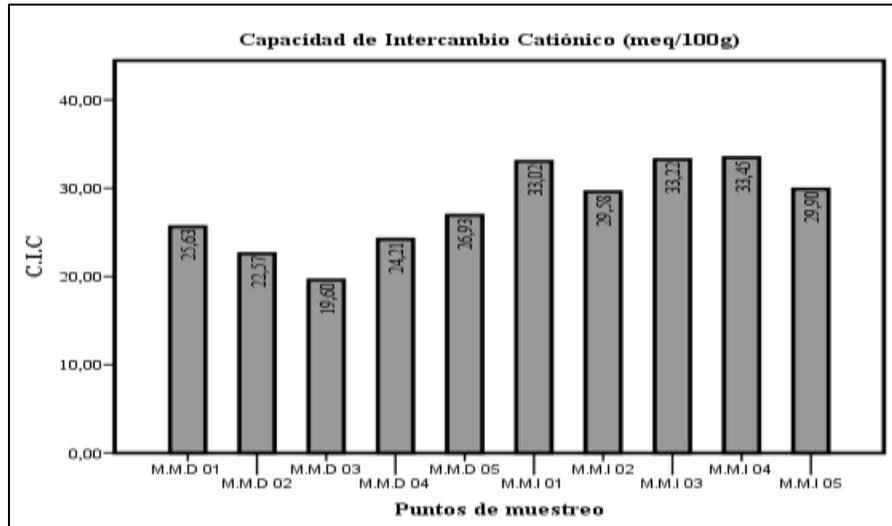
**Figura 12.** Valores de la M.O de ambos márgenes del río Utcubamba



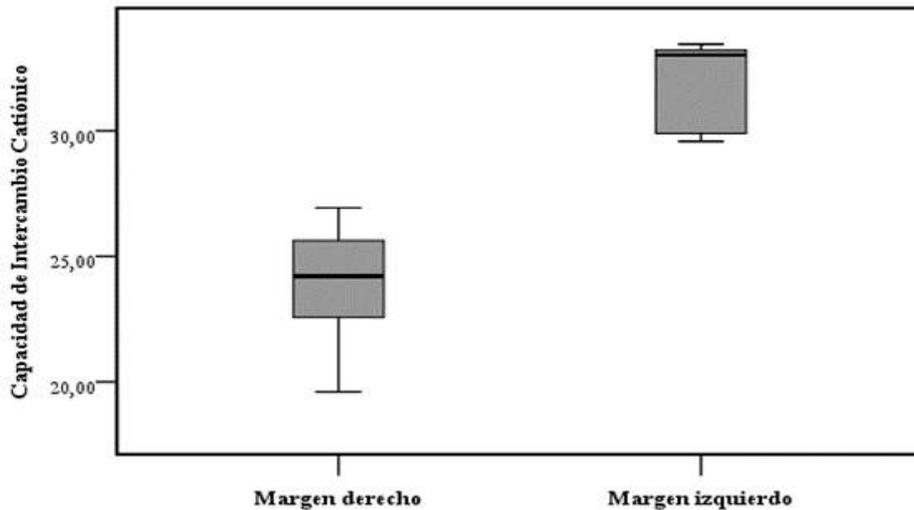
**Figura 13.** Diagrama de caja y bigotes de la M.O para ambos márgenes del río

### 3.1.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)

Los valores de la C.I.C de las muestras obtenidas en el margen derecho (M.M.D 01 – M.M.D 05) presentan un contenido medio de 23.79 meq/100g, mientras que en el margen izquierdo el valor medio es de 31.83 meq/100g. La diferencia entre los valores medios es poco significativa debido a que los suelos agrícolas arroceros en ambos márgenes del río se encuentran en una clasificación media (20 a 35 meq/100g) del contenido de la C.I.C. El diagrama de caja y bigotes en el que se muestra los valores de la C.I.C de ambos márgenes del río Utcubamba (5 valores para el margen derecho y 5 para el margen izquierdo) no revela la presencia de ningún outlier o valor atípico. En la categoría del margen derecho el valor mínimo y máximo corresponde a 19.60 y 26.93 meq/100g, y los cuartiles de 25%, 50% y 75% corresponden a los siguientes valores: 22.57; 24.21 y 25.63 meq/100g. En la serie del margen izquierdo el primer cuartil corresponde a un valor de 29.90 meq/100g, el segundo cuartil o mediana a 33.02 meq/100g y el tercer cuartil corresponde a un valor de 33.22 meq/100g. Así mismo, se observa que la mediana de la categoría del margen izquierdo es mayor con respecto a la mediana del margen derecho. Toda esta información se expresa en las Figuras 14 y 15.



**Figura 14.** Valores de la C.I.C de ambos márgenes del río Utcubamba



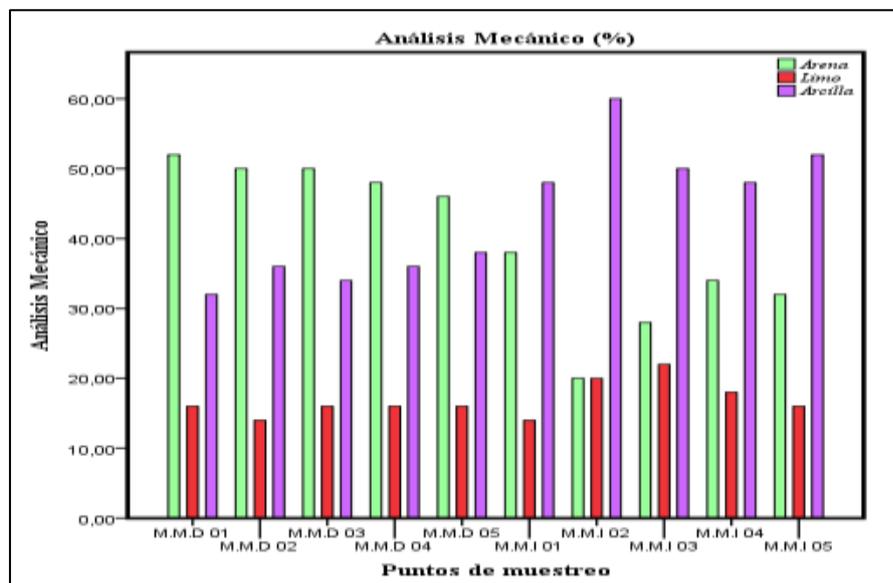
**Figura 15.** Diagrama de caja y bigotes de la C.I.C para ambos márgenes del río

### 3.1.5. Análisis Mecánico (arena, limo y arcilla)

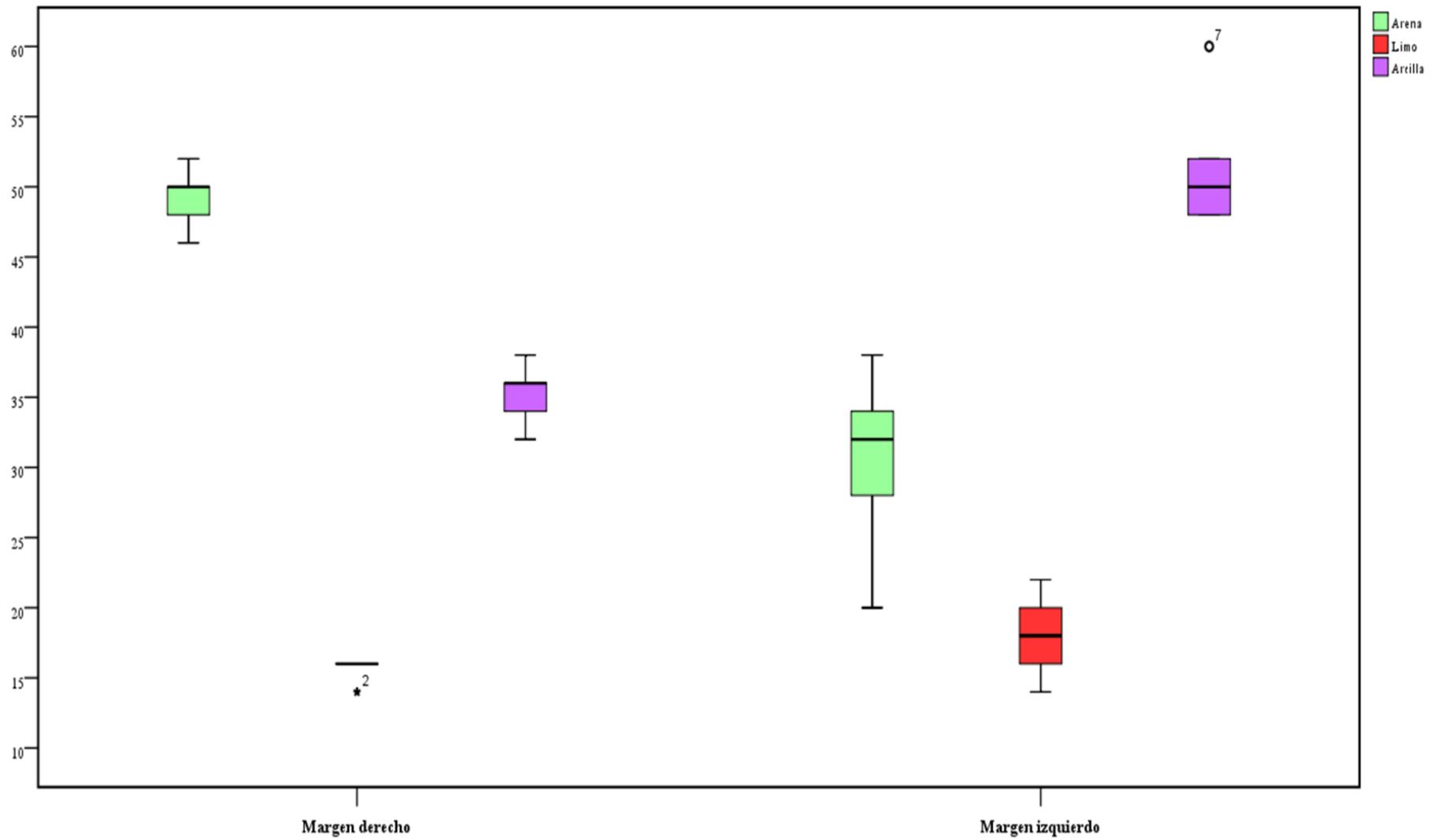
Los resultados de arena, limo y arcilla muestran que en los cinco primeros puntos de muestreo (M.M.D 01 – M.M.D 05) margen derecho, los suelos contienen un mayor porcentaje de arena, mientras que en el margen izquierdo (M.M.I 01 – M.M.I 05) el mayor porcentaje es de arcilla y el porcentaje de limo es casi constante en las 10 muestras. En cuanto al contenido de arena, en el margen derecho varía entre un 46% y 52% con una media de 49.20%, mientras que en el margen izquierdo el porcentaje de arena oscila entre 20 y 38% con un promedio de 30.40%. El porcentaje de limo varía entre 14.00 y 16.00 % con una media de 15.60% en el margen derecho, mientras que en el margen izquierdo los valores oscilan entre un 14.00 y 22.00% situándose el valor medio en un 18.00%. En ambos márgenes el contenido de limo se encuentra en un menor porcentaje con respecto a la arena y arcilla.

Con respecto al contenido de arcilla, en el margen derecho el porcentaje varía de 32.00% a 38% (media = 35.20%) y en el margen izquierdo de 48% y 60% (media=51.60%). El análisis mecánico en ambos márgenes del río Utcubamba muestra que existe una diferencia significativa en el contenido de arena, limo y arcilla con respecto a ambos márgenes del río. En el margen derecho los suelos agrícolas arroceros contienen mayor porcentaje de arena, seguido de arcilla y limo, mientras que en el margen izquierdo el mayor porcentaje es de arcilla, seguido por arena y limo.

El diagrama de caja y bigotes del análisis mecánico se realizó con un total de 10 datos (5 datos para la categoría del margen derecho y 5 para el margen izquierdo). En la categoría del margen derecho el contenido de arena y arcilla no presentan outliers o valores atípicos, mientras que los datos del contenido de limo muestran la presencia de un valor atípico extremo inferior, el mismo que está representado con un asterisco (\*<sup>2</sup>), este valor es tres veces inferior al cuartil 25, en tal sentido el valor extremo pertenece a la muestra del margen derecho dos (M.M.D 02 = 14%). Así mismo, en la categoría del margen izquierdo se observa que los datos del contenido de arcilla presentan un valor atípico leve superior (o<sup>7</sup>), el cual supera 1.5 veces el tercer cuartil y corresponde a la muestra dos del margen izquierdo (M.M.I 02 = 60%). Además, en el diagrama se observa que en el margen derecho hay un mayor porcentaje de arena, seguido de arcilla y limo; mientras que en el margen izquierdo predomina la arcilla, seguido de arena y limo. Toda esta información se expresa en las Figuras 16 y 17.



**Figura 16.** Valores del Análisis Mecánico (arena, limo y arcilla) de ambos márgenes del río Utcubamba



**Figura 17.** Diagrama de caja y bigotes del Análisis Mecánico (arena, limo y arcilla) para ambos márgenes del río Utcubamba

### 3.1.6. Clase textural

De las 10 muestras de suelo analizadas, el 50% de las muestras son suelos arcillosos, el 30% son suelos Arcillo arenosos y un 20 % son Franco arcillo arenosos. En el margen derecho el 60% de las muestras son Arcillo arenoso y el 40% Franco arcillo arenoso, no se determinaron suelos arcillosos. En el margen izquierdo el 100% de las muestras fueron determinados como suelos arcillosos. Toda esta información comparativa de las clases texturales se sintetiza en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Clases texturales mayoritarias en los 10 puntos de muestreo

<b>Clase Textural</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>%</b>
<b>Franco arcillo arenoso (Fr. Ar. A.)</b>	2	20
<b>Arcillo arenoso (Ar. A.)</b>	3	30
<b>Arcilloso (Ar.)</b>	5	50
<b>TOTAL</b>	10	100

**Tabla 4.** Datos comparativos de las clases texturales en ambos márgenes del río

Utcubamba

<b>Clase Textural</b>	<b>N° de muestras en el margen derecho</b>	<b>%</b>	<b>N° de muestras en el margen izquierdo</b>	<b>%</b>
<b>Franco arcillo arenoso (Fr. Ar. A.)</b>	2	40	0	0
<b>Arcillo arenoso (Ar. A.)</b>	3	60	0	0
<b>Arcilloso (Ar.)</b>	0	0	5	100
<b>TOTAL</b>	5	100	5	100

### 3.1.7. Comparación de medias de los parámetros físico-químicos (F-Q)

En esta investigación se realizaron también pruebas T de Student para muestras independientes con la finalidad de determinar diferencias significativas entre las medias de los grupos independientes de cada variable analizada. Para la realización de esta prueba paramétrica se ha considerado como grupos independientes a los datos obtenidos en ambos márgenes del río Utcubamba (Grupo 1: margen derecho; Grupo 2: margen izquierdo) de las variables: pH; Conductividad Eléctrica (C.E); Materia Orgánica (M.O); Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C) y el contenido de arena, limo y arcilla.

En la Tabla 5 se observa los resultados de la prueba T de Student aplicada a los parámetros físico-químicos. La tabla muestra las dos posibles condiciones que se pueden dar en relación a la varianza, que sean iguales o no, así si la probabilidad asociada al estadístico Levene es  $> 0,05$  - suponemos varianzas iguales; si es  $< 0,05$  - suponemos varianzas distintas. Así mismo, nos muestra el valor del estadístico “t” con su nivel de significación bilateral, este valor nos indica la igualdad o diferencia entre medias poblacionales observadas ( $p > 0,05$  indica igualdad de medias;  $p < 0,05$  indica diferencia de medias). Además, se observa los intervalos de confianza al 95% para la diferencia de medias, lo que nos indica que si el cero está comprendida entre los intervalos significa que las medias de los dos grupos poblacionales son iguales; mientras que si el cero está fuera de los intervalos indica diferencia de medias.

La prueba de Levene de igualdad de varianzas entre los dos grupos indica que todas las variables analizadas (pH; C.E; M.O; C.I.C; arena; limo y arcilla) tienen una significancia mayor a 0,05, en tal sentido se asumen varianzas iguales. Los valores del estadístico “t” con sus niveles de significación bilateral, nos indica que para el caso de la C.E; M.O y limo, no existen diferencias significativas entre las medias de los grupos (margen derecho - margen izquierdo) debido a que su valor  $p > 0,05$ ; sin embargo el pH; C.I.C; arena y arcilla muestran valores de  $p < 0,05$ , indicando que las medias de los grupos son diferentes para estas variables. Los intervalos de confianza al 95% nos indica también que la C.E; M.O y limo presentan igualdad en sus medias debido a que el valor cero está incluido en los intervalos; y para el pH; C.I.C; arena y arcilla muestran que el cero no está incluido en los intervalos, indicando con ello también que estas variables presentan diferencias de medias entre los grupos.

**Tabla 5.** Prueba T de Student para muestras independientes de los parámetros físico-químicos

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
<b>pH</b>	Se asumen varianzas iguales	,98	,35	-2,80	8,00	,02	-,15	,05	-,27	-,03
	No se asumen varianzas iguales			-2,80	7,62	,02	-,15	,05	-,27	-,02
<b>C.E</b>	Se asumen varianzas iguales	,20	,67	-2,31	8,00	,05	-,16	,07	-,32	,00
	No se asumen varianzas iguales			-2,31	7,45	,05	-,16	,07	-,33	,00
<b>M.O</b>	Se asumen varianzas iguales	,30	,60	2,19	8,00	,06	1,09	,50	-,06	2,23
	No se asumen varianzas iguales			2,19	6,99	,06	1,09	,50	-,09	2,26
<b>C.I.C</b>	Se asumen varianzas iguales	,48	,51	-5,24	8,00	,00	-8,05	1,54	-11,59	-4,50
	No se asumen varianzas iguales			-5,24	7,01	,00	-8,05	1,54	-11,68	-4,41
<b>Arena</b>	Se asumen varianzas iguales	3,68	,09	5,83	8,00	,00	18,80	3,22	11,36	26,24
	No se asumen varianzas iguales			5,83	4,88	,00	18,80	3,22	10,45	27,15
<b>Limo</b>	Se asumen varianzas iguales	5,02	,06	-1,63	8,00	,14	-2,40	1,47	-5,79	,99
	No se asumen varianzas iguales			-1,63	4,64	,17	-2,40	1,47	-6,27	1,47
<b>Arcilla</b>	Se asumen varianzas iguales	1,46	,26	-6,70	8,00	,00	-16,40	2,45	-22,05	-10,75
	No se asumen varianzas iguales			-6,70	5,61	,00	-16,40	2,45	-22,50	-10,30

### 3.2. Análisis del contenido de metales en los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba

Los análisis de metales realizados en 20 muestras de suelos arroceros de ambos márgenes del río Utcubamba y mediante la prueba de Shapiro-Wilk se ha determinado que todos los metales siguieron una distribución normal, excepto el Ca, Mo, Na y Sr que siguieron una distribución no normal, entendiéndose que cuando los datos no siguen una distribución normal, no se puede aplicar una prueba paramétrica pero sí una prueba para datos no paramétricos. En la Tabla 6 se muestra los estadísticos descriptivos de los macronutrientes (P, K, Ca y Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Co y Na) encontrados en el área de estudio. Así mismo se muestran en la Tabla 7 los estadísticos descriptivos de cada uno de los contaminantes analizados (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Ce, Cr, Hg, Li, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V).

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos de macro y micronutrientes

		<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Distribución</b>
<b>MACRO NUTRIENTES</b>	<b>Calcio</b>	20	17,541.70	40,000.00	34,990.24	No normal
	<b>Potasio</b>	20	802.60	1,464.40	1,155.77	Normal
	<b>Magnesio</b>	20	2,071.40	4,011.00	3,111.98	Normal
	<b>Fósforo</b>	20	429.80	1,113.50	825.94	Normal
<b>MICRO NUTRIENTES</b>	<b>Boro</b>	11	0.30	2.20	1.11	Normal
	<b>Cobalto</b>	20	3.71	6.52	5.31	Normal
	<b>Cobre</b>	20	11.90	29.10	21.01	Normal
	<b>Hierro</b>	20	7,169.00	15,408.30	11,659.30	Normal
	<b>Manganeso</b>	20	214.77	423.31	319.48	Normal
	<b>Molibdeno</b>	11	0.20	1.00	0.43	No normal
	<b>Sodio</b>	20	186.10	1,028.80	400.71	No normal
	<b>Zinc</b>	20	22.80	82.10	52.81	Normal

**Tabla 7.** Estadísticos descriptivos de los metales

	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Distribución</b>
<b>Plata</b>	0	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	20	5,511.30	13,118.80	8,690.92	Normal
<b>Arsénico</b>	20	1.00	5.10	3.17	Normal
<b>Bario</b>	20	133.00	228.90	176.63	Normal
<b>Berilio</b>	20	0.39	0.76	0.58	Normal
<b>Cadmio</b>	20	1.36	3.24	2.26	Normal
<b>Cerio</b>	20	4.80	30.60	21.02	Normal
<b>Cromo</b>	20	3.94	11.01	7.78	Normal
<b>Mercurio</b>	2	0.10	0.20	0.15	e
<b>Litio</b>	20	3.50	8.50	6.47	Normal
<b>Níquel</b>	20	5.62	17.14	10.39	Normal
<b>Plomo</b>	20	7.45	14.77	11.52	Normal
<b>Antimonio</b>	6	0.30	1.10	0.53	Normal
<b>Selenio</b>	0	-	-	-	-
<b>Estaño</b>	20	0.70	1.50	1.16	Normal
<b>Estroncio</b>	20	72.50	181.90	124.21	No normal
<b>Titanio</b>	20	9.17	35.86	23.29	Normal
<b>Talio</b>	0	-	-	-	-
<b>Vanadio</b>	20	17.17	29.66	23.18	Normal

e: La significación no se puede calcular porque la suma de las ponderaciones de casos es menor que 5.

En el análisis los valores medios de los contenidos de metales siguen la secuencia: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg. Mientras que las concentraciones de Ag, Se y Tl están por debajo del límite de detección del método (LDM) empleado por el laboratorio SAG S.A.C. El Ca, Mg, K, y P son macronutrientes que se encuentran en concentraciones superiores a los demás metales en ambos márgenes del río Utcubamba, los valores promedios son de 34 990; 3 111.98; 1 155.77 y 825.94 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente. Así mismo, los micronutrientes tales como el Fe, Na, Mn y Zn presentan valores medios de 11 659.30 mg.kg<sup>-1</sup> para el Fe; 400.71 mg.kg<sup>-1</sup> para el Na; 319.48 mg.kg<sup>-1</sup> para el Mn y 52.81 mg.kg<sup>-1</sup> para el Zn. El Cu también es esencial, aunque se presentan en menores concentraciones que los anteriores, con un contenido medio de 21.01 y 10.39 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente. El Mo al igual que los elementos anteriores, es un micronutriente esencial para las plantas, pero se encuentra en concentraciones muy bajas en los suelos analizados (media = 0.43 mg.kg<sup>-1</sup>). El Al es uno de los elementos con más alta concentración en los suelos arroceros, con un valor medio de 8 690.92 mg.kg<sup>-1</sup>; sin embargo, este metal no es esencial para las plantas. Por otro lado, el Cd es considerado

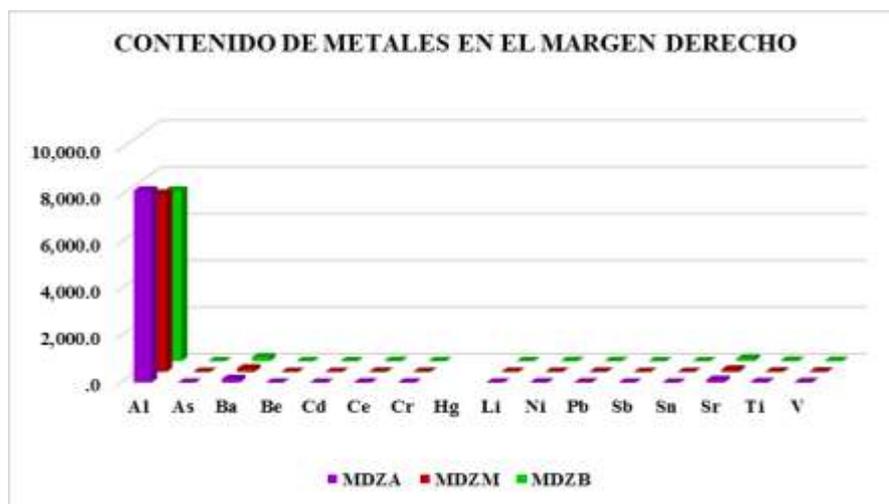
como un elemento contaminante y en este estudio presenta un valor medio de 2.26 mg.kg<sup>-1</sup>.

El trabajo de investigación también analiza los metales pesados por separado e identifica las diferencias significativas en las concentraciones de ambos márgenes del río Utcubamba, siendo el Hg una de las concentraciones más resaltantes y se observa la presencia de este metal únicamente en dos muestras del margen izquierdo del río Utcubamba, cuyos valores son de 0.1 y 0.2 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, encontrándose por debajo del Límite de Detección del Método (LDM = 0.1) las 10 muestras del margen derecho y las 8 muestras restantes del margen izquierdo. En el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2005), se señala que una de las formas en que el Hg puede llegar a los suelos agrícolas es mediante la aplicación de plaguicidas para el tratamiento de las semillas y el control de algas. Toda esta información se puede evidenciar en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos de los metales del margen derecho e izquierdo del río Utcubamba

	Margen derecho				Margen izquierdo			
	N	Mínimo	Máximo	Media	N	Mínimo	Máximo	Media
<b>Ag</b>	0	-	-	-	0	-	-	-
<b>Al</b>	10	5511,30	9298,80	7586,75	10	7929,60	13118,80	9795,09
<b>As</b>	10	1,00	3,80	2,79	10	2,20	5,10	3,54
<b>Ba</b>	10	133,00	228,20	166,16	10	141,10	228,90	187,09
<b>Be</b>	10	0,41	0,76	0,60	10	0,39	0,73	0,56
<b>Cd</b>	10	1,46	3,10	2,48	10	1,36	3,24	2,04
<b>Ce</b>	10	4,80	30,60	17,40	10	16,60	29,80	24,63
<b>Cr</b>	10	5,47	11,01	9,06	10	3,94	10,01	6,50
<b>Hg</b>	0	-	-	-	2	0,20	0,10	0,15
<b>Li</b>	10	4,40	7,80	6,67	10	3,50	8,50	6,26
<b>Ni</b>	10	5,62	14,96	11,09	10	5,63	17,14	9,70
<b>Pb</b>	10	7,45	14,13	11,83	10	8,69	14,77	11,21
<b>Sb</b>	4	0,30	0,50	0,38	2	0,60	1,10	0,85
<b>Se</b>	0	-	-	-	0	-	-	-
<b>Sn</b>	10	0,70	1,40	1,02	10	1,00	1,50	1,29
<b>Sr</b>	10	100,70	122,70	113,69	10	72,50	181,90	134,72
<b>Ti</b>	10	16,08	33,84	24,82	10	9,17	35,86	21,76
<b>Tl</b>	0	-	-	-	0	-	-	-
<b>V</b>	10	17,17	26,65	21,90	10	22,18	29,66	24,47

En las Figuras 18 y 19 se muestra el contenido de metales encontrados en el área de estudio según su clasificación por sus rangos altitudinales (zona alta, zona media y zona baja) de cada margen del río Utcubamba. En los gráficos de barras se evidencia que, en la zona alta, media y baja tanto del margen derecho e izquierdo del río hay predominancia de Al. Así mismo, se muestra que el contenido de este metal en el margen derecho va disminuyendo según su altitud; es decir, que en la zona alta de este margen se encuentra altas concentraciones de Al, el mismo que va disminuyendo en la zona media y baja. Si embargo en el margen izquierdo la mayor concentración de este metal se encuentra en la zona baja. Por otro lado, en el área de estudio (margen derecho – margen izquierdo) se evidencia altas concentraciones de Ba, Sr, Ti, V y Ce, tal y como se muestran en las Figuras 20 y 21.



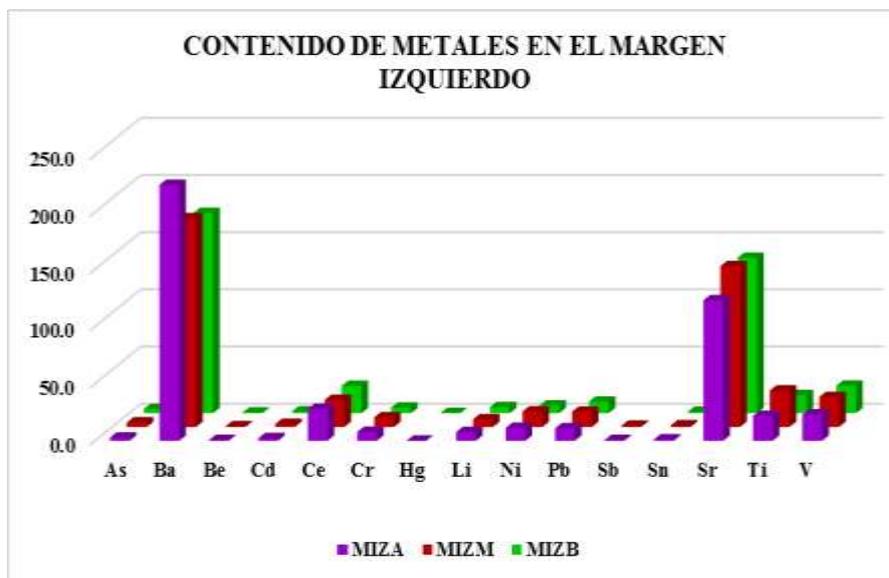
**Figura 18.** Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen derecho del río Utcubamba



**Figura 19.** Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen izquierdo del río Utcubamba



**Figura 20.** Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen derecho del río Utcubamba (excluyendo el aluminio)



**Figura 21.** Contenido de metales en la zona alta, media y baja del margen izquierdo del río Utcubamba (excluyendo el aluminio)

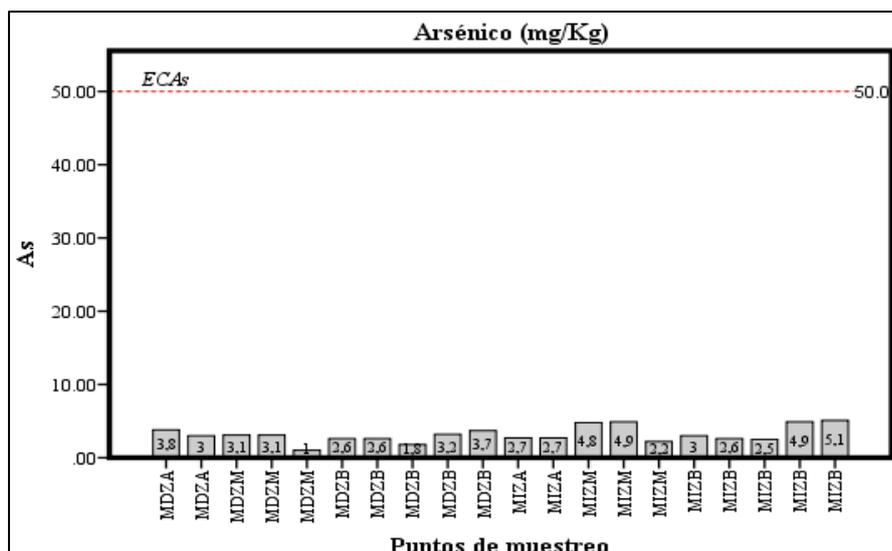
### **3.3. Análisis de las concentraciones de metales en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo**

En el Perú, con la finalidad de garantizar la conservación de la calidad ambiental, el 2 de diciembre del 2017 fue aprobado los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, mediante Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. En esta norma se establecen parámetros de calidad ambiental en suelos, que permitirán mejorar los niveles de protección de la salud de las personas y la calidad ambiental.

Con la finalidad de poder determinar si las concentraciones de los metales analizados se encuentran dentro de los valores establecidos en la normatividad peruana o superan los ECAs, a continuación, se muestran los resultados de As, Ba, Cd, Hg y Pb debido a que son los únicos elementos inorgánicos establecidos en el Decreto Supremo antes mencionado.

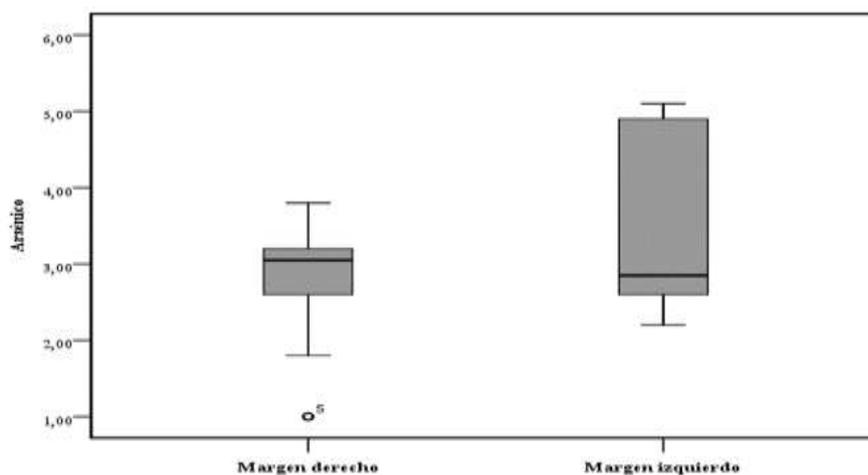
#### **3.3.1. Arsénico (As)**

En el diagrama de barras se muestra el contenido de As en los 20 puntos de muestreo. Los valores de las 10 primeras barras indican la concentración de arsénico en el margen derecho del río Utcubamba (M.D.Z.A – M.D.Z.B) y las 10 barras siguientes muestran los valores de As del margen izquierdo del río (M.I.Z.A – M.I.Z.B). En el diagrama se muestra una línea horizontal de color rojo que representa el ECAs para el As cuyo valor es de  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Considerando este valor se puede afirmar que los suelos arroceros tanto del margen derecho como del margen izquierdo del río Utcubamba, contienen concentraciones mínimas de arsénico encontrándose por debajo del valor establecido por la normatividad peruana. Las 20 muestras analizadas, para ambos márgenes del río Utcubamba se expresa en la Figura 22.



**Figura 22.** Concentraciones de arsénico en las 20 muestras

El diagrama de caja y bigotes que representa a los valores de As fue realizado con un total de 20 datos (10 valores para el margen derecho y 10 para el margen izquierdo). En la categoría del margen derecho se observa que los datos están más concentrados y que el valor de la mediana es mayor con respecto al margen izquierdo. Así mismo, en el margen derecho se observa la presencia de un outlier o valor atípico leve inferior ( $o^5$ ), este valor es 1.5 veces inferior al cuartil 25, en tal sentido el valor atípico pertenece a la muestra cinco del margen derecho ( $MDZM = 1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), los cuartiles de 25%, 50% y 75% corresponden a los valores de 2.4; 3.05 y 3.33  $\text{mg.kg}^{-1}$  respectivamente. La categoría del margen izquierdo no muestra ningún valor atípico, el valor mínimo es de 2.20  $\text{mg.kg}^{-1}$  y el máximo es de 5.10  $\text{mg.kg}^{-1}$  y los cuartiles de 25%, 50% y 75% corresponden a los valores de 2.58; 2.85 y 4.90  $\text{mg.kg}^{-1}$ , como se expresa en la Figura 23.



**Figura 23.** Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de As para ambos márgenes del río Utcubamba

### 3.3.2. Bario (Ba)

Las concentraciones de Bario de los 10 primeros datos corresponden a las concentraciones del margen derecho y las 10 barras siguientes son datos del margen izquierdo. Los resultados en ambos márgenes del río muestran valores muy por debajo del ECA de suelo para Ba (ECAs para Ba = 750 mg.kg<sup>-1</sup>), como se expresa en la Figura 24.

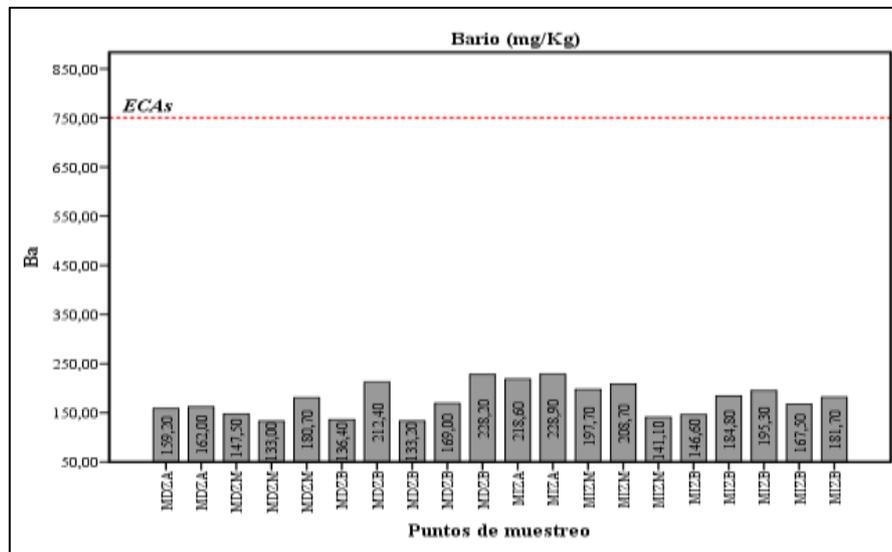
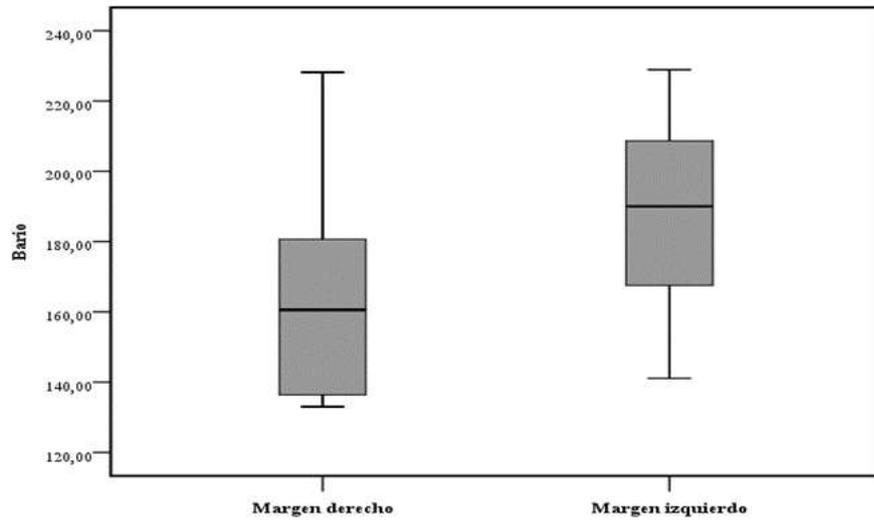


Figura 24. Concentraciones de bario en las 20 muestras

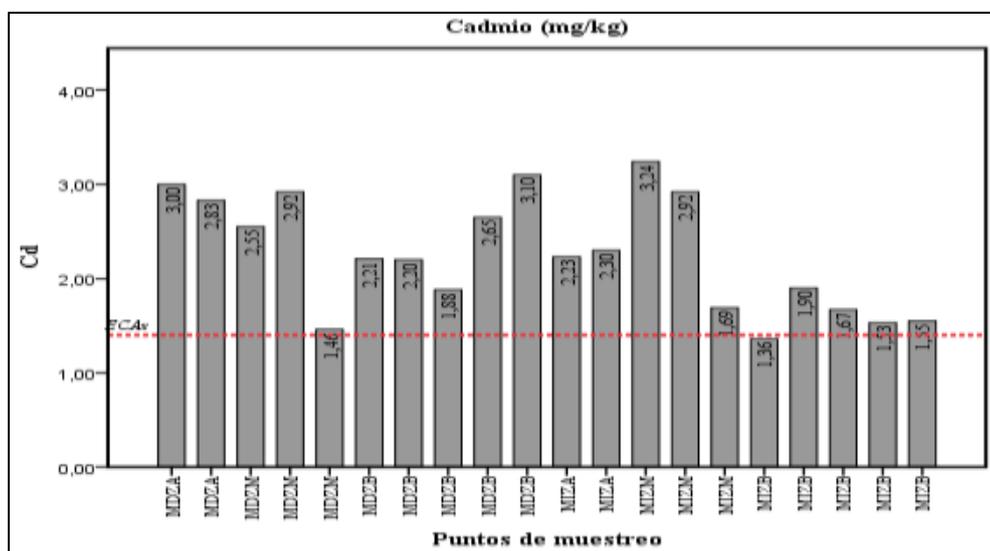
En la Figura 25 se observa el diagrama de caja y bigotes de dos categorías (margen derecho-margen izquierdo) de una variable (Ba), para lo cual se ha empleado un total de 20 datos (10 para el margen derecho y 10 para el margen izquierdo). El diagrama no revela la presencia de ningún valor atípico. En la categoría del margen derecho el valor mínimo y máximo corresponde a 133.00 y 228.20 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, y los cuartiles de 25%, 50% y 75% corresponden a los valores de 135.60; 160.60 y 188.63 mg.kg<sup>-1</sup>; mientras que en la serie del margen izquierdo el primer cuartil corresponde a un valor de 162.28 mg.kg<sup>-1</sup>, el segundo cuartil a 190.05 mg.kg<sup>-1</sup> y el tercer cuartil corresponde a un valor de 211.18 mg.kg<sup>-1</sup>.



**Figura 25.** Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Ba para ambos márgenes del río Utcubamba

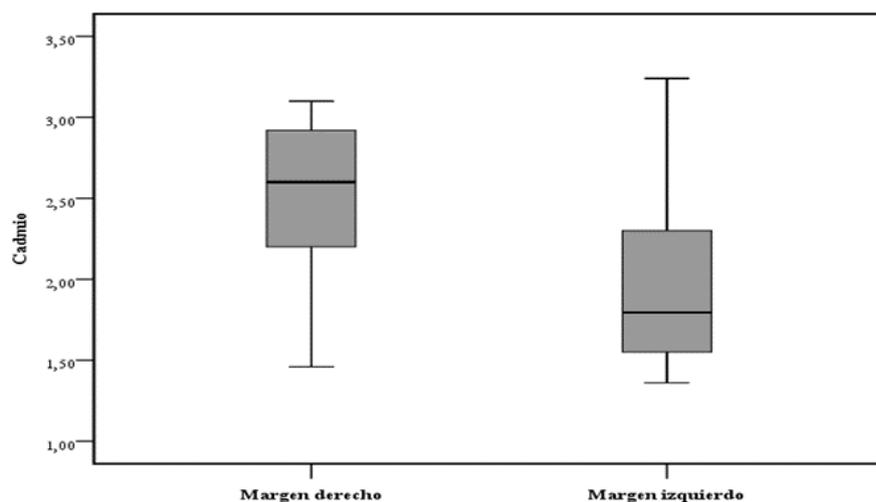
### 3.3.3. Cadmio (Cd)

En el diagrama de barras se muestra el contenido de Cd de los 20 puntos de muestreo. Los valores de las 10 primeras barras indican la concentración de cadmio en el margen derecho del río Utcubamba (M.D.Z.A – M.D.Z.B) y las 10 barras siguientes muestran los valores de Cd del margen izquierdo del río (M.I.Z.A – M.I.Z.B). En el diagrama se puede observar que el contenido de este elemento en cada una de las muestras analizadas supera el ECA de suelo para Cd ( $ECA_s = 1.4 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), con excepción de la muestra MIZB (margen izquierdo zona baja) cuyo valor corresponde a  $1.36 \text{ mg.kg}^{-1}$ , como se expresa en la Figura 26.



**Figura 26.** Concentraciones de cadmio en las 20 muestras

En el diagrama de caja y bigotes se observa dos categorías (margen derecho-margen izquierdo) de una variable (Cd), para la cual se trabajó con un total de 20 datos (10 datos para el margen derecho y 10 para el margen izquierdo). En el diagrama no se observa la presencia de ningún valor atípico. En la categoría del margen derecho se muestra que el valor de la mediana es mayor con respecto a la mediana del margen izquierdo, y el primer y tercer cuartil obedece a los valores de 2.12 y 2.94 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en la serie del margen izquierdo el primer cuartil corresponde al valor de 1.55 mg.kg<sup>-1</sup>, la mediana o segundo cuartil a 1.79 mg.kg<sup>-1</sup> y el tercer cuartil a 2.46 mg.kg<sup>-1</sup>, así como se expresa en la Figura 27.



**Figura 27.** Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Cd para ambos márgenes del río Utcubamba

### 3.3.4. Mercurio (Hg)

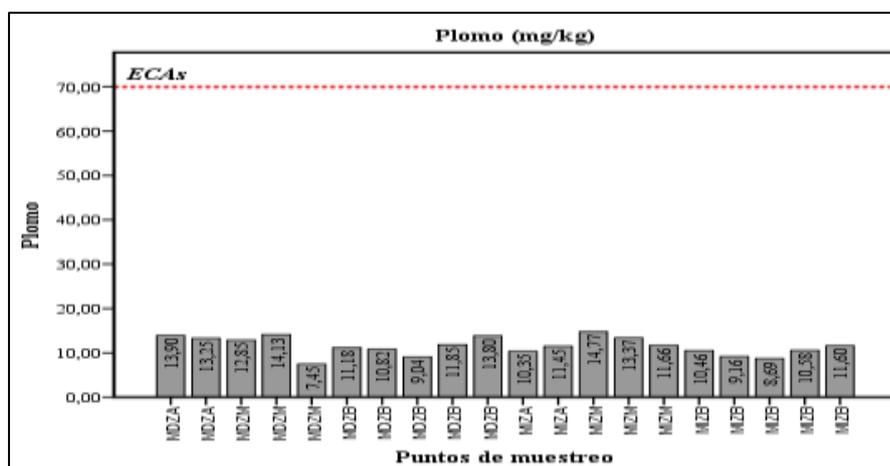
En ambos márgenes del río Utcubamba (20 muestras en total) se aprecia que el contenido de Hg se encuentran por debajo del Límite de Detección del Método aplicado por el laboratorio SAG S.A.C (LDM = 0.1 mg.kg<sup>-1</sup>), con excepción de las muestras MIZA y MIZB (ambos del margen izquierdo) que presentan valores de 0.1 mg.kg<sup>-1</sup> y 0.2 mg.kg<sup>-1</sup>, dichos valores se encuentran por debajo del ECA de suelo para Hg (ECAs para Hg = 6.6 mg.kg<sup>-1</sup>). Esta información se sintetiza en la Tabla 09.

**Tabla 9.** Datos comparativos del contenido de Hg en los suelos arroceros de ambos márgenes del río Utcubamba

Puntos de muestreo	Margen Derecha	Puntos de muestreo	Margen Izquierda
MDZA	<0.1	MIZA	<0.1
MDZA	<0.1	MIZA	0.1
MDZM	<0.1	MIZM	<0.1
MDZM	<0.1	MIZM	<0.1
MDZM	<0.1	MIZM	<0.1
MDZB	<0.1	MIZB	<0.1
MDZB	<0.1	MIZB	<0.1
MDZB	<0.1	MIZB	<0.1
MDZB	<0.1	MIZB	0.2
MDZB	<0.1	MIZB	<0.1

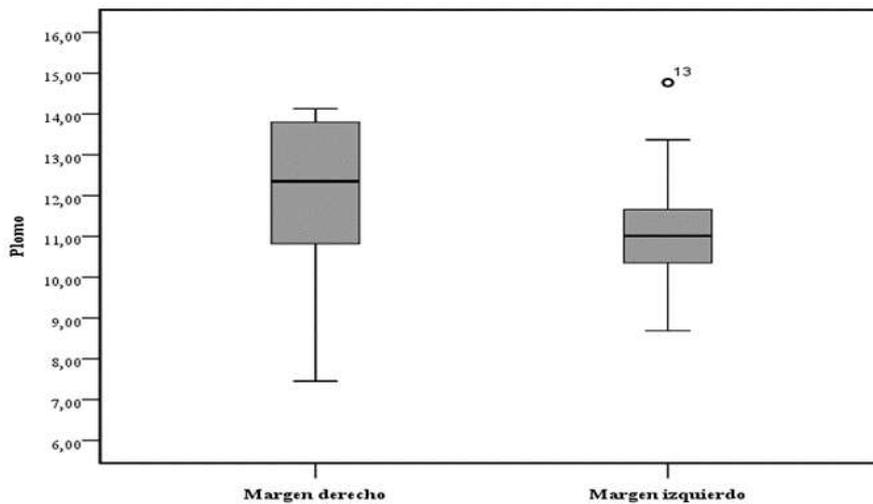
### 3.3.5. Plomo (Pb)

En el diagrama de barras se muestra el contenido de Pb de los 20 puntos de muestreo. Los valores de las 10 primeras barras indican la concentración de plomo del margen derecho del río Utcubamba (M.D.Z.A – M.D.Z.B) y las 10 barras siguientes muestran los valores de Pb del margen izquierdo (M.I.Z.A – M.I.Z.B). Todos los valores muestran que los contenidos de Pb encontrados están por debajo del valor establecido por la normatividad peruana (ECA<sub>s</sub> para Pb = 70 mg.kg<sup>-1</sup>). Las 20 muestras analizadas, para ambos márgenes del río Utcubamba se expresa en la Figura 28.



**Figura 28.** Concentraciones de plomo en las 20 muestras

El diagrama de caja y bigotes que representa los contenidos de Pb fue realizado con un total de 20 datos (10 valores para el margen derecho y 10 para el margen izquierdo). En la categoría del margen izquierdo se observa que los datos están más concentrados y que el valor de la mediana es menor con respecto al margen derecho. Así mismo, en el margen izquierdo se observa la presencia de un outlier o valor atípico leve ( $o^{13}$ ), este valor es 1.5 veces superior al tercer cuartil, en tal sentido el valor atípico pertenece a la muestra tres del margen izquierdo (MIZM = 14.77 mg.kg<sup>-1</sup>). La categoría del margen derecho no muestra ningún valor atípico, y los cuartiles corresponden a 10.38 mg.kg<sup>-1</sup> (primer cuartil), 12.35 mg.kg<sup>-1</sup> (segundo cuartil) y 13.83 mg.kg<sup>-1</sup> (tercer cuartil)., como se expresa en la Figura 29.



**Figura 29.** Diagrama de caja y bigotes de las concentraciones de Pb para ambos márgenes del río Utcubamba

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros físico-químicos (F-Q) de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba

Los parámetros físico-químicos del suelo, muestran un pH que varía de 7.94 a 8.28, con un promedio de 8.08 (moderadamente alcalinos); los valores coinciden con estudios similares (Heros, 2019), indicando pH promedio de 8.00. Así mismo difiere con Raymundo (2011) quien indica pH promedio de 6.2, teniendo en cuenta que el valor de pH óptimo para el desarrollo de las plantas de arroz es de 6.6 (Franquet & Borrás, 2004).

Los suelos con un pH de 6.6 (ligeramente ácidos) presentan una condición adecuada para la disponibilidad de nutrientes en las plantas, por el contrario, suelos con  $\text{pH} > 8.0$  presentan severas limitaciones en la disponibilidad de algunos nutrientes (Osorio, 2012). Así mismo, García & Dorronsoro (2005) muestran que el pH del suelo controla el comportamiento de los metales; e indica que es un parámetro importante para definir la movilidad del catión. Los cationes son más móviles cuando el pH es ácido pudiendo pasar inclusive a las cadenas tróficas como tóxicos o en cantidades que producen deficiencia, mientras que a pH básicos producen el efecto inverso, quedándose inmovilizados en el medio (Barrio, 2017), por tal motivo Hernán (1999) recomienda evitar la acidez excesiva y la alcalinidad elevada en los suelos con cultivos de arroz.

Los valores de la Conductividad Eléctrica varían de 0.4 a 0.76 dS/m con un promedio de 0.59 dS/m, y coinciden con el resultado de la C.E de Chingay (2016) que documenta valores  $< 2$  dS/m e indica suelos arroceros muy ligeramente salinos ( $< 2$  dS/m). Así mismo, Flores (1991) registra que los cultivos de arroz resisten a la salinidad hasta un valor máximo de 3.8 dS/m, y por encima de este valor, los suelos presentarán daños de carácter osmótico sobre las plantas de arroz, puesto que al aumentar la salinidad del suelo se dificulta la absorción radicular de agua y nutrientes (Aguilar *et al.*, 2016). Por otro lado, el aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales (Galán & Romero, 2008).

La materia orgánica es un compuesto esencial para la nutrición, el buen rendimiento y la calidad del arroz (Cuevas, 2010). El porcentaje de Materia Orgánica en los suelos estudiados presenta un promedio de 2.54%, y guarda cercana relación con el porcentaje de M.O registrada por Raymundo (2011) (M.O = 2.8%), los resultados obtenidos indican

que los suelos arroceros presentan un contenido medio de materia orgánica en un rango de 2 a 5%, tal y como lo clasifica Molina (2002), suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5%. Así mismo, Galán & Romero (2008) señalan que la materia orgánica reacciona con los metales pesados formando complejos de cambio o quelatos, la adsorción puede ser tan fuerte que queden estabilizados, como el caso del Cu, o formen quelatos también muy estables, como puede pasar con el Pb y Zn.

La CIC indica la capacidad que tiene el suelo para retener ciertos elementos, bien sea por almacenamiento propio o luego de un proceso de fertilización, y de liberarlos para entregarlos a las plantas, este es una propiedad que depende de su composición química, fundamentalmente del contenido de arcilla y materia orgánica (Gil *et al.*, 2010). Los suelos agrícolas periurbanos en ambos márgenes del río Utcubamba tienen una CIC de 27.81 meq/100g, indicando que los suelos del área de estudio están en un nivel medio de CIC. Gachetá (2017), considera que el parámetro ideal de CIC en un suelo agrícola es de 35 meq/100g, y los suelos que superen este valor podrían generar problemas de encalado y dificultad para administrar fertilizantes; sin embargo, cuando la CIC se ubica entre 5 y 15 meq/100g se trata de arenas o arcillas que no retienen los nutrientes necesarios, es decir son tierras poco fértiles. Finalmente, García & Dorronsoro (2005) señalan que cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo para fijar metales.

Los suelos agrícolas estudiados presentan un mayor porcentaje de arcilla, seguido de arena y limo, con valores promedios de 43.40%; 39.80% y 16.80% respectivamente. Hernán (1999), indica que los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa y, por el contrario, en relación a los suelos arenosos, estos no son aconsejables, puesto que tienen poca capacidad para retener agua y producen pérdida de nutrientes por lavado. Por otro lado, los suelos arcillosos retienen mayor cantidad de metales por adsorción, mientras que los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático (Galán & Romero, 2008).

#### **4.2. Metales en los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba**

Un total de 31 metales fueron analizados en el área, de ellos el Ca, Mg K y P son considerados elementos esenciales (macronutrientes) requeridos por las plantas en altas concentraciones (Kirkby & Romheld, 2008); y el Fe, Na, Mn y Zn son micronutrientes que las plantas requieren en proporciones muy pequeñas (Azpilicueta *et al.*, 2010). Las plantas de arroz se cultivan bajo condiciones de inundación, esto permite que los metales sean absorbidos fácilmente por su raíz y acumulados en la planta (Huiracocha, 2018); además, la absorción de los macronutrientes por la planta está condicionado también por las propiedades del suelo, por la cantidad de fertilizantes aplicados, por la variedad de arroz cultivado, por el sistema de cultivo y por las condiciones ecológicas (Ramanathan & Krishnamoorthy, 1973). En los suelos agrícolas de ambos márgenes del río Utcubamba, el Ca, Mg y K (macronutrientes) se encuentran en concentraciones promedios de 34990.24; 3111.98 y 1155.77 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente. El Ca, es un elemento metálico que estimula el desarrollo de las raíces y las hojas, además de formar compuestos que son parte de las paredes celulares (Méndez & Soto, 2017). El potasio (K) también es considerado como uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta y en la formación del grano, este hace que el cultivo sea más resistente a las enfermedades y a los efectos provocados por las condiciones climáticas desfavorables (Germán *et al.*, 1991).

En cuanto a los micronutrientes se encontraron concentraciones promedias de 11 659.30 mg.kg<sup>-1</sup> para el Fe; 319.48 mg.kg<sup>-1</sup> para el Mn y 52.81 mg.kg<sup>-1</sup> para el Zinc. Para el caso de Fe en los suelos arroceros inundados aumenta su solubilidad y se incrementan los niveles, llegando inclusive a ser tóxicos para las plantas (Guerra, 2013); mientras que el Mn acelera la germinación y madurez de las plantas, pero cuando se encuentra en altas concentraciones también puede afectar el rendimiento de los cultivos (Méndez & Soto, 2017). El Zn es un elemento que ayuda a las sustancias de crecimiento de las plantas, y en las plantas de arroz es esencial para varios procesos bioquímicos, tales como: la síntesis de citocromos y nucleótidos, metabolismo de las auxinas, producción de clorofila, activación de enzimas, mantenimiento de la integridad de la membrana, entre otros (Contreras, 2016).

El Cu es un elemento que se encuentra en el suelo como óxido, carbonato, silicato o sulfato, y en los suelos inundados como en el caso del cultivo de arroz disminuye su concentración debido a la precipitación de los hidróxidos, carbonatos y los quelatos orgánicos (Chaudhary *et al.*, 2003). La concentración de Cu en los suelos estudiados de ambos márgenes del río Utcubamba tuvo un valor promedio de 21.01 mg.kg<sup>-1</sup>.

En el área también se evaluó el contenido de As, este metal pesado está presente en los suelos de los arrozales por actividades antropogénicas, tales como el uso de plaguicidas organoarsenicales durante el cultivo (Acosta *et al.*, 2013). La forma como se cultiva el arroz es clave en el contenido de arsénico debido a que cuando este cereal se cultiva en suelos inundados se favorecen las condiciones anaeróbicas, aumentando la movilización de este metal e incrementando su acumulación en la planta, llegando inclusive a las partes comestibles (FAO & OMS, 2017). Las concentraciones de As varía de 1.00 a 5.10 mg.kg<sup>-1</sup>, con un promedio de 3.17 mg.kg<sup>-1</sup>; estos resultados guardan relación con los valores obtenidos por Tineo & Viera (2019) donde encontraron que la concentración media de arsénico en los suelos arroceros es de 8.63 mg.kg<sup>-1</sup>; indicando que la presencia de arsénico en los suelos arroceros de ambos casos estudiados no han sido alterados por el hombre, debido a que las concentraciones obtenidas están comprendidas entre 1 y 40 mg.kg<sup>-1</sup> (Mahimairaja *et al.*, 2005).

En cuanto al contenido de Cd los valores varían de 1.36 y 3.24 mg.kg<sup>-1</sup>, con un promedio de 2.26 mg.kg<sup>-1</sup>, y el contenido de plomo varía entre 7.45 y 14.77 mg.kg<sup>-1</sup>, con un promedio de 11.52 mg.kg<sup>-1</sup> en el área de estudio. Los contenidos de Cd y Pb no coinciden con los resultados obtenidos en los suelos arroceros de Tumbes, donde los valores promedios son de 0.89 y 40.95 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente (Tineo & Viera, 2019). El cadmio es un metal pesado tóxico y ocurre en los suelos tanto de forma natural como antrópica, este metal llega a los suelos con cultivo de arroz mediante la aplicación de fertilizantes fosfatados con alto contenido de Cd (Ramírez *et al.*, 2015). Químicamente, este metal se puede encontrar disuelto en el agua contenido en el suelo; sin embargo, su biodisponibilidad para la planta va a depender de muchos factores físicos, químicos y biológicos que modifiquen su solubilidad y el estado del metal en el suelo; uno de los principales factores es el pH del suelo, el potencial redox, la temperatura y el contenido en arcillas, materia orgánica y agua (Rodríguez *et al.*, 2008).

#### **4.3. Concentraciones de metales pesados con las normativas que regulan la calidad de los suelos en el Perú, Ecuador, Canadá y México**

Se analizaron un total de 31 metales, de los cuales, As, Ba, Cd, Hg y Pb, fueron comparados con la normativa peruana y con los estándares para suelos de Ecuador, Canadá y México. Las comparaciones fueron realizadas con los valores de uso de suelo agrícola establecidos en las normativas. En este estudio los análisis realizados fueron en base a suelos dedicado a la producción de arroz.

Las normativas que regulan la calidad de los suelos en Perú, Ecuador, Canadá y México son las siguientes:

- Perú: regula la calidad de los suelos mediante los “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos”, los cuales fueron aprobados mediante D.S N° 011-2017-MINAM.
- Ecuador: regula la calidad de los suelos mediante la “Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados” (Decreto N° 3.516., 2002).
- Canadá: regula la calidad de los suelos mediante “Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health (Directrices Canadienses de la Calidad del Suelo para la Protección de la Salud Ambiental y Humana)” (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007).
- México: regula la calidad de los suelos mediante los “Criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio” (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004).

En los suelos de ambos márgenes del río Utcubamba, las concentraciones medias para el As, Ba, Cd, Hg y Pb fueron de 3.17; 176.63; 2.26; 0.15; y 11.52 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, estos resultados fueron comparados con los niveles de referencia de la normatividad peruana y de Ecuador. Los valores de As, Ba, Hg y Pb se encuentran por debajo de los ECAs tanto de Perú como de Ecuador; sin embargo, el contenido de Cd supera los niveles de referencia de ambos países. Así mismo, se observa diferencias con respecto a los valores de referencia establecidos en ambos países, en el Perú se muestra que los niveles de As y Hg son mucho más tolerantes con respecto a la normativa ecuatoriana, por el

contrario, los niveles de Cd y Pb son más exigentes en el Perú que en Ecuador, mientras que los valores del Ba son iguales en ambos países. Toda esta información se detalla en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Comparación de ECAs para suelos entre Perú y Ecuador

<b>Parámetros en mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>Uso de suelo: Agrícola</b>	
	<b>Perú</b>	<b>Ecuador</b>
Arsénico	50	12
Bario	750	750
Cadmio	1.4	2
Mercurio	6.6	0.8
Plomo	70	100

Al analizar comparativamente los valores de los ECAs entre Perú y Canadá, encontramos diferencias en los valores de Arsénico, indicando un valor más exigente en la normativa canadiense; mientras que los niveles establecidos para el Ba, Cd, Hg y Pb son iguales en ambos países. Toda esta información se expresa en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Comparación de ECAs para suelos entre Perú y Canadá

<b>Parámetros en mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>Uso de suelo: Agrícola</b>	
	<b>Perú</b>	<b>Canadá</b>
Arsénico	50	12
Bario	750	750
Cadmio	1.4	1.4
Mercurio	6.6	6.6
Plomo	70	70

Al analizar los valores obtenidos en la normatividad peruana con relación a la normatividad mexicana, observamos una exigencia mayor en Perú (Ba, Cd, Hg y Pb) en relación a la normativa mexicana. Y observamos lo contrario para el caso del As que es mucho más estricto en la normativa de México. Toda esta información comparativa se expresa en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Comparación de ECAs para suelos entre Perú y México

<b>Parámetros en mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>Uso de suelo: Agrícola</b>	
	<b>Perú</b>	<b>México</b>
Arsénico	50	22
Bario	750	5400
Cadmio	1.4	37
Mercurio	6.6	23
Plomo	70	400

## V. CONCLUSIONES

- Se identificó suelos moderadamente alcalinos, con pH promedio de 8.08. Así mismo, en el área de estudio los suelos no presentaron problemas de salinidad, porque su C.E estuvo por debajo de 2 dS/m (C.E = 0.59 dS/m en los suelos estudiados). El porcentaje promedio de M.O fue de 2.54% y de la C.I.C fue de 27.8 meq/100, indicando suelos adecuados para su uso agrícola. En relación al análisis mecánico los suelos agrícolas arroceros estudiados presentaron un mayor porcentaje de arcilla, seguido de arena y limo con valores promedios de 43.40%, 39.80% y 16.80% respectivamente.
- En el área de estudio los contenidos totales de metales, mostraron el siguiente orden: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg. Del mismo modo, se registraron altos contenidos de macronutrientes (Ca, Mg, K y P) y micronutrientes (Fe, Na, Mn y Zn), y en menores concentraciones Cu, Co, B y Mo. Así mismo, el Se, Ag y Tl presentaron valores por debajo del Límite de Detección del Método (LDM).
- En los suelos agrícolas arroceros periurbanos de ambos márgenes del río Utcubamba, las concentraciones promedios de As, Ba, Hg y Pb fueron de 3.17; 176.63; 0.015 y 11.52 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, los mismos que al ser analizados con los niveles de referencia establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelos (D.S N° 011-2017 MINAM) que indican valores de 50 mg.kg<sup>-1</sup> para el As, 750 mg.kg<sup>-1</sup> para el Ba, 6.6 mg.kg<sup>-1</sup> para el Hg, y 70 mg.kg<sup>-1</sup> para el Pb, los resultados obtenidos en este estudio se encontraron por debajo de los parámetros establecidos; siendo el Cd el único metal con valor promedio de 2.26 mg.kg<sup>-1</sup> en el área de estudio, que superó el nivel de referencia establecido en la normativa peruana (ECAs para Cd =1.4mg.kg<sup>-1</sup>).

## VI. RECOMENDACIONES

- A los gobiernos locales, regionales, nacionales, Universidades e instituciones públicas y privadas involucradas con el sector agrícola, se recomienda intervenir mediante proyectos, programas y capacitaciones; donde se involucren a todos los agricultores dedicados específicamente al cultivo de arroz y de esa manera lograr una agricultura sostenible, eficiente y competitiva.
- Se sugiere continuar con esta investigación con la finalidad de poder determinar los posibles orígenes de los metales registrados.
- Realizar investigaciones más avanzadas sobre el contenido y su procedencia del Hg en los suelos agrícolas arroceros, debido a que en esta investigación se evidenció la presencia de este metal únicamente en dos de las muestras analizadas.
- Es preciso realizar investigaciones sobre el contenido de Cadmio en las plantas, en los granos de arroz y su procedencia del mismo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, N., Carrascal, A., Correa, D., Otálvaro, A., Reyes, H., Sánchez I., & Taborda, G. (2013). *Perfil de riesgo de arsénico en arroz en Colombia*. 1ª ed. Bogotá. 119 pp.
- Aguilar, M., Fernández, J., Aguilar, M., & Ortiz, C. (2016). *Respuesta Agronómica del Arroz al Riego Salino en Distintas Fases del Cultivo*. Sevilla-España. 25 pp.
- Albujar, E. (2018). *Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017*. Recuperado de [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-agricola-2017\\_171218\\_0.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-agricola-2017_171218_0.pdf)
- Azpilicueta, C., Pena, L., & Gallego, S. (2010). Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Ciencia Hoy*, 20(116), 12–16.
- Barrio, N. (2017). *Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud*. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/55568/>
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117–124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Chaudhary, R., Nanda, J., & Tran, D. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz: Problemas y limitaciones de la producción de arroz*. Roma.
- Chingay, J. (2016). *Incidencia y severidad del amarillamiento de Oryza sativa L. en Guadalupe - La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad-Perú.
- Condori, M. (2016). *Estudio de niveles de boro y arsénico en suelo agrícola en el distrito de Cocachacra. Valle de Tambo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.
- Contreras, L. (2016). *Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (Oryza sativa l.) cv. Tinajones en Jequetepeque* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

- Cueva, A. (2010). Selección de la variedad, factor clave en el sector arrocero. *Revista arroz*, 58(486), 1-54.
- Delince, W., Valdés, R., López, O., Guridi, F., & Balbí, M.I. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 44-50.
- FAO. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. Roma, Italia.
- FAO. & OMS. (2017). *Anteproyecto de código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de arroz por arsénico*. Roma, Italia.
- Flores, A. (1991). *Suelos salinos y Sódicos*. Instituto Superior de Ciencias Agrarias de la Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos Yriego. La Habana
- Franquet, J., & Borrás, C. (2004). *Varietades y mejora del arroz (Oriza sativa L.)*. 1ª ed. Barcelona. 454 pp.
- Gachetá, C. (2017). *La importancia de conocer la capacidad de intercambio catiónico del suelo*. Colombia.
- Galán, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 48-60.
- García, C., Moreno, J. L., Hernández, T., & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente*, 125-138.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por Metales Pesados*. Recuperado de <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm#anchor1054486>
- Germán, I., Ducoudray, H., Tavares, M., Lisbey, J., Flores, J., & Tavares, R. (1991). *Uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo de arroz*. República Dominicana.
- Gil, J., Zavala, L., Bellinfante, N., & Jordán, A. (2010). *Acidez y capacidad de intercambio catiónico en los suelos afectados por incendios: métodos de determinación e interpretación de resultados*. Córdoba. 348 pp.
- Gómez, G. C. (2008). Mundo: Lo que no se dice del arroz. *Servindi*, 20 (1), 1-10.

- Guerra, V. (2013). *Cuando los nutrientes esenciales se vuelven tóxicos*. Recuperado de <https://inta.gob.ar/noticias/cuando-los-nutrientes-esenciales-se-vuelven-toxicos>
- Guzmán, A. R., Cruz, O., & Valdés, R. (2019). Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(1), 2071-0054.
- Hernán, J. (1999). *Conferencia 74: Fertilización del cultivo del arroz (Oryza sativa)*.
- Heros, E. (2019). *Alternativas tecnológicas para contribuir a la sustentabilidad del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en el Perú* (Tesis de postgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.
- Huiracocha, J. (2018). *Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (Oryza sativa) comercializados en la ciudad de Cuenca* (Tesis de postgrado). Universidad de Cuenca. Ecuador.
- INEI. (2013). *Resultados definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012*.
- Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: A review. *Environmental Pollution*, 168, 44-53.
- Kelepertzis, E. (2014). Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 221–222, 82–90.
- Kirkby, E. & Romheld, V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *The International Fertilizer Society*, 68.
- Llonto, Y. (2015). *Enfoque Microeconómico del Cultivo de Arroz. Problema y Desafíos*. Lambayeque – Perú.
- Mahecha, J. D., Trujillo, J. M., & Torres, M. A. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Orinoquia*, 19(1), 118-122.

- Mahimairaja, S., Bolan, N., Adriano, D., & Robinson, B. (2005). Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings . *Advances in Agronomy*, 86, 1-82.
- Maquerhua, Y. & Valverde, N. (2012). *Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito “el Mantaro” provincia de Jauja* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- Méndez, A. & Soto, X. (2017). *Dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa). Variedad fedearroz 2000 en Pivijay – Magdalena* (Tesis de pregrado). Universidad de Magdalena. Colombia.
- Micó, C. (2005). *Estudio de Metales Pesados en Suelos Agrícolas con Cultivos Hortícolas de la Provincia de Alicante* (Tesis doctoral). Universitat de Valencia. Valencia, España.
- MINAGRI. (2019). *Informe: IV Censo Nacional de Arroz en Molinos, Almacenes y Comercios Mayoristas 2019*. Lima – Perú.
- MINAGRI. (2013). *Cultivo de Arroz (Oryza sativa L.) en Barrizal*. Ucayali – Perú.
- MINAM. (2017). *¿Qué son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)?*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/que-son-los-estandares-de-calidad-ambiental-eca/>
- MINAM. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. 1ª ed. Lima–Perú. 72 pp.
- Molina, E. (2002). *Análisis de suelos y su interpretación*. Centro de Investigaciones Agronómicas–Universidad de Costa Rica, 1-8 pp.
- National Pesticide Information Center. (2015). *Suelos y Pesticidas*. Recuperado de <http://npic.orst.edu/envir/soil.es.html>.
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal*. 1(4), 1-4.

- Peralta, J. R., Lopez, M. L., Narayan, M., Saupe, G., & Gardea, J. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41, 1665–1677.
- Pérez, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Revista InterSedes*, 14(29), 6-18.
- PNUMA. (2005). *Evaluación Mundial Sobre el Mercurio*. Ginebra–Suiza. 289 pp.
- Pozo, W., Sanfeliu, T., & Carrera, G. (2011). Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *Maskana*, 2(1), 17-30.
- Prieto, J., Gonzales, C. A., Román, A. D., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Ramanathan, K., & Krishnamoorthy, M. (1973). Nutrient uptake by paddy during the main three stages of growth. *Plant and soil*, 39, 29-33.
- Ramírez, R., Subero, N., Sequera, O., & Parra, J. (2015). Contenido de cadmio en arroz (*Oryza sativa* L.) y en suelos fertilizados con fosfatos por un periodo entre 5 y 51 años. *Revista Facultad de Agronomía (Universidad Central de Venezuela)*, 41(1), 43-48.
- Raymundo, J. (2011). *Efecto de cinco fungicidas sistémicos en el control del quemado (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.) del cultivo de arroz (*Oryza saliva* L.) “Capirona”, en Cachicoto* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.
- Rodríguez, M., Martínez, N., Romero, M., Del Río, L., & Sandalio, L. (2008). Toxicidad del cadmio en las plantas. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 17(3), 139-146.

- Rueda, G., Rodríguez, J. A., & Madriñán, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*, 60(3), 203-218.
- Sharafati, F., Rafieian, M., & Sharafati, R. (2016). A review of heavy metals in rice (*Oryza sativa*) of Iran. *Toxin Reviews*, 1-7. DOI: 10.1080/15569543.2016.1252932.
- Tineo, B & Viera, R. (2019). *Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- Tóth, G. et al (2016). *Heavy metals in agricultural soil of the European Union with implications for food safety*. *Environment International*, (88) 299-309.

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados del análisis físico-químico de la muestra 01-margen derecho

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 1548	Código: CCFG - 036	Versión: 01  Página .../...
---	--	-----------------------	-----------------------------------

**1. DATOS :**

**Solicitante :** LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

**Departamento :** AMAZONAS  
**Provincia :** UTCUBAMBA  
**Distrito :** BAGUA GRANDE

**Anexo :** \_\_\_\_\_  
**Sector :** MARGEN DERECHA DEL RIO UTCUBAMBA  
**Cod. Muestra :** M.M.D 01  
**Fecha :** 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P				M.O	N	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
				P	K	C	M.O			N	Arena	Limo			Arcilla	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			
				ppm				%				meq/100g										
1548	M.M.D 01	7.98	0.43	6.29	107.74	1.78	3.06	0.15	52.0	16.0	32.0	Fr.Ar.A	25.63	23.36	1.85	0.25	0.17	0.00	25.63	25.63	100	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Finesca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.*

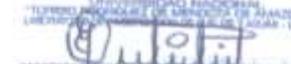
*Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG

  
**BLGO. JESUS RASCON BARRIOS**  
 RESPONSABLE

RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG

  
**Teo Ejar**  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

**Recibí Conforme:**

Nombre: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

Fecha y Hora: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma de Conformidad

**Anexo 2.** Resultados del análisis físico-químico de la muestra 02-margen derecho.

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 1549	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		Página .../...	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO  
 Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : BAGUA GRANDE

Anexo :  
 Sector : MARGEN DERECHA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.D 02  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes	Suma de Aniones	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>			
1549	M.M.D 02	7.97	0.53	11.97	126.05	2.67	4.60	0.23	50.0	14.0	36.0	Ar.A.	22.57	20.30	1.78	0.30	0.19	0.00	22.57	22.57	100

A = Arena ; A.Fi = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L. = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
**JESUS RASCON BARRIOS**  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
**JESUS RASCON BARRIOS**  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:  
  
 \_\_\_\_\_  
 Firma de Conformidad

### Anexo 3. Resultados del análisis físico-químico de la muestra 03-margen derecho

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		Informe de Ensayo N° 1550	

#### 1. DATOS :

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
Provincia : UTCUBAMBA  
Distrito : BAGUA GRANDE

Anexo :  
Sector : MARGEN DERECHA DEL RIO UTCUBAMBA  
Cod. Muestra : M.M.D 03  
Fecha : 09/10/19

#### 2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH ( 1:1 )	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>			
									%	%	%			meq/100g							
1550	M.M.D 03	7.94	0.71	11.58	110.10	1.33	2.30	0.11	50.0	16.0	34.0	Fr.Ar.A	19.60	17.35	1.75	0.25	0.25	0.00	19.60	19.60	100

A = Arena ; A.Fi = Arena Finesca ; Fr.A = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A = Arcillo Arenoso ; Ar.L = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.*

*Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL  
"TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
LABISAG  
  
BLGO JESUS RASCÓN BARRIOS  
RESPONSABLE  
RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
"TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
LABISAG  
  
Eider Chichiplo Vela  
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme: Nombre: DNI: Fecha y Hora:    Firma de Conformidad
--

**Anexo 4.** Resultados del análisis físico-químico de la muestra 04-margen derecho

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		Página .../...	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : BAGUA GRANDE

Anexo :  
 Sector : MARGEN DERECHA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.D 04  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dB/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>++</sup> meq/100g	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>			
1551	M.M.D 04	8.01	0.45	13.31	171.38	1.78	3.06	0.15	48.0	16.0	36.0	Ar.A	24.21	21.41	2.16	0.39	0.25	0.00	24.21	24.21	100

A = Arena ; A.F. = Arena Franco ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Límoso ; L = Límoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcilla Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Límoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Límoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG  
  
 BLGO. JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS  
 LABISAG  
  
 TCC. EIDER GALINDO VELA  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:

Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:

---

Firma de Conformidad

**Anexo 5. Resultados del análisis físico-químico de la muestra 05-margen derecho**

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 1552	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		Página .../...	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : BAGUA GRANDE

Anexo :  
 Sector : MARGEN DERECHA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.D.05  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Labo	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	C/C	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
1552	M.M.D.05	8.13	0.40	8.12	114.44	1.38	2.38	0.12	46.0	16.0	38.0	Ar.A.	26.93	24.14	2.05	0.48	0.27	0.00	26.93	26.93	100

A = Arena ; A.F. = Arena Fina ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

**Nota:** Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG  
 BLGO. JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG  
 Tico. Eider Chiriquito Vela  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:

Nombre:

DNI:

Fecha y Hora:

\_\_\_\_\_

Firma de Conformidad

**Anexo 6.** Resultados del análisis físico-químico de la muestra 01-margen izquierdo.

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 1553	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		Página .../...	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JOHANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : CAJARURO

Anexo :  
 Sector : MARGEN IZQUIERDA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : **M.M.I.01**  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
1553	M.M.I.01	8.28	0.93	3.98	344.83	1.11	1.92	0.10	38.0	14.0	48.0	Ar	33.02	28.44	3.51	0.71	0.35	0.00	33.02	33.02	100

A = Arena ; A.Fl. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
 BLGO JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
 Eider Chichona Vela  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:

Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:

---

Firma de Conformidad

**Anexo 7. Resultados del análisis físico químico de la muestra 02-margen izquierdo**

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 1554	Código: CCFG - 038	Versión: 01
		Página .../...	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : CAJARURO

Anexo :  
 Sector : MARGEN IZQUIERDA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.I.02  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O. %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ar <sup>+</sup> + H <sup>+</sup>			
1554	M.M.I.02	8.09	0.73	4.66	418.90	1.78	3.06	0.15	20.0	20.0	60.0	Ar.	29.58	25.00	3.20	0.98	0.41	0.00	29.58	29.58	100

A = Arena ; A.Ft. = Arena Franco ; Ft.A. = Franco Arenoso ; Ft. = Franco ; Ft.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Ft.Ar.A. = Franco Arcilla Arenoso ; Ft.Ar. = Franco Arcilloso ; Ft.Ar.L. = Franco Arcilla Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

**Nota:** Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
 D.L. GO JESÚS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS  
  
 TINO ELIJIO GARCERAN VASIS  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:

Nombre:

DNI:

Fecha y Hora:

\_\_\_\_\_

Firma de Conformidad

**Anexo 8.** Resultados del análisis físico químico de la muestra 03-margen izquierdo

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		INFORME DE ENSAYO N° 1555	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JOHANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : CAJARURO

Anexo :  
 Sector : MARGEN IZQUIERDA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.I.03  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

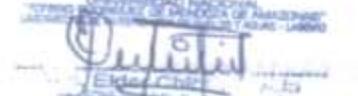
Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiadas					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arilla %			Ca <sup>++</sup> meq/100g	Mg <sup>++</sup> meq/100g	K <sup>+</sup> meq/100g	Na <sup>+</sup> meq/100g	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup> meq/100g			
1555	M.M.I.03	8.12	0.78	4.27	400.82	1.07	1.84	0.09	28.0	22.0	50.0	Ar	33.22	28.14	3.77	0.99	0.32	0.00	33.22	33.22	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Fina ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Ft. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arilla Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arillo Limoso ; Ar.A. = Arilla Arenoso ; Ar.L. = Arilla Limoso ; Ar. = Arillosa

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
 BLGO. JESÚS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme:

Nombre:

DNI:

Fecha y Hora:

\_\_\_\_\_  
Firma de Conformidad

**Anexo 9.** Resultados del análisis físico químico de la muestra 04-margen izquierdo

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		INFORME DE ENSAYO N° 1556	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : CAJARURO

Anexo :  
 Sector : MARGEN IZQUIERDA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.I.04  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									arena	Limo	arcilla			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>			
1556	M.M.I.04	8.22	0.61	4.85	279.28	0.89	1.53	0.08	34.0	18.0	48.0	Ar.	33.45	29.80	3.01	0.40	0.24	0.00	33.45	33.45	100

A = Arena ; A.F. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 LABISAG  
 BLGO. JESUS RASCÓN BARRIOS  
 RESPONSABLE  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 "TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 Ing. Eitel Cárubita Vela  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme:

Nombre:

DNI:

Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

**Anexo 10.** Resultados del análisis físico químico de la muestra 05-margen izquierdo

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		INFORME DE ENSAYO Nº 1557	

**1. DATOS :**

Solicitante : LIZ JHOANA ASTONITAS CARRASCO

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : UTCUBAMBA  
 Distrito : CAJARURO

Anexo :  
 Sector : MARGEN IZQUIERDA DEL RIO UTCUBAMBA  
 Cod. Muestra : M.M.1.05  
 Fecha : 09/10/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestras Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ar <sup>2+</sup> + H <sup>+</sup>			
									%	%	%			meq/100g							
1557	M.M.1.05	8.06	0.70	5.33	335.81	0.93	1.61	0.06	32.0	16.0	52.0	Ar.	26.90	26.35	2.75	0.63	0.17	0.00	29.90	29.90	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
 BLGO. JESÚS RASCÓN BARRIOS  
 RESPONSABLE  
 RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 Laboratorio de Suelos y Aguas - LABSAG  
 Tec. Eider Pacheco Vela  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme

Nombre: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

Fecha y Hora: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Firma de Conformidad

**Anexo 11.** Métodos empleados para el análisis físico-químico y su tabla de interpretaciones.

**MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELO**

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrometro.
  2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
  3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión en el suelo: agua relación 1:1.
  4. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = %CX1.724.
  5. Fósforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5.
  6. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>-COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0
  7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>-COONH<sub>4</sub>)N; pH 7.0
  8. Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio(CH<sub>3</sub>-COONH<sub>4</sub>) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de emisión atómica.
  9. Al<sup>+3</sup>+H<sup>+</sup>: método de Yuan: extracción con KCl, N.
- Equivalencias:**  
 1 ppm = 1 mg/kilogramo  
 1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro  
 1 miliequivalente / 100g = 1 cmol (+)/kg  
 Sales solubles totales (TDS) en ppm o mg/kg = 640xCEes  
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

**TABLA DE INTERPRETACIÓN**

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas		
clasificación del suelo	CE(es)	%	ppm P	ppm K	Clasificación	k/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2-0.3	5-9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	7.0-14.0	100-240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4-8	*alto	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg		>10

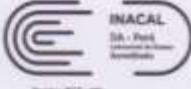
Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de cationes %	
clasificación del suelo	pH	A	Fr.Ar.A	Fr.Ar	Fr.Ar.L	Ca <sup>+2</sup>	
*fuertemente ácido	<5.5	= arena	= franco arcillo arenoso	= franco arcilloso	= franco arcillo limoso	=	60-75
*moderadamente ácido	5.6-6.0	A.Fr = arena franca				Mg <sup>+2</sup>	= 15-20
*ligeramente ácido	6.1-6.5	Fr.A = franco arenoso	Ar.A = arcillo arenoso			K <sup>+</sup>	= 3-7
*neutro	7.0	Fr. = franco	Ar.L = arcillo limoso			Na <sup>+</sup>	= <15
*ligeramente alcalino	7.1-7.8	Fr.L = franco limoso	Ar. = arcilloso				
*moderadamente alcalino	7.9-8.4	L = limoso					
*fuertemente alcalino	>8.5						

Fuente: Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) – UNTRM

**Anexo 12.** Resultados del análisis de metales de las muestras 01, 02, 03 y 04 del margen derecho



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



**INFORME DE ENSAYO N° 140731 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Muestra analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2020-01-31	2020-01-31	2020-01-31	2020-01-31
Hora de inicio de muestreo (H)	09:00	10:30	12:00	15:20
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	F1-MDZA	F2-MDZA	F3-MDZH	F4-MDZH
Código del Laboratorio	20020238	20020239	20020240	20020241
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados	
<b>Metales</b>				
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	8254.1	8195.3
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	3.8	3.0
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	159.2	162.0
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.66	0.62
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000	>40000
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	3.00	2.83
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	17.5	14.7
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	6.52	6.37
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	10.64	10.14
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	21.4	25.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	12957.1	13635.3
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	1218.3	1243.0
Litio (Li)	0.3	mg/kg	7.4	7.2
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	3522.3	2663.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	352.69	353.53
Niobio (Nb)	0.2	mg/kg	0.3	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	211.2	244.0
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	13.22	12.34
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1018.5	999.9
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	13.90	13.25
Antimonio (Sb)	0.3	mg/kg	<0.3	0.3
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.9	1.0
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	120.6	116.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	23.26	26.76
Telurio (Te)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	24.88	23.04
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	75.0	68.4

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.

Quim. **Beth Y. Fajardo León**  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA.  
EPA, Environmental Protection Agency; ASTM, American Society for Testing and Materials; NTP, Norma Técnica Peruana.  
**ORGANIZACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de prescripción del padmetro analizado con un máximo de 30 días hábiles después del momento de laboratorio. Luego serán eliminadas.  
• Para consultar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@saagenera.com. • Cualquier modificación en formato, fecha o autorización del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables podrán ser procesados de acuerdo a ley.

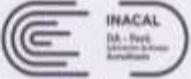
**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
Laboratorio Av. Naciones Unidas 1505 Urb. Chacarita Ríca Norte - Lima • Oficina Administrativa Pasaje Clorinda Mato de Torres N° 2073 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.saagenera.com • Contacto Electrónico saagenera@saagenera.com

Página 2 de 6

**Anexo 13.** Resultados del análisis de metales de las muestras 05, 06, 07 y 08 del margen derecho



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



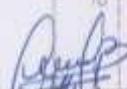
**INFORME DE ENSAYO N° 140731 - 2020 CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2020-01-31	2020-02-01	2020-02-01	2020-02-01
Hora de inicio de muestreo (h)	17:00	09:00	10:00	11:30
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	P5-HD2H	P5-HD2B	P7-HD2B	P9-HD2B
Código del Laboratorio	20020242	20020243	20020244	20020245

Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados			
<b>Metales</b>						
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	5937.1	6750.1	7534.0	5511.3
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	1.0	2.4	2.6	1.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	2.0	<0.2	0.3	0.4
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	180.7	136.4	212.4	133.2
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.56	0.33	0.34	0.41
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	28678.8	>40000	>40000	>40000
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	1.46	2.21	2.20	1.88
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	4.8	14.3	17.9	15.8
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	3.71	5.52	5.22	4.31
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	5.47	8.04	8.37	7.58
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	15.8	21.8	19.0	17.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	7189.0	11071.0	10867.3	9257.1
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	1040.3	907.2	1260.0	802.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	4.4	6.5	6.3	5.4
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	2205.3	3101.8	3291.3	2626.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	292.26	340.53	272.07	214.77
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.2	0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	297.7	242.0	186.1	223.0
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	5.62	10.13	10.44	8.71
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	593.8	931.4	860.0	1080.7
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	7.45	11.18	10.82	9.04
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estatío (Sn)	0.1	mg/kg	0.8	1.1	0.7	1.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	104.5	116.4	121.5	107.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	16.08	23.38	26.97	30.48
Taño (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	20.22	18.35	20.16	17.17
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	26.4	56.4	37.4	49.6

L.D.M.: Límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.



**Quim. Berbeth Y. Fajardo Leon**  
C.O.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS WORKING FOR YOU**

\* El Método utilizado es el más acreditado por INACAL-DA.  
EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Society for Testing and Materials; NTP: Norma Técnica Peruana.  
**DISPOSICIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de validez del protocolo analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.  
• Para constatar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [labanaliticos@sagperu.com](mailto:labanaliticos@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, invalida la fiabilidad del contenido e de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser penalizados de acuerdo a ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1368 Urb. Chacra Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Currida Matu de Torre N° 2076 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

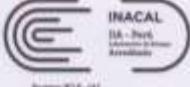
Cod. PI 00/Version: 08/FE 00/2018

Página 3 de 6

**Anexo 14.** Resultados del análisis de metales de las muestras 09 y 10 (margen derecho), 11 y 12 (margen izquierdo)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



**INFORME DE ENSAYO N° 140731 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2020-02-01	2020-02-01	2020-02-01	2020-02-01
Hora de inicio de muestreo (H)	14:00	16:00	09:00	10:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	PS-MDZB	P10-MDZB	P11-MEZA	P12-MEZA
Código del Laboratorio	20020246	20020247	20020248	20020249

Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados			
<b>Metales</b>						
Plata (Ag)	0.00	mg/kg	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	7909.8	8784.3	8778.4	8069.5
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	3.2	3.7	2.7	2.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	0.6	1.1
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	169.0	228.2	218.5	238.9
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.59	0.69	0.60	0.55
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000	>40000	36367.3	34231.1
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	2.65	3.10	2.23	2.30
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	17.3	30.6	27.2	28.6
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	5.86	6.40	5.11	5.13
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	9.34	11.01	7.58	7.95
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	22.0	23.8	22.2	24.2
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	12956.6	15056.9	11828.6	11149.8
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	1197.7	1211.9	1018.5	944.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	6.9	7.8	7.7	7.6
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	3509.0	3333.5	3163.3	3044.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	318.65	273.34	317.70	237.63
Moolibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.3	0.4	0.4	0.5
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	209.7	227.1	557.7	521.5
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	11.51	14.96	10.94	11.53
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	955.4	1113.5	873.0	718.4
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	11.85	13.80	10.35	11.45
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.5	0.4	<0.2	0.6
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estadío (Sn)	0.1	mg/kg	1.2	1.4	1.2	1.2
Estroncio (Sr)	0.4	mg/kg	122.7	112.9	128.9	116.9
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	25.46	33.84	19.85	23.55
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	22.00	26.65	23.62	22.18
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	66.7	78.8	52.8	57.0

L.D.M.: Límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.



**Quim. Balbeth Y. Fajardo León,**  
C.O.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado en su caso acreditado por INACAL-DA.  
EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.  
**OBSERVACIONES:** • Esta prueba es la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para consultar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo: [labanalitico@sagperu.com](mailto:labanalitico@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, puede a inutilización del contenido o de la apariencia de este documento es legal y los caducidos pueden ser perjudiciales de acuerdo a la ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1585 Urb. Chacra Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turró N° 2078 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6865 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

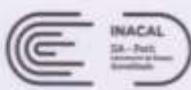
Cód. PI 02/Revisión: 06/F.E. 03/2018

Página 4 de 6

**Anexo 15.** Resultados del análisis de metales de las muestras 13, 14, 15 y 16 del margen izquierdo



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



**INFORME DE ENSAYO N° 140731 - 2020 CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Metro analizado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de muestreo	2020-02-02	2020-02-02	2020-02-02	2020-02-02		
hora de inicio de muestreo (H)	11:00	12:00	13:00	14:30		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código del Cliente	F13-MIZM	F14-MIZM	F15-MIZM	F16-MIZM		
Código de Laboratorio	20020230	20020231	20020232	20020233		
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados			
<b>Metales</b>						
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	9699.9	8188.4	7929.6	8009.9
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	4.8	4.8	3.2	3.0
Boro (B)	0.2	mg/kg	2.0	1.4	<0.2	0.4
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	197.7	208.7	143.1	146.6
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.73	0.62	0.45	0.38
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000	>40000	17541.3	18422.5
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	3.24	2.92	1.89	1.36
Cromo (Cr)	0.2	mg/kg	24.7	16.6	29.8	23.7
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	6.46	5.93	4.61	4.11
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	10.01	9.15	5.90	3.94
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	28.6	29.1	16.4	11.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	15408.3	13934.8	9914.0	8766.4
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.0	mg/kg	1095.7	876.5	1297.9	1173.4
Litio (Li)	0.3	mg/kg	8.5	7.6	4.3	3.5
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	4011.0	3804.1	2065.6	2071.4
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	388.25	423.31	271.61	276.86
Nickel (Ni)	0.2	mg/kg	1.0	0.5	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	783.1	693.5	225.0	358.6
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	17.14	15.57	7.88	5.63
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	849.2	795.9	744.6	429.8
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	14.77	13.37	11.66	10.46
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	1.1	<0.2	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.5	1.4	4.3	1.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	171.0	178.5	72.5	103.8
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	35.86	35.79	23.81	24.12
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	29.66	25.96	23.03	22.54
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	82.1	73.4	35.3	23.2

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.



**Quim. Beneth Y. Fajardo Exp.**  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Expertos Working for You

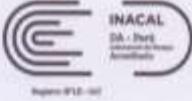
SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.  
Laboratorio Av. Naranjos Unidos N° 1525 Urb. Chacra Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Orlinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

© Método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA.  
SAG: Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: • Toda prohibida la reproducción parcial o total del presente documento estrictamente para fines de información de uso interno. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al protocolo de conservación de muestras analizadas con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para cualquier otro AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fuese o no, invalida el presente informe y de la vigencia de este documento es legal y los cambios pueden ser procesados de acuerdo a ley.

**Anexo 16.** Resultados del análisis de metales de las muestras 17, 18, 19 y 20 del margen izquierdo



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



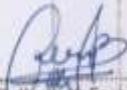
**INFORME DE ENSAYO N° 140731 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2020-02-02	2020-02-02	2020-02-02	2020-02-02
Hora de inicio de muestreo (h)	15:20	16:00	16:30	17:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	F17-M12B	F18-M12B	F19-M12B	F20-M12B
Código del Laboratorio	20020254	20020255	20020256	20020257
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados	
<b>Metales</b>				
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	9708.4	10462.9
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	2.6	2.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	0.6	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	184.8	195.3
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.58	0.56
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	29968.0	19870.0
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	1.90	1.67
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	24.4	26.0
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	5.01	4.85
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	6.40	5.37
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	21.9	13.4
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	11389.6	10423.2
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	1308.4	1464.4
Litio (Li)	0.3	mg/kg	5.4	4.4
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	2634.8	2517.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	350.79	333.35
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.3	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	556.9	323.4
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	8.57	7.52
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	513.1	567.7
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	9.16	6.69
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.4	1.2
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	113.5	104.3
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	17.89	18.25
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	23.70	24.83
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	34.9	30.1

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.

Lima, 10 de Febrero del 2020.



**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
C.O.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método Indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.  
EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Society for Testing and Materials; NTP: Norma Técnica Peruana.  
OBSERVACIONES: • Este presenta la reproducción parcial o total del presente documento o método que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Los resultados serán conservados de acuerdo al período de preservación del patrimonio analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para consultar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, invalida la certificación del contenido o de la autenticidad de este documento de legal y no cabeable poder ser procesado de acuerdo a ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1560 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clarinda Matto de Turner N° 2070 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6863 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 6 de 6

**Anexo 17. Panel fotográfico**



**Fotografía 01. Toma de muestras.**



**Fotografía 02. Pesado de muestras**



**Fotografía 03.** Muestras para análisis físico-químico.



**Fotografía 04.** Muestras para análisis de metales.