



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO DE POTASIO A PARTIR  
DE LA MUSA PARADISIACA POR DOS MÉTODOS QUIMICOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**QUÍMICO**

**AUTOR:**

**KEVELIN MAURICIO PINDO ADRIANO**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO DE POTASIO A PARTIR  
DE LA MUSA PARADISIACA POR DOS MÉTODOS QUIMICOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**QUÍMICO**

**AUTOR:** KEVELIN MAURICIO PINDO ADRIANO

**DIRECTOR:** Dr. JORGE EFRÉN SILVA YUMI, PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Kevelin Mauricio Pindo Adriano**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Kevelin Mauricio Pindo Adriano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de mayo del 2024

**Kevelin Mauricio Pindo Adriano**  
**C.I. 060453103-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO DE POTASIO A PARTIR DE LA MUSA PARADISIACA POR DOS MÉTODOS QUIMICOS**, realizado por el señor: **KEVELIN MAURICIO PINDO ADRIANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2024-05-27
Dr. Jorge Efrén Silva Yumi, PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>	_____	2024-05-27
Dr. Carlos Pilamunga Capus, PhD. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2024-05-27

## **DEDICATORIA**

Este gran proyecto primero lo dedico a Dios, quien me dio la fortaleza, salud y mentalidad para salir adelante. Las mujeres que más amo en la vida a mi familia, Laura y Magdalena, agradezco por los valores y educación de igual manera a mis tíos que estuvieron incondicionalmente. Finalmente, a mis compas y amigos sobre todo a Yadira quien considero como mi hermana, Bernal y José; los cuales estuvieron en todo momento difícil de mi carrera. Gracias totales.

Kevelin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, quien aparte de instruirme como profesional me enseñaron a ser un buen humano para la sociedad. Muchas gracias a mis docentes por formarme como profesional y sobre todo como persona con los valores y humildad todo se puede. Por último, a la facultad de Ciencias quienes conforman desde el personal de aseo hasta el director de la carrera, al Dr. Celso y Yumi por brindarme la oportunidad de exponer este gran proyecto final de mi carrera.

Kevelin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
4.1.	Planteamiento del problema.....	2
4.2.	Objetivos.....	3
4.2.1.	<i>Objetivo general</i> .....	3
4.2.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	3
4.3.	Justificación.....	3
4.4.	Hipótesis.....	4
4.4.1.	<i>Hipótesis general</i> .....	4
4.4.2.	<i>Hipótesis específicas</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
2.2.	Referencias Teóricas.....	6
2.2.1.	<i>Musa Paradisiaca</i> .....	6
2.2.1.1.	<i>Caracterización fisicoquímica de la cáscara de Musa paradisiaca</i> .....	7
2.2.1.2.	<i>Caracterización nutricional de la cáscara de Musa paradisiaca</i> .....	7
2.2.2.	<i>Tipos de bananos</i> .....	8
2.2.3.	<i>Producción de banano en el Ecuador</i> .....	8
2.2.4.	<i>Residuos orgánicos de banano en Riobamba, Ecuador</i> .....	9
2.2.5.	<i>Potasio y su importancia en las plantas</i> .....	10
2.2.5.1.	<i>Activación enzimática</i> .....	11
2.2.5.2.	<i>Balanceo de cargas</i> .....	11

2.2.5.3.	<i>Función osmótica</i> .....	11
2.2.6.	<i>Consumo de fertilizantes de potasio a nivel mundial y en el Ecuador</i> .....	12
2.2.7.	<i>Aplicaciones del concentrado de potasio como fertilizante</i> .....	12
2.2.8.	<i>Tipos de fertilizantes potásicos</i> .....	13
2.2.8.1.	<i>Cloruro de potasio (MOP)</i> .....	13
2.2.8.2.	<i>Sulfato de potasio (SOP)</i> .....	13
2.2.8.3.	<i>Nitrato de potasio (NOP)</i> .....	13
2.2.9.	<i>Métodos de extracción de concentrado de potasio</i> .....	14
2.2.9.1.	<i>Proceso de deshidratación</i> .....	14
2.2.9.2.	<i>Proceso de maceración</i> .....	14
2.2.9.3.	<i>Proceso de biofermentación</i> .....	14
2.2.10.	<i>Métodos de caracterización del concentrado de potasio</i> .....	15
2.2.10.1.	<i>Espectrometría de absorción atómica</i> .....	15
2.2.10.2.	<i>Fotometría de emisión atómica</i> .....	15
2.3.	<b>Bases conceptuales</b> .....	15
2.3.1.	<i>Residuos orgánicos sólidos</i> .....	15
2.3.2.	<i>Potasio</i> .....	15
2.3.3.	<i>Concentrado de potasio</i> .....	16
2.3.4.	<i>Banano, <i>Mussa paradisiaca</i></i> .....	16
2.3.5.	<i>Reciclaje</i> .....	16
2.3.6.	<i>Fertilizante NPK</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	17
3.1.	<b>Área de estudio</b> .....	17
3.2.	<b>Tipo y diseño de la investigación</b> .....	17
3.2.1.	<i>Por el método de investigación</i> .....	17
3.2.2.	<i>Según el objetivo</i> .....	17
3.2.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i> .....	18
3.2.4.	<i>Según la manipulación de variables</i> .....	18
3.2.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i> .....	18
3.2.6.	<i>Según el período temporal</i> .....	18
3.3.	<b>Población de estudio</b> .....	18
3.4.	<b>Tamaño de la muestra</b> .....	19
3.5.	<b>Diseño experimental</b> .....	19

<b>3.6.</b>	<b>Parte experimental</b> .....	21
<b>3.6.1.</b>	<b><i>Materiales, reactivos y equipos</i></b> .....	21
<b>3.6.1.1.</b>	<b><i>Materiales</i></b> .....	21
<b>3.6.1.2.</b>	<b><i>Reactivos y sustancias</i></b> .....	21
<b>3.6.1.3.</b>	<b><i>Equipos</i></b> .....	22
<b>3.7.</b>	<b>Metodología</b> .....	22
<b>3.7.1.</b>	<b><i>Caracterización de la cáscara de <i>Mussa paradisiaca</i></i></b> .....	22
<b>3.7.1.1.</b>	<b><i>Porcentaje de cenizas</i></b> .....	22
<b>3.7.1.2.</b>	<b><i>Potencial de Hidrógeno</i></b> .....	23
<b>3.7.1.3.</b>	<b><i>Porcentaje de humedad</i></b> .....	23
<b>3.7.2.</b>	<b><i>Extracción de concentrado de potasio de la <i>Mussa paradisiaca</i></i></b> .....	23
<b>3.7.2.1.</b>	<b><i>Método de extracción por deshidratación y maceración hidroalcohólica</i></b> .....	24
<b>3.7.2.2.</b>	<b><i>Método de extracción por biofermentación</i></b> .....	25
<b>3.7.3.</b>	<b><i>Caracterización de concentrado de potasio</i></b> .....	25
<b>3.7.3.1.</b>	<b><i>Espectrometría de absorción atómica</i></b> .....	25
<b>3.7.3.2.</b>	<b><i>Fotometría de emisión</i></b> .....	25

#### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	26
<b>4.1.</b>	<b>Caracterización de la materia prima</b> .....	26
<b>4.1.1.</b>	<b><i>Porcentaje de humedad de la materia prima</i></b> .....	26
<b>4.1.2.</b>	<b><i>Porcentaje de ceniza de la materia prima</i></b> .....	27
<b>4.1.3.</b>	<b><i>Potencial de hidrógeno de la materia prima</i></b> .....	28
<b>4.1.4.</b>	<b><i>Análisis de espectroscopía de absorción atómica de la materia prima</i></b> .....	29
<b>4.2.</b>	<b>Obtención de cristales de KNO<sub>3</sub></b> .....	31
<b>4.3.</b>	<b>Análisis espectro métrico de absorción atómica del concentrado de potasio</b> ....	33
<b>4.4.</b>	<b>Análisis de fotometría de emisión del concentrado de potasio</b> .....	34
<b>4.5.</b>	<b>Análisis de varianza ANOVA</b> .....	35

#### CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	37
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	37
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	38

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Caracterización fisicoquímica de la cáscara de banano.....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Propiedades nutricionales de la cáscara de banano .....	7
<b>Tabla 3-1:</b> Modelo estadístico factorial 3x2 (dos factores).....	20
<b>Tabla 3-2:</b> ANOVA para diseño factorial axb .....	21
<b>Tabla 4-1:</b> Análisis Fisicoquímicos de la cáscara de banano .....	26
<b>Tabla 4-2:</b> Datos obtenidos de concentración de potasio mg/ml por Espectroscopia de absorción atómica en la materia prima.....	29
<b>Tabla 4-3:</b> Gramos obtenidos de cristales de $KNO_3$ obtenidos con la solución de $HNO_3$ al 15%, 25% y 35% por el método 1 .....	31
<b>Tabla 4-4:</b> Gramos obtenidos de cristales de $KNO_3$ obtenidos con la solución de $HNO_3$ al 15%, 25% y 35% por el método 2 .....	32
<b>Tabla 4-5:</b> Datos obtenidos de concentración de potasio a diferentes concentraciones de $HNO_3$ por Espectroscopia de absorción atómica por método de deshidratación.....	33
<b>Tabla 4-6:</b> Datos obtenidos de concentrado de potasio por método de biofermentación a diferentes concentraciones de $HNO_3$ por Espectrometría de absorción atómica ...	34
<b>Tabla 4-7:</b> Datos obtenidos de concentrado de potasio a diferentes concentraciones de $HNO_3$ por Fotometría de Emisión .....	34
<b>Tabla 4-8:</b> Datos estadísticos descriptivos .....	35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Racimo de <i>Musa paradisiaca</i> .....	6
<b>Ilustración 2-2:</b> Principales provincias productoras de banano y su producción en el año 20229	
<b>Ilustración 2-3:</b> Caracterización residuos sólidos de la ciudad de Riobamba .....	10
<b>Ilustración 2-4:</b> Funciones del potasio en las plantas .....	11
<b>Ilustración 3-1:</b> Localización de la Facultad de Ciencias-ESPOCH.....	17
<b>Ilustración 3-2:</b> Cáscara de <i>Mussa paradisiaca</i> deshidratada .....	24
<b>Ilustración 4-1:</b> Porcentaje de humedad de la cáscara de banano.....	27
<b>Ilustración 4-2:</b> Porcentaje de ceniza de la cáscara de banano .....	28
<b>Ilustración 4-3:</b> Potencial de hidrógeno de la cáscara de banano .....	29
<b>Ilustración 4-4:</b> Curva de calibración de análisis espectro métrico de la cáscara de banano ...	30
<b>Ilustración 4-5:</b> Cristales de $KNO_3$ obtenidos por el método 1 .....	32
<b>Ilustración 4-6:</b> Cristales de $KNO_3$ obtenidos por el método 2 .....	33
<b>Ilustración 4-7:</b> Curva de calibración concentrado de K, por fotometría de emisión.....	35

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** RESULTADOS DE TRAZABILIDAD DEL ELEMENTO K, POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN LA MATERIA PRIMA

## RESUMEN

En Ecuador, se generaron alrededor de 14 mil toneladas anuales de basura, constituida por desechos orgánicos e inorgánicos que, al mezclarse, produjeron lixiviados contaminantes para el medio ambiente. El problema se atribuyó a la mala gestión de residuos en Riobamba, Ecuador, especialmente de desechos orgánicos como la cáscara de banano. El objetivo principal de la investigación fue obtener un concentrado de potasio a partir de la cáscara de banano de tipo musa paradisiaca mediante dos métodos de extracción: biofermentación, que utiliza microorganismos para descomponer la materia orgánica y liberar potasio, y deshidratación con maceración, que implica la eliminación de agua y la extracción de compuestos con alcohol. Se llevó a cabo una caracterización fisicoquímica de la materia prima para evaluar su idoneidad en la obtención del concentrado de potasio, analizando su pH, ceniza, humedad y el contenido de potasio en la cáscara de banano, con un promedio del 5.77%. El concentrado de potasio fue obtenido exitosamente mediante ambos métodos de extracción, destacándose especialmente el método de biofermentación. La caracterización del concentrado de potasio se realizó utilizando técnicas como la espectrometría de absorción atómica y la fotometría de emisión para analizar su calidad. Finalmente, ambos métodos fueron viables para obtener concentrado de potasio a partir de la cáscara de banano. Este concentrado demostró un alto potencial como fertilizante agrícola, permitiendo así aprovechar los desechos orgánicos del banano para la obtención de potasio, mejorando la gestión de residuos y reduciendo la contaminación ambiental.

**Palabras clave:** <CONCENTRADO>, <POTASIO>, <MUSA PARADISIACA>, <FERTILIZANTE>, <BIOFERMENTACION>, <MACERACIÓN<, <CASCARA DE BANANO>.

0799-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

In Ecuador, around fourteen thousand tons of garbage is generated annually, consisting of organic and inorganic waste that, when mixed, produces leachate that pollutes the environment. The problem was attributed to poor waste management in Riobamba, Ecuador, especially organic waste such as banana peels. The main objective of the research was to obtain a potassium concentrate from the banana peel of the paradisiacal muse type using two extraction methods: bio-fermentation, which uses microorganisms to break down organic matter and release potassium, and dehydration with maceration, which involves the removal of water and the extraction of compounds with alcohol. A physicochemical characterization of the raw material was conducted to evaluate its suitability in obtaining potassium concentrate, analyzing its pH, ash, moisture, and potassium content in the banana peel, with an average of 5.77%. Both extraction methods successfully obtained the potassium concentrate, especially the bio-fermentation method. The characterization of the potassium concentrate was performed using techniques such as atomic absorption spectrometry and emission photometry to analyze its quality. Finally, both methods were practical to obtain potassium concentrate from banana peels. This concentrate showed a high potential as an agricultural fertilizer, thus allowing to take advantage of organic banana waste to get potassium, improving waste management and reducing environmental pollution.

**Keywords:** <CONCENTRATE>, <POTASSIUM>, <PARADISIACAL MUSE>, <FERTILIZER>, <BIO-FERMENTATION>, <MACERATION>, <BANANA PEEL>.

Lcdo. Edison Renato Ruiz Lopez, Mgs.

CI: 0603957044

## INTRODUCCIÓN

La mala recolección de la basura en la ciudad de Riobamba, por parte de los comerciantes de la zona producen contaminación al medio ambiente, por la mala gestión de residuos y la producción permanente de lixiviados. La “basura” no es más que desechos orgánicos e inorgánicos, que podrían ser gestionados basados en un pensamiento de reciclaje para generar menos cantidad de residuo, contribuyendo al cuidado y buena recolección de estos desechos (Ernesto y Yumiguano, 2005, pág. 1).

El principal objetivo de esta investigación es la obtención de un concentrado de potasio a partir de un desecho orgánico como la cascara de banano (*Musa paradisiaca*) por dos métodos químicos (Marschner, 2012, pág. 1). El concentrado de potasio es una solución o componente rico en este mineral (K), que se encuentra presente en la *Musa paradisiaca* con uso potencial en el área agrícola como fertilizante debido a que contribuye en varios procesos fisiológicos y de nutrición dentro de las plantas, ayudando en la regulación de la apertura y cierre de las estomas en los procesos de absorción de agua y la transpiración de desechos, además, de participar en la síntesis de proteínas, activación de enzimas y está involucrado en el transporte y almacenamiento de carbohidratos, promueve la actividad de fotosintética. El potasio es denominado como elemento de calidad para las plantas debido a que su presencia en productos agrícolas permite un mayor rendimiento y mejora las características de calidad del producto, además protege a las plantas de los efectos adversos de estrés biótico y abiótico, como sequías, heladas y enfermedades, etc., esto a su vez promueve la actividad del Nitrógeno dentro de la planta y reduce la huella ambiental (Wakeel y Ishfaq, 2022, pág. 19).

Los fertilizantes que contienen sales de potasio, generalmente cloruros, sulfuros y nitratos permiten una fácil disponibilidad de este mineral para la planta por su nivel de solubilidad, ya que se distribuyen de manera equitativa y uniforme a través de las capas del suelo agrícola y se reabsorbe de manera rápida por las raíces de la planta y optimiza su crecimiento (Meena et al., 2016, pág. 3).

A comparación de su obtención por otros métodos tradicionales de potasio en menas y fuentes inorgánicas, los métodos que se emplearan en esta investigación parten de materia prima 100% orgánica, que, a futuro se podría utilizar como componente de fertilizantes NPK.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 4.1. Planteamiento del problema

En el Ecuador, diariamente se genera 14.000 toneladas de desechos, estos son orgánicos e inorgánicos. En la actualidad, la ciudad de Riobamba no cuenta con un sistema adecuado de separación de desechos orgánicos o como tal, un tratamiento óptimo de los mismos, por lo que, aporta en el proceso de contaminación al medio ambiente, aguas, suelos y contribuye a los cambios climáticos bruscos que sufre actualmente nuestro país por la producción excesiva de lixiviados y la liberación de gases invernadero al ambiente (Pac et al., 2020, pág. 1). Por lo que, la presente investigación busca la disminución de la contaminación y aportar a una buena recolección de estos desechos orgánicos dentro de la ciudad de Riobamba, mediante la obtención un concentrado de potasio a partir de desechos orgánicos (cáscara de banana del género *Musa paradisiaca*), que se recolectará en locales comerciales y de comerciantes ambulantes desde el sector del Comil hasta el paseo Shopping de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, sectores donde se distribuye diariamente un producto ecuatoriano llamado “choco bananas” que generan una gran cantidad de residuos orgánico de cáscara de banano, por lo tanto, se llevará a un proceso analítico para la determinación de un concentrado de potasio.

El escenario actual de agotamiento de potasio (K) en el suelo aumenta lentamente por la fijación de K o la forma no disponible de K en el suelo. Actualmente, los agricultores se enfrentan al problema del aumento en el precio de fertilizantes NPK u otros fertilizantes en el mercado, por lo que dificulta satisfacer la demanda de potasio en el suelo para que crezcan las plantas. La deficiencia de potasio afecta la calidad nutricional, la estabilidad mecánica y también la resistencia a patógenos de los cultivos. Por lo que, es necesario implementar técnicas sostenibles y la elaboración de biofertilizantes a partir de materia orgánica rica en potasio soluble disponible para la absorción de las plantas, bajo un concepto de agricultura orgánica. Por lo tanto, la obtención de potasio a partir de la cáscara de banano *Mussa paradisiaca* para su uso como biofertilizante ofrece un enfoque ambientalmente sostenible y también cumple con los requisitos de potasio para la producción de cultivos (Durgest et.al, 2016, pág. 21-28).

## **4.2. Objetivos**

### **4.2.1. Objetivo general**

- Obtener un concentrado de potasio a partir de cáscara de la *Musa paradisiaca* por dos métodos de extracción

### **4.2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar los residuos orgánicos de la cáscara de *Musa paradisiaca*, mediante técnicas analíticas para determinar la concentración de potasio.
- Extraer un concentrado de potasio mediante procesos químicos para su uso potencial como fertilizante tipo NPK.
- Comparar la concentración de potasio obtenido por dos métodos químicos mediante técnicas analíticas.

## **4.3. Justificación**

La presente investigación busca contribuir a la disminución y recolección de desechos orgánicos de la cáscara de banano de la *Musa paradisiaca*, considerado una gran fuente del mineral potasio; K (40 mg/100 g) para su aprovechamiento en la elaboración de un concentrado de potasio 100% orgánico, mediante 2 métodos químicos: por deshidratación y por biofermentación, y su posterior caracterización mediante técnicas de espectroscopia de absorción atómica y fotometría de emisión (Enesi, 2013, pág. 3).

Según la municipalidad de Riobamba, y en específico la dirección de Gestión Ambiental, alrededor del 65% de los desechos que se genera en la ciudad de Riobamba, es materia orgánica y el 35% es materia inorgánica. El objetivo de este estudio es obtener un concentrado de potasio a partir de la cáscara de la *Musa paradisiaca* por dos métodos químicos para aprovechar las propiedades de este residuo orgánico, ya que el 95 % de los residuos que genera el banano no se aprovechan correctamente y terminan formando parte de los desechos sólidos que llegan a los botaderos de basura, pero las propiedades nutricionales de este residuo son de alto potencial para el desarrollo de productos de alto valor nutricional. Esta investigación cuenta con el apoyo financiero y colaboración del Grupo de Investigación de Materiales Avanzados (GIMA), de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y autofinanciamiento del tesista.

#### **4.4. Hipótesis**

##### **4.4.1. Hipótesis general**

H<sub>0</sub>: Existe igual concentración de potasio de cáscara de *Musa paradisiaca* por los métodos de deshidratación y biofermentación a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub>.

H<sub>1</sub>: Existe una diferencia significativa en la cantidad de concentrado de potasio obtenido por los métodos de deshidratación y biofermentación de cáscara de *Musa paradisiaca* a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub>.

##### **4.4.2. Hipótesis específicas**

- Los residuos orgánicos de la cáscara de *Musa paradisiaca* presentan una concentración considerable de potasio
- El concentrado de potasio extraído de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*), contiene una concentración considerable para su uso en fertilizantes de potasio.
- A mayor concentración de solución de HNO<sub>3</sub>, se produce mayor concentrado de potasio.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

La cáscara de banano (*Musa paradisiaca*), ha marcado gran interés en el área de investigación gracias a su valor nutricional rico en micronutrientes y su contenido de potasio. Dentro del área agrícola, su uso en la elaboración de fertilizantes se da precisamente a que el potasio es el mineral que permite el transporte de los nutrientes a través de la planta y el fortalecimiento de flores y frutos, siendo una opción ecológicamente sostenible y económica para mantener la salud de las plantas (Portal, 2022, pág. 1).

En la investigación “Diversificación de productos alimenticios a base de cáscaras de vegetales para uso como materia prima en la preparación de alimentos”, se establece una metodología para el procesamiento de cáscaras de papa, plátano y repollo con la finalidad de obtener un concentrado en polvo rico en micronutrientes mediante un proceso de deshidratación a temperaturas entre 65°C a 105°C, en la cual se determinó mediante cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica que el polvo de cáscara de plátano presenta una concentración de 47,82 mg de potasio, mostrando un alto potencial para el desarrollo de productos de alto valor nutricional (García et al., 2019, págs. 16-18).

En el estudio denominado “Obtención de etanol por vía fermentativa a partir de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca L.*)”, se obtuvo un fermentado de banano al 30% p/v, a una temperatura de 25°C a tres tiempos de fermentación 72, 96 y 120 horas, obteniendo un fermentado alcohólico de banano por presencia de bacterias anaeróbicas fermentadoras (Dechego, 2019, pág. 10-54). La presencia de estas bacterias a su vez contribuye a los mecanismos de formación de ácidos carboxílicos con capacidad de disolver potasio insoluble por medio de mecanismos mediados por protones o ligandos que mejoran la solubilidad del K mediante formación de complejos en solución con productos de reacción y aumentan la afinidad química para su disolución (Kumar y Bahadur, 2016, págs. 63-64).

En México se realizó la extracción de macronutrientes en banano “Dominico” (*Musa spp.*), cuyas muestras fueron secadas en una estufa con aire forzado a 70° C hasta alcanzar un peso constante, posteriormente se llevó a cabo un proceso de digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y ácido perclórico HClO<sub>4</sub> en relación 4:1 y peróxido de Hidrógeno al 30%, en donde se

determinó mediante espectrofotometría atómica la presencia de 15.600 mg de potasio por cada kilogramo de muestra seca cuya concentración es considerado óptimo para su uso en la elaboración de fertilizantes en el cultivo de diversas variedades de hongos comestibles (Castillo et al., 2011, pág. 65-72). La presencia de microorganismos permite la producción de varios ácidos orgánicos como ácido oxálico, ácido cítrico y ácidos tartáricos, que ayudan a la disolución de minerales y por consiguiente la liberación de potasio soluble presente en la fuente prima.

## 2.2. Referencias Teóricas

### 2.2.1. *Musa Paradisiaca*

El banano, llamado científicamente *Musa paradisiaca*, es una hierba perenne de gran tamaño, que se cultiva en más de 130 países a nivel mundial, desarrollándose en climas húmedo tropical, cuyo fruto tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse hasta su etapa de madurez, su baya mide entre 7 a 30 cm de largo y hasta 5 cm de diámetro, que forma un racimo compacto de alrededor de 10 a 14 manos promedio, por racimo.

El fruto está cubierto por un pericarpio coriáceo de color amarillo intenso que, al alcanzar la madurez, presenta una forma falcada, cilíndrica y angulosa, su pulpa es blanca amarillenta, rica en almidón y dulce (Castro, 2008, págs. 2-5).



**Ilustración 2-1:** Racimo de *Musa paradisiaca*

**Fuente:** Castro, 2008, pág. 5.

### 2.2.1.1. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de *Mussa paradisiaca*

La cáscara de banano es el subproducto residuo del fruto de la *Musa paradisiaca*, que contiene muchos nutrientes que pueden usarse en la industria agrícola. Según los estudios realizados por Mondragón, et al, en el año 2017, la cáscara de banano posee valores de pH entre 4,86 y 5,61, porcentaje de humedad entre 8,30 y 8,50% y porcentaje de materia orgánica entre 80,17 y 83,51%, variables que permiten el aprovechamiento de estos residuos agroindustriales (Mondragón et al., 2017, pág. 1-5).

**Tabla 2-1:** Caracterización fisicoquímica de la cáscara de banano

Parámetro	Valor $\pm$ DS
Potencial de hidrógeno pH	4,86 $\pm$ 0,086
Acidez titulable %	1,55 $\pm$ 0,108
Humedad %	8,49 $\pm$ 0,059
Cenizas %	8,01 $\pm$ 0,061
Materia orgánica %	83,51 $\pm$ 0,107
Carbono%	48,44 $\pm$ 0,062

**Fuente:** Mondragón, et al, 2017, pág. 3.

**Realizado por:** Pindo, Kevelin, 2023.

### 2.2.1.2. Caracterización nutricional de la cáscara de *Mussa paradisiaca*

La cáscara de banana está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina como fuentes de fibra, también destaca por su alto contenido de potasio, magnesio, vitamina B6 y B12, así como inulina, compuestos fenólicos, carotenoides y polifenoles (Anhwange et al, 2009, pág. 4).

**Tabla 2-2:** Propiedades nutricionales de la cáscara de banano

Elemento	Concentración (mg/g)
potasio	78.10
calcio	19.20
sodio	24.30
manganeso	0.61
bromo	76.20
rubidio	0.04
estroncio	0.02
zirconio	0.03

niobio	0.02
proteínas	0.90
crudo lípidos	1.70
carbohidratos	59.00
fibra en crudo	31.70

**Fuente:** Anhwange et al, 2009, pág. 4.

**Realizado por:** Pindo, Kevelin, 2024.

### **2.2.2. Tipos de bananos**

Existe una gran variedad de especies de banano en el género *Mussa* utilizadas para la alimentación de los seres humanos, así como animales. En el Ecuador se producen 2 especies diferentes de banano: Cavendish, y banano rojo Gros Michell, siendo la especie Cavenish la de mayor interés comercial debido a sus características propicias con un alto valor nutricional en vitaminas A y C, fósforo y potasio.

El banano Gros Michell se caracteriza por su coloración rojiza y su apariencia grande y robusta, con un pseudotallo de 6 a 8 metros de longitud, los racimos presentan una forma cilíndrica con 10 a 14 manos promedio.

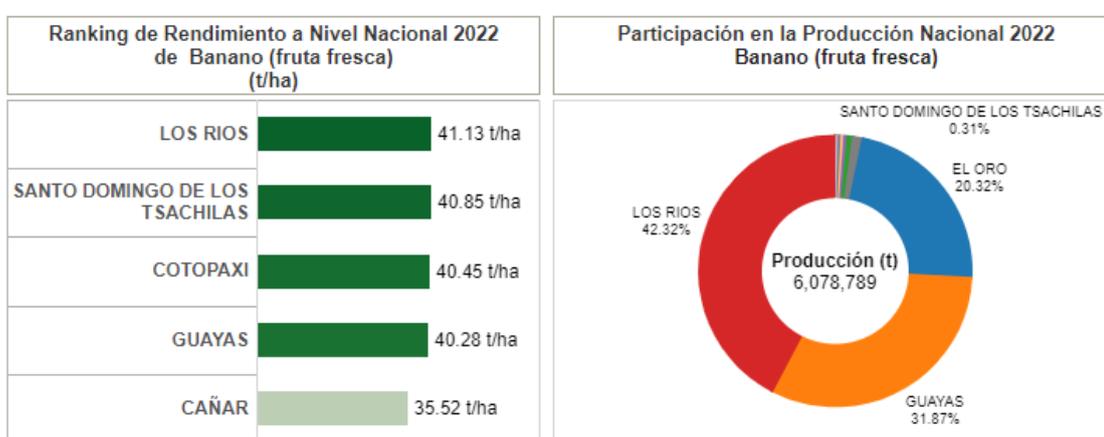
### **2.2.3. Producción de banano en el Ecuador**

Ecuador es considerado país líder en la producción y exportación de banano a nivel mundial exportando en el año 2022, alrededor de 234, 42 millones de cajas de banano destinado a países europeos que abarcan el 26,67 % del producto exportado, desempeñando un papel crucial en la economía ecuatoriana, siendo las principales provincias ecuatorianas productoras, cosechadoras y exportadoras de banano el Guayas, el Oro y Los Ríos (León et al., 2023, págs. 7494-7507).

La producción de banano en el Ecuador se concentra en las provincias costeras, con un clima tropical húmedo y una temperatura adecuada que va desde los 18.5°C hasta los 35.5°C, cuya producción se concentra en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos que representan el 90% de la superficie plantada de banano con áreas bananeras que se distribuyen de la siguiente manera:

- Zona Norte: Ubicada en las provincias de Esmeraldas y Pichincha que además abarca Quinindé y Santo Domingo de los Colorados.
- Zona Central: Abarca Quevedo, provincia de los Ríos; la Maná -Cotopaxi y Velasco Ibarra – Guayas.

- Zona Subcentral: Localizada en las áreas de Pueblo viejo, Urdaneta y Ventanas en la provincia de Los Ríos y el cantón Balzar en la provincia del Guayas.
- Zona Oriental- Milagro: Está área bananera se extiende en la provincia del Guayas desde Naranjito, Milagro hasta Yaguachi.
- Zona Oriental – El Triunfo: Localizada en las provincias del Guayas (cantón el Triunfo), Cañar (La Troncal) y Azuay (Santa Ana).
- Zona Naranjal: Está área se extiende por las localidades de Naranjal, Balao y Tenguel.
- Zona Sur- Machala: en la provincia del Oro por los cantones Santa Rosa, Guabo, Machala, Arenillas y Pasaje.



**Ilustración 2-2:** Principales provincias productoras de banano y su producción en el año 2022

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) -ESPAC, 2021.

#### 2.2.4. *Residuos orgánicos de banano en Riobamba, Ecuador*

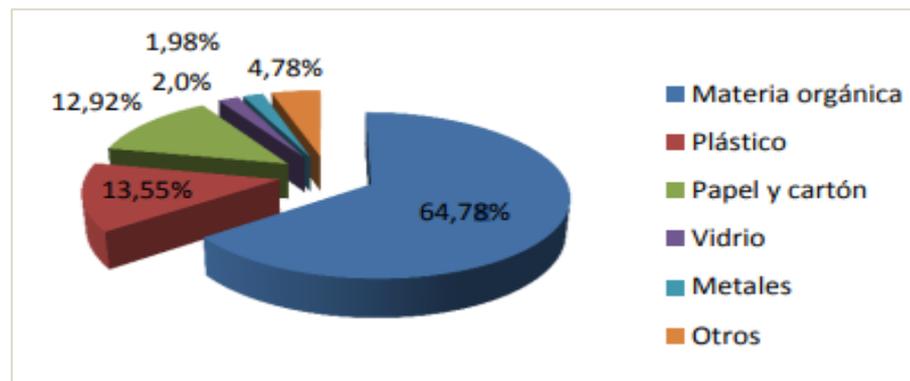
La futa de banano contiene un 60% de pulpa y un 40% de cáscara, siendo esta cáscara un desperdicio equivalente a 7,25 Kg por cada caja de banano (18,14Kg) comercializada, además, el 95% de los residuos que genera el banano no son aprovechados correctamente y terminan formando parte de los desechos sólidos que llegan a los botaderos de basura, sin embargo, las propiedades nutricionales que presenta este residuo presentan un potencial aprovechables dentro de la industria de alimentos y agroindustria (Moreira, 2013, pág. 1-54).

Riobamba es una ciudad con un amplio crecimiento poblacional y económico, cuyo comercio agrícola genera una mayor magnitud de desechos orgánicos.

La Municipalidad de Riobamba, y la Dirección de Gestión Ambiental, Alrededor del 65% de los desechos (basura) que se genera en la ciudad de Riobamba, es materia orgánica y el 35% es

materia inorgánica. Del 35%, aproximadamente un 11% es material plástico y el 8% papel y cartón. El GAD de Riobamba ha implementado planes de compostaje para el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante el convenio que desde hace casi cuatro años se mantiene con la Asociación de Recicladores. Plan para Yaruquíes. Sin embargo, aclaran que otro factor fundamental en la falta de un manejo de desechos sólidos orgánicos en la ciudad se debe a la falta de cultura de reciclaje por parte de los ciudadanos (Villaroel, 2020, pág. 1).

En la ilustración 2-2. Se indica la composición de los residuos orgánicos que se genera en Riobamba, donde se aprecia que el 65 % pertenece a residuos orgánicos.

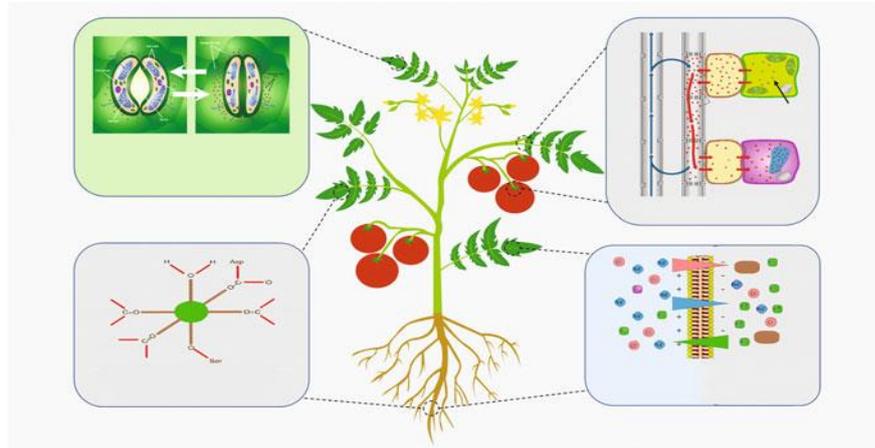


**Ilustración 2-3:** Caracterización residuos sólidos de la ciudad de Riobamba

Fuente. Jara, 2014, pág. 23.

### 2.2.5. *Potasio y su importancia en las plantas*

El potasio es uno de los tres macroelementos más importantes para los tejidos vegetales y el buen funcionamiento de sus procesos biológicos. El potasio se absorbe a través de la raíz de las plantas en forma de ion  $K^+$  siendo una de sus principales funciones el control hídrico como la absorción de agua por las raíces, la transpiración y la tensión osmótica de las estomas. El potasio juega un papel fundamental en la fotosíntesis de las plantas al regular la apertura de las estomas, así como en la producción y traslocación de carbohidratos en áreas de crecimiento meristemático de los frutos (Meena et al., pág. 3)



**Ilustración 2-4:** Funciones del potasio en las plantas

**Fuente:** Wakeel y Ishfaq, 2022, pág. 21.

#### 2.2.5.1. Activación enzimática

En las plantas, las enzimas actúan como catalizadores en diversos procesos químicos en donde el potasio actúa como activador de las enzimas que actúan en el metabolismo energético de síntesis de proteínas y solutos. El potasio actúa al unirse electrostáticamente a la superficie del sitio activo de las enzimas regulando la velocidad de las reacciones químicas metabólicas y la cantidad de enzimas activadas. El potasio además es quien desencadena la biosíntesis de coenzima (NADPH) durante la actividad de la fotosíntesis en la planta (Wakeel y Ishfaq, 2022, pág. 20-21).

#### 2.2.5.2. Balanceo de cargas

El potasio es fundamental en el balanceo de cargas y el transporte de metabolitos en toda la planta, ya que las membranas celulares de la planta son relativamente permeables al potasio mediante canales selectivos de K, permitiendo un equilibrio de cargas logrando el punto de equilibrio con gradientes electroquímicas. La reducción de suministros de K en la planta reduce los procesos de translocación en su metabolismo (Wakeel y Ishfaq, 2022, pág. 22).

#### 2.2.5.3. Función osmótica

La permeabilidad relativa del ion  $K^+$  en las membranas biológicas permite disminuir el potencial hídrico del suelo por presión radicular y la absorción de agua a través de las células de la raíz. El potasio juega un papel importante en el potencial osmótico de la vacuola en condiciones de estrés hídrico. El movimiento de  $K^+$  hacia las células protectoras provoca la acumulación de  $K^+$  dentro de las células, lo que provoca su hinchazón. Esta hinchazón obliga a los poros a abrirse,

permitiendo así el intercambio de oxígeno y CO<sub>2</sub> libremente desde la atmósfera. Además, en condiciones de déficit hídrico, las células protectoras liberan K<sup>+</sup> y los poros están firmemente cerrados para disminuir la pérdida de agua y disminuir el efecto del estrés por sequía en las plantas (Wakeel y Ishfaq, 2022, págs. 22-23).

### **2.2.6. Consumo de fertilizantes de potasio a nivel mundial y en el Ecuador**

El uso de fertilizantes a nivel mundial y principalmente en América latina y el Caribe es evidente basado en los valores de importación de fertilizantes que en el año 2022 tuvo un aumento del 137% como consecuencia de la demanda mundial. En países como Brasil, en el año 2022, los fertilizantes potásicos fueron los principales fertilizantes químicos de importación en un total del 38%, proveniente de países como Canadá y Rusia (Conislla, et al., 2023, pág. 6).

El uso de potasio está experimentando un incremento a nivel mundial, con tasas de crecimiento interanuales promedio del 6% en los últimos cuatro años. Durante el periodo de 2015 a 2018, la cantidad consumida aumentó de 35.5 a 42.2 millones de toneladas, llegando a 46.2 millones de toneladas en el año 2022. A nivel mundial, China lidera el consumo de fertilizantes potásicos, debido a su posición como el principal productor global de frutas, hortalizas y tabaco, todos ellos cultivos con elevados requerimientos de potasio y de amplio crecimiento.

Brasil y Estados Unidos ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente, en el consumo global de potasio, gracias a sus extensas áreas agrícolas. India se sitúa en el cuarto lugar y seguido de una demanda de países asiáticos, como Malasia, Vietnam y Tailandia, donde el aumento del poder adquisitivo de la población ha llevado a un incremento en la demanda de alimentos. Ecuador es un país que en los últimos años se ha posicionado como un país importador de fertilizantes potásicos ocupando el puesto 37 a nivel mundial. (Ministerio de Producción y trabajo de Argentina, 2019, págs. 1-33).

### **2.2.7. Aplicaciones del concentrado de potasio como fertilizante**

El potasio es el principal elemento micronutriente presente en la cáscara de plátano y su importancia como nutriente primario de los fertilizantes complejos recae en que el potasio ejerce su función como factor de calidad, al aumentar la resistencia de la planta de sequías, heladas y enfermedades, favoreciendo a su rigidez y estructura, además que aumenta el tamaño y peso de los cultivos (Ibanéz, 2017, págs. 11-12).

La aplicación de fertilizantes potásicos en suelos agrícolas es de gran utilidad en plantaciones de temporada de crecimiento corta debido a que aportan  $K^+$  en forma soluble en las capas superficiales del suelo (Meena et al., 2016, págs. 6).

### **2.2.8. Tipos de fertilizantes potásicos**

#### **2.2.8.1. Cloruro de potasio (MOP)**

El fertilizante más utilizado por su bajo costo de producción se produce principalmente del mineral Silvita y Halita. El cloruro de potasio a menudo se esparce sobre la superficie del suelo antes de la labranza y la siembra o se aplica concentrada cerca de la semilla o planta. El KCl de color blanco es a veces un grado más purificado que se puede solubilizar como componente de fertilizantes fluidos y pulverizaciones foliares o para su aplicación a través de sistemas de riego (Mikkelsen y Roberts, 2021, págs. 48-60).

#### **2.2.8.2. Sulfato de potasio (SOP)**

El sulfato de potasio es el fertilizante disponible en forma cristalina o en gránulos que se forma a partir de KCl que reacciona con ácido sulfúrico. Por su nivel de solubilidad se usa como aspersor foliar como complemento de los nutrientes absorbidos desde el suelo (Mikkelsen y Roberts, 2021, pág. 48-60).

#### **2.2.8.3. Nitrato de potasio (NOP)**

Los fertilizantes de nitrato de potasio se producen de varias formas, principalmente a partir de KCl con mezcla de sales de nitrato como el nitrato de sodio o el nitrato de amonio, y a su vez como ácido nítrico  $HNO_3$ . El Nitrato de potasio  $KNO_3$ , posee un contenido de K de alrededor del 45% y una relación N: K de 1:3 en peso, es altamente soluble usado en suelos granulosos para cultivos como frutas, verduras y tabaco mediante fertiirrigación (Mikkelsen y Roberts, 2021, págs. 48-60).

## **2.2.9. Métodos de extracción de concentrado de potasio**

### *2.2.9.1. Proceso de deshidratación*

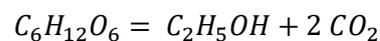
La deshidratación o el desecado es una técnica para conservación de materia orgánica, que permite conservar sus propiedades nutricionales y mayor preservación del producto, siendo un método económico en el que se eliminan la concentración de agua de la muestra en forma de vapor de agua mediante el tratamiento con calor a temperaturas que oscilan entre los 40°C hasta los 105°C (Revelo y Ugenio, 2022, pág. 21).

### *2.2.9.2. Proceso de maceración*

La maceración es un proceso de extracción de principios activos de los diversos componentes de las plantas que consiste en el reposo del material orgánico en una solución acuosa, alejados de la luz, en un recipiente de material ámbar durante 12 a 24 horas a temperatura ambiente. Se utiliza generalmente de 20 a 50 g de materia por cada litro de agua. Además, se puede utilizar un proceso de maceración previo a una decocción (López, 2022, pág. 123).

### *2.2.9.3. Proceso de biofermentación*

La biofermentación es un proceso biotecnológico en el cuál intervienen la presencia de microorganismos y levaduras como la *Saccharomyces cerevisiae*, en donde los azúcares presentes en el medio se transforman en etanol y dióxido de carbono en un proceso denominado fermentación alcohólica.



El proceso de fermentación radica en la transformación de piruvato en etanol por la catálisis de las enzimas ADH (Alcohol deshidrogenasa) y PDC (piruvato descarboxilasa), siendo el alcohol el producto del residuo metabólico de la extracción de energía de la glucosa en el proceso de glucólisis (Zamora, 2020, págs. 21-22).

## **2.2.10. Métodos de caracterización del concentrado de potasio**

### **2.2.10.1. Espectrometría de absorción atómica**

La espectroscopía de absorción atómica es un método espectro métrico óptico atómico más utilizado para la determinación de muestras analíticas en la cual se utiliza una atomización con llama en la que la disolución de la muestra se nebuliza mediante un flujo de gas oxidante y gas combustible formando la atomización a una temperatura de 1700 a 2400°C. La absorción atómica cumple la ley de Beer, siendo la absorbancia directamente proporcional a la concentración, esto se representa gráficamente mediante la curva de calibrado (Skoog, 2015, págs. 235-256).

### **2.2.10.2. Fotometría de emisión atómica**

El fotómetro de emisión aplica un método analítico para determinar la concentración de ciertos iones metálicos mediante la medición de la luz emitida al entrar en contacto el ion metálico con una llama (Skoog, 2015, pág. 131).

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. Residuos orgánicos sólidos**

Los residuos orgánicos sólidos son los restos industriales o domiciliarios de origen natural o vegetal, como huesos, frutas, cáscaras, verduras, etc., con características significativas como el olor fuerte, por el proceso de descomposición microbiano, que actúan como fuente de enfermedades (Arenas, 2017, pág. 17).

### **2.3.2. Potasio**

El potasio es un elemento químico de símbolo K, número atómico 19 y un peso molecular de 39.098. Es un mineral electrolítico, que se encuentra dentro del grupo de elementos de los metales alcalinos y se caracteriza por su color blanco, plateado. El potasio es considerado como uno de los tres nutrientes fundamentales requeridos por las plantas para su desarrollo (López, 2023, pág. 1).

### **2.3.3. Concentrado de potasio**

Un concentrado de potasio es la cantidad del elemento potasio (K) o compuestos con presencia del ion potasio ( $K^+$ ), denominado soluto en un volumen determinado de solución. Un concentrado de potasio es un producto químico que contiene una alta concentración de potasio. En la agricultura, los concentrados de potasio son utilizados como fertilizantes para enriquecer el suelo. El potasio es importante para el crecimiento de las plantas, ya que desempeña un papel crucial en la regulación del equilibrio hídrico, la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la activación de enzimas (Barbazán et al., 2010, págs. 2-4).

### **2.3.4. Banano, *Musa paradisiaca***

El banano es la fruta de la planta de *Musa Paradisiaca*, con alto valor nutricional y energético con bajo contenido de materia seca y alta concentración de carbohidratos no estructurales, principalmente en su pulpa (Moreira, 2013, págs. 1-54).

### **2.3.5. Reciclaje**

Proceso mediante el cual los desechos se convierten en nuevos productos o materia prima para la fabricación de subproductos, al someterse a procesos de transformación eco amigables, reduciendo así el consumo de otras materias primas y ayudar a la disminución y transformación de residuos (Línea, 2017, págs. 1-5).

### **2.3.6. Fertilizante NPK**

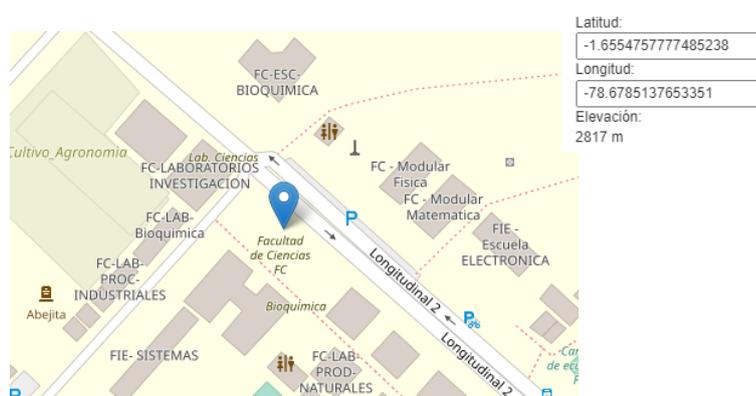
Los fertilizantes complejos NPK son productos cuyos nutrientes principales o primarios son el nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K) y que, además, pueden contener nutrientes secundarios (Ca, Mg, S) y micronutrientes (Zn, Cu, B). Se aplican para equilibrar el contenido del suelo en elementos nutritivos según sus contenidos, considerando las necesidades del cultivo que se implantará y dependiendo del rendimiento que se espera conseguir. Se los pueden encontrar tanto en estado sólido (forma granular) como líquido (Ibanéz, 2017, págs. 11-12).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los Laboratorios de Investigación del Grupo GIMA, Laboratorio de analítica y el Laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior de Chimborazo ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½ del Cantón Riobamba, provincia Chimborazo.



**Ilustración 3-1:** Localización de la Facultad de Ciencias-ESPOCH

Fuente: Google Earth, 2023.

#### 3.2. Tipo y diseño de la investigación

##### 3.2.1. *Por el método de investigación*

La presente investigación se desarrolló mediante el método de investigación cuantitativa ya que las variables a evaluar son medibles como la concentración de K en unidades de peso (mg), de los residuos o cáscara de la *Musa paradisiaca* y la composición química del concentrado de potasio.

##### 3.2.2. *Según el objetivo*

La investigación es de tipo aplicada porque cumple con el propósito de encontrar el método químico más eficaz para la obtención de un concentrado de potasio para su uso potencial como fertilizante tipo NPK, fundamentada en la experimentación y las bases teóricas complementarias.

### **3.2.3. *Según el nivel de profundización en el objeto de estudio***

La investigación es explicativa, ya que pretende exponer cómo aprovechan residuos orgánicos como la cáscara de la *Musa paradisiaca* y los métodos químicos pueden generar un concentrado de potasio para su uso potencial como fertilizante tipo NPK.

### **3.2.4. *Según la manipulación de variables***

Es una investigación experimental, en la que se realiza un enfoque científico, donde se manipularán las variables en condiciones controladas y son medibles conforme se realiza la experimentación.

### **3.2.5. *Según el tipo de inferencia***

Esta investigación es hipotética-deductiva, ya que se plantean hipótesis iniciales a partir de bases teóricas e investigaciones antecedentes y se pretende corroborarlas de manera experimental obteniendo un concentrado de potasio a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* por dos métodos químicos y su caracterización posterior.

### **3.2.6. *Según el período temporal***

Es una investigación transversal, pues se desarrolló en un tiempo determinado y concreto, donde el investigador manipula la variable tiempo, obteniendo los resultados experimentales que permiten obtener un concentrado de potasio a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* por dos métodos químicos.

## **3.3. Población de estudio**

La población de estudio son los residuos sólidos de la cáscara de la *Musa paradisiaca* recolectados en locales comerciales de venta de choco bananas y restaurantes del sector Comil -Shopping, de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

### 3.4. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se determinó de manera aleatoria simple. Se procederá a recolectar 15 Kg de residuos orgánicos de cáscara de la *Musa paradisiaca* necesarios para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos correspondientes de caracterización.

### 3.5. Diseño experimental

Para el desarrollo de esta investigación se ha definido como variable dependiente el concentrado de potasio obtenido ya sea por el método de deshidratación, como por el método de biofermentación cuya concentración dependerá de la variable independiente: concentración de la solución de ácido nítrico HNO<sub>3</sub> al 15%, 25% y 35 %, utilizado para la formación de cristales de KNO<sub>3</sub>. Posteriormente se llevó a cabo un proceso de caracterización cuantitativa mediante absorción y emisión atómica del porcentaje de potasio, así como la presencia de otros elementos como Na y Ca presentes, para definir cuál de los métodos químicos de obtención de concentrado de potasio utilizados genera una mayor eficiencia.

La obtención del concentrado de potasio se desarrolló en 3 etapas: En la primera se caracterizó la materia prima con el análisis fisicoquímico de humedad, pH y porcentaje de cenizas analizados mediante análisis bibliográfico. En la segunda etapa se obtuvo el concentrado de potasio en forma de cristales de KNO<sub>3</sub>, en 2 grupos de 3 muestras cada uno. En el primer grupo CKM1 se realizó el concentrado de potasio mediante el método de deshidratación de la materia prima seguido de una etapa de acidificación, usando HNO<sub>3</sub> al 15%, 25% y 35 % y una posterior etapa de cristalización, mientras que en el segundo grupo CKM2 se realiza fermentación, seguida de la etapa de acidificación y cristalización.

En la 3ra etapa se cuantificó el potasio presente en los concentrados del grupo CKM1 y CKM2 mediante espectrometría atómica de absorción y fotometría de emisión de llama, para comparar el porcentaje de potasio obtenido por ambos métodos. En esta última etapa de la investigación se llevó a cabo un diseño factorial de dos factores 2x3 con 5 réplicas. En este diseño experimental se trabaja con 2 factores, cada uno con 3 niveles, en donde A: Método de obtención del concentrado de potasio y B: concentración de HNO<sub>3</sub> utilizada para dichos tratamientos. El diseño factorial A x B nos permite obtener la información relevante acerca de la Concentración de K obtenida por cada método químico (Y)

**Tabla 3-1:** Modelo estadístico factorial 3x2 (dos factores)

		<b>B: Concentración de HNO<sub>3</sub> (%)</b>			
		<b>15%</b>	<b>25%</b>	<b>35%</b>	<b>Total, Y<sub>i.</sub></b>
<b>A: Métodos de obtención</b>	Método de deshidratación	5 rep	5 rep	5 rep	
	Método de biofermentación	5 rep	5 rep	5 rep	
	<b>Total Y<sub>.j.</sub></b>				

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

El modelo estadístico para este diseño esta dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1,2, \dots, a; j = 1,2, \dots, b; k = 1,2, \dots, n$$

Donde:

$\mu$ = media general

$\alpha_i$ = efecto debido al i-ésimo nivel del factor A

$\beta_j$ = efecto de j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = representa al efecto de interacción en la combinación ij

$\varepsilon_{ijk}$ = error aleatorio que se supone sigue la distribución

Para aplicar el número n de réplicas, el número total de corridas experimentales es igual a:

$$n (a \times b)$$

En nuestra investigación se llevan a cabo 5 repeticiones (n=5) con un total de 30 corridas, así como el diseño ANOVA que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2:** ANOVA para diseño factorial axb

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>Valor-p</b>
<b>Efecto A</b>	SC <sub>A</sub>	a - 1	CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^A)$
<b>Efecto B</b>	SC <sub>B</sub>	b - 1	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^B)$
<b>Efecto AB</b>	SC <sub>AB</sub>	(a - 1) (b - 1)	CM <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^{AB})$
<b>Error</b>	SC <sub>E</sub>	ab (n-1)	CM <sub>E</sub>		
<b>Total</b>	SC <sub>T</sub>	abn - 1			

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

### 3.6. Parte experimental

#### 3.6.1. *Materiales, reactivos y equipos*

##### 3.6.1.1. *Materiales*

- Balones de aforo
- Piseta
- Bandejas de secado
- Tamiz
- Mortero y pistilo
- Botellas ámbar
- Erlenmeyer de 250 ml
- Espátulas
- Pipetas graduadas de 10 ml
- Vasos de precipitación

##### 3.6.1.2. *Reactivos y sustancias*

- Etanol
- Agua destilada
- Agua ultrapura
- Ácido perclórico
- Ácido sulfúrico
- Ácido nítrico
- Gas de acetileno

### 3.6.1.3. Equipos

- Balanza analítica
- Rotavapor
- Cristalizador
- Desecador de sílica gel
- Espectrofotómetro de emisión
- Espectrómetro de absorción de masas
- Mufla
- Bomba al vacío

## 3.7. Metodología

### 3.7.1. Caracterización de la cáscara de *Mussa paradisiaca*

#### 3.7.1.1. Porcentaje de cenizas

Es un método analítico que nos proporciona la estimación de minerales presentes en la cáscara de banano al eliminar la humedad de la muestra, es decir, la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo del material mediante proceso de combustión de la biomasa (Valverde, Sarria and Monteagudo 2007, pág. 257).

1. Se coloca 3 crisoles en la estufa durante una hora a 105°C para eliminar la humedad presente, concurrido este tiempo, se colocan los crisoles en el desecador para su pesaje.
2. Agregar 3g de muestra en cada crisol y se colocan en la mufla a una temperatura de 550°C hasta obtener un peso constante, aproximadamente 5 horas,
3. Apagar la mufla y esperar a que la temperatura interna del equipo descienda gradualmente hasta alcanzar la temperatura ambiente.
4. Transcurridas 24 horas, llevar los crisoles al desecados y posteriormente pesar los crisoles con las cenizas.
5. Calcular el Porcentaje de Ceniza mediante la fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M}$$

En donde:

P= masa del crisol con cenizas en gramos  
p= masa del crisol vacío en gramos  
M= masa de la muestra original en gramos

### 3.7.1.2. *Potencial de Hidrógeno*

El potencial de hidrógeno o pH nos indica el nivel de acidez o alcalinidad de una muestra, y se mide mediante el uso del equipo pH metro.

1. Pesar 5 gramos de muestra
2. Medir 25 ml de agua destilada en una probeta
3. Licuar el agua con la muestra hasta obtener una sustancia homogénea
4. Dejar reposar durante 20 minutos
5. Tomar el sobrenadante y medir el pH de la solución realizando 3 repeticiones.

### 3.7.1.3. *Porcentaje de humedad*

El porcentaje de humedad es la cantidad de agua que se encuentra presente en un cuerpo, tanto en su superficie, como su interior.

- Pesar 5 gramos de cáscara de banano
- Pesar los crisoles vacíos tarados e introducir la muestra de cáscara de banano
- Colocar en la estufa a 105 grados centígrados durante 24 horas
- Sacar y poner el desecador al menos 15 minutos
- Pesar la muestra hasta tener un peso constante. Realizar proceso por triplicado
- Calculamos el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula

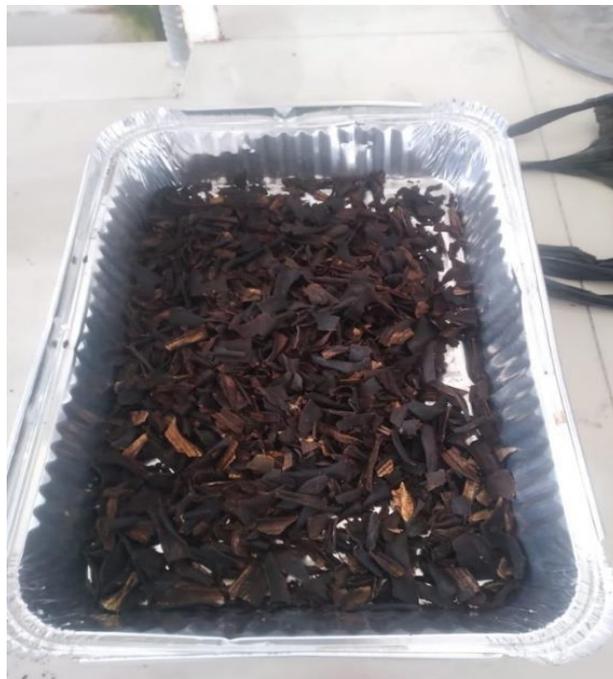
$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{peso final}) \times 100}{\text{peso inicial}}$$

### 3.7.2. *Extracción de concentrado de potasio de la *Mussa paradisiaca**

La metodología empleada para la obtención del concentrado de potasio a partir de la cáscara de *Mussa paradisiaca* se basa en aplica dos métodos fisicoquímicos: La deshidratación de la cáscara para obtener un concentrado sólido en forma de harina y la decocción que nos permite obtener un concentrado de manera de un extracto acuoso.

### 3.7.2.1. Método de extracción por deshidratación y maceración hidroalcohólica

1. Obtención de un 1 Kg de materia prima fresca, recolectada en locales de venta de chocobananos del sector Comil-Shopping
2. Selección y lavado con agua destilada de las cáscaras de *Mussa paradisiaca* para eliminar cualquier presencia de impurezas.
3. Secado de la cáscara a 70-80°C durante 48 horas, en un horno de deshidratación
4. Molienda y tamizado de muestra seca para obtener una harina fina
5. Extracción por maceración hidroalcohólica: Se colocó 100 g de muestra deshidratada con 250 ml de etanol en una botella ámbar durante 48 horas.
6. Concurridas las 48 horas se realizó la destilación al vacío en el rotavapor para recuperar el alcohol etílico y obtener un concentrado acuoso.
7. Preparación soluciones de HNO<sub>3</sub>: Se preparó 3 soluciones de HNO<sub>3</sub> en 100 ml, al 15%, 25% y al 35%.
8. En 3 matraces Erlenmeyer de 250 ml se colocó el 100 ml de concentrado acuoso y las soluciones de HNO<sub>3</sub> al 15%, 25% y 35% respectivamente.
9. Se llevó los matraces a proceso de cristalización.



**Ilustración 3-2:** Cáscara de *Mussa paradisiaca* deshidratada

**Realizado por:** Pindo, Kevelin, 2024.

### *3.7.2.2. Método de extracción por biofermentación*

Se colocó 100 gramos de cáscara de banano troceada en un recipiente ámbar sellado cubierto con agua y se dejó reposar por 30 días hasta formar un mosto y etanol por el proceso fermentativo de la cáscara de banano. Posterior se realizó la separación etanol por destilación del mosto. El mosto se lleva a proceso de secado a 70°C por 24 horas, para posterior acidificación con HNO<sub>3</sub> a tres concentraciones: 15%, 25% y 35%. Por último, se realiza la cristalización de las soluciones.

### **3.7.3. Caracterización de concentrado de potasio**

#### *3.7.3.1. Espectrometría de absorción atómica*

Para la cuantificación de K en el concentrado se realizó una disolución de 3 gramo de muestra seguida de una digestión ácida con 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 7ml de HNO<sub>3</sub> y 1 ml de HClO<sub>4</sub>, en una solución de 100 ml, de esta solución se toma 1 ml y se lo lleva a disolución en un balón de aforo de 100 ml tomando 1, 2, 3, 5, 10 ml en 100 ml de agua destilada para la creación de la curva de calibración.

#### *3.7.3.2. Fotometría de emisión*

Se toma la solución de concentrado de potasio en un balón de aforo con 100 ml de agua destilada y 3 g de muestra. Luego se coloca la solución madre en balones de aforo para preparar soluciones estándar de 100, 200, 300 y 400 ppm, tras obtener las soluciones estándar se cuantifica en el fotómetro de emisión.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Caracterización de la materia prima

La cáscara de banano *Mussa paradisiaca* fue caracterizada mediante un análisis físico químico que consistió en determinar el contenido de humedad, cenizas, pH y concentración de potasio. Para dichos análisis se llevó a cabo 5 repeticiones y el cálculo del valor promedio y desviación estándar de los datos obtenidos. Los resultados se muestran en la tabla 4-1.

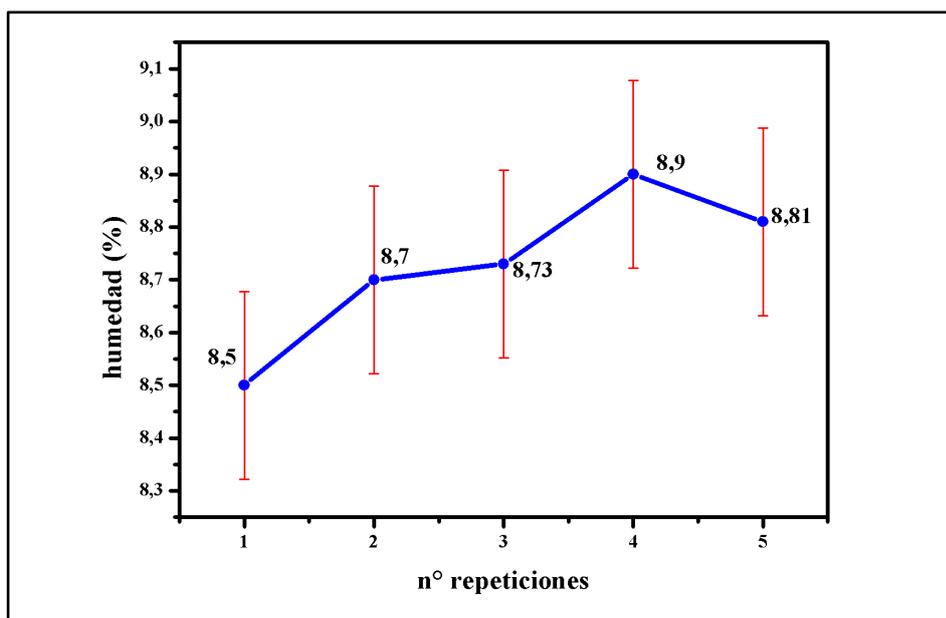
**Tabla 4-1:** Análisis Físicoquímicos de la cáscara de banano

PARÁMETRO Referido a muestra seca	REPETICIONES					RESULTADO $X \pm SD$	REFERENCIA (Mongragón, et al; 2017, pág. 23)
	1	2	3	4	5		
Humedad (%)	8.5	8.7	8.73	8.99	8.81	$8,75 \pm 0,178$	$8,49 \pm 0,059$
Cenizas (%)	18.01	12.26	12.43	13.89	12.90	$13,90 \pm 2,384$	$8,01 \pm 0,061$
pH	5.77	6.7	5.32	5.21	5.81	$5,76 \pm 0,588$	$4,86 \pm 0,086$
K (%)	5.47	5.60	5.57	6.08	5.95	$5,73 \pm 0,265$	7.81

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

##### 4.1.1. Porcentaje de humedad de la materia prima

En la tabla 4-1, se observa que el valor promedio del porcentaje de humedad corresponde al 8,75%, con una desviación estándar de  $\pm 0,178$ . El porcentaje de humedad de las muestras es similar al reportado por (Mongragón, et al; 2017, pág. 23), con un valor de  $8,49 \pm 0,059$ , en la caracterización fisicoquímica de la cáscara y vástago de plátano (*Mussa paradisiaca*, especie *Dominico harton*) con fines de elaboración de subproductos de aprovechamiento de residuos. El porcentaje de humedad obtenido es propicio para el uso agroindustrial de la cáscara de banano.



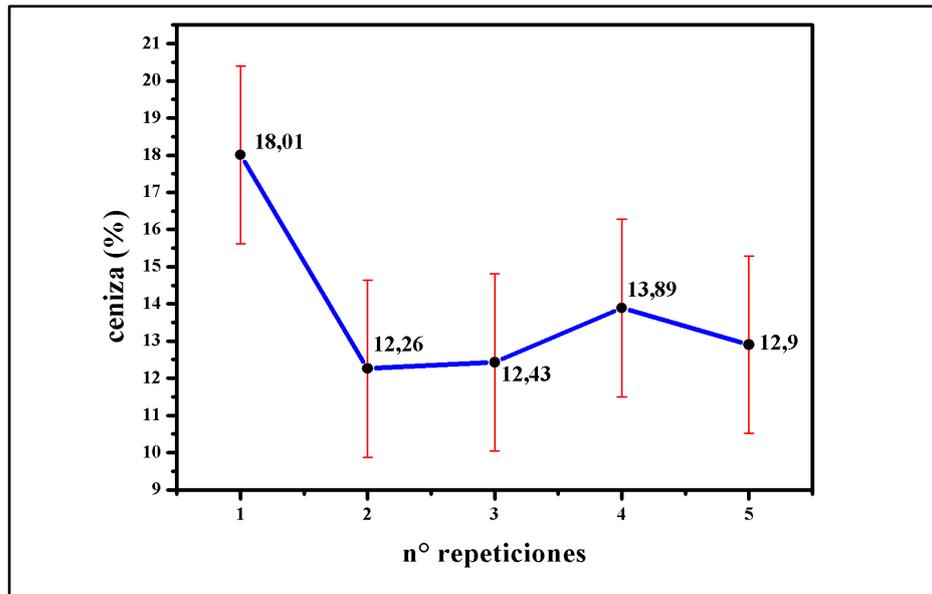
**Ilustración 4-1:** Porcentaje de humedad de la cáscara de banano

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la Ilustración 4-1 se representa de manera gráfica los datos obtenidos de humedad y su respectiva desviación estándar.

#### 4.1.2. *Porcentaje de ceniza de la materia prima*

En la tabla 4-1, se observa que el valor promedio del porcentaje de cenizas corresponde al 13,90%, con una desviación estándar de  $\pm 2,384$ . Estos valores fueron superiores a los valores de referencia reportados por (Mongragón et al; 2017, pág. 23), de  $8,01 \pm 0,061$ , indicando que el porcentaje de ceniza obtenido de la cáscara de *Mussa paradisiaca*, presenta mayor contenido total de minerales como calcio, sodio, potasio, etc., lo que favorece a la fertilidad de suelos, el transporte de nutrientes y mayor retención de agua (Mongragón, et al; 2017, págs. 23-24).



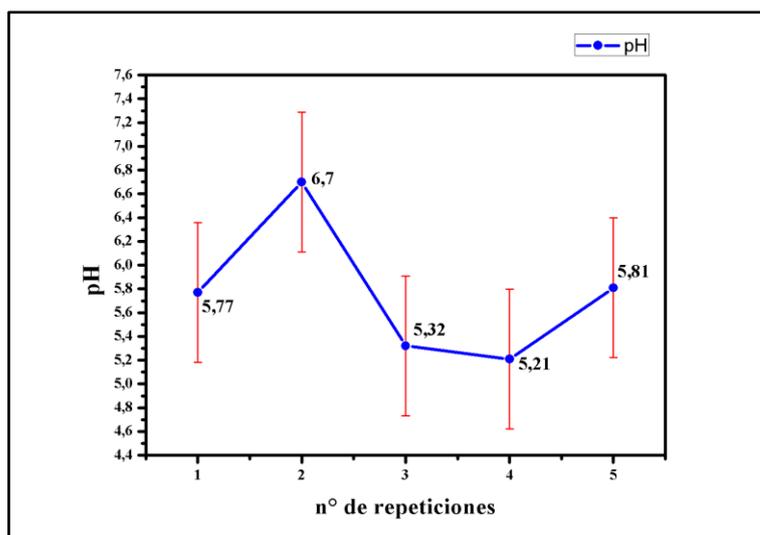
**Ilustración 4-2:** Porcentaje de ceniza de la cáscara de banano

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la Ilustración 4-2 se representan gráficamente los datos obtenidos de porcentaje de cenizas y la desviación estándar entre las repeticiones, se observa que en la repetición 1 está fuera del límite, mientras que las muestras 2,3,4 y 5, se encuentra cerca de la media estadística de la propagación de los valores de las muestras de materia prima.

#### 4.1.3. *Potencial de hidrógeno de la materia prima*

En la tabla 4-1, se observa que el valor promedio del potencial de hidrógeno (pH), corresponde al 5,76 con una desviación estándar de  $\pm 0,588$ , cuyo valor demuestra que las muestras de cáscara de banano analizadas cuentan con un pH ligeramente ácido. Estos valores están dentro del rango de valores de referencia reportados por (Mongragón et al; 2017, pág. 23), de 4,86 con una desviación estándar de  $\pm 0,086$ . Un pH ligeramente ácido es adecuado para su uso dentro de la industria agrícola y propiamente dicho, para la elaboración de fertilizantes que favorecen al adecuado crecimiento de las plantas. El pH propicio para su uso en la agricultura debe estar en un rango de 4 a 6, un valor de pH menor a 4 puede generar quemaduras en la raíz de la planta (Irantzu & Mariscal, 2022, pág. 8).



**Ilustración 4-3:** Potencial de hidrógeno de la cáscara de banano

**Realizado por:** Pindo, Kevelin, 2024.

En la Ilustración 4-3 se representa de manera gráfica los datos obtenidos de pH de las muestras de cáscara de banano y la desviación estándar entre las repeticiones, se logra observar que la muestra 2 difiere del resto de muestras con un valor de pH elevado con relación al valor medio registrado en las muestras 1,3,4 y 5, siendo la causa posible, la presencia de impurezas durante la medición del parámetro de pH.

#### 4.1.4. *Análisis de espectroscopía de absorción atómica de la materia prima*

La concentración de potasio en la cáscara de banano *Mussa paradisiaca* se obtuvo mediante espectroscopía de absorción atómica con llama en el espectrómetro modelo iCE 3000 AA05170304 v1.30, a una longitud de onda de 766, 5 nm, obteniendo los siguientes resultados (ANEXO A):

**Tabla 4-2:** Datos obtenidos de concentración de potasio mg/ml por Espectroscopia de absorción atómica en la materia prima

N° MUESTRA	SEÑAL ABS	CONCENTRACIÓN (mg/L)
1	0,3953	279,1404
2	0,4298	303,7062
3	0,4190	296,4266
4	0,4321	305,132
5	0,4222	298,567

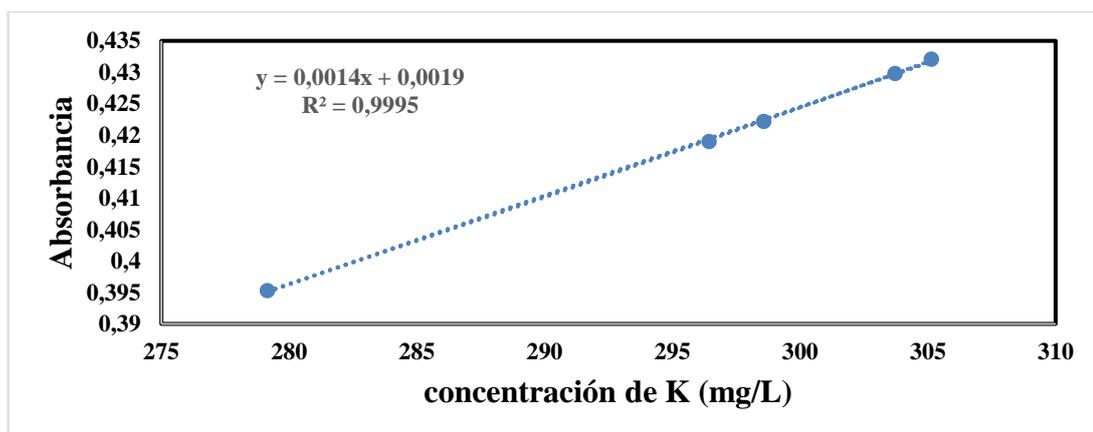
**Realizado por:** Pindo, Kevelin, 2024.

Para la obtención del porcentaje de K presente en la materia prima (cáscara de *Mussa paradisiaca*), se llevó a cabo los cálculos estequiométricos que se observan a continuación:

- 1)  $\frac{279.14 \text{ mg K}}{1000 \text{ mL K}} \times 100 \text{ ml sol} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0.5100 \text{ g muestra.}} \times 100 \% = 5.47 \% \text{ K}$
- 2)  $\frac{303.706 \text{ mg K}}{1000 \text{ mL K}} \times 100 \text{ ml sol} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0.5420 \text{ g muestra.}} \times 100 \% = 5.60 \% \text{ K}$
- 3)  $\frac{296.426 \text{ mg K}}{1000 \text{ mL K}} \times 100 \text{ ml sol} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0.5010 \text{ g muestra.}} \times 100 \% = 5.57 \% \text{ K}$
- 4)  $\frac{305.132 \text{ mg K}}{1000 \text{ mL K}} \times 100 \text{ ml sol} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0.5010 \text{ g muestra.}} \times 100 \% = 6.08 \% \text{ K}$
- 5)  $\frac{298.567 \text{ mg K}}{1000 \text{ mL K}} \times 100 \text{ ml sol} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0.5010 \text{ g muestra.}} \times 100 \% = 5.95 \% \text{ K}$

El porcentaje de potasio promedio obtenido fue de  $5,73 \pm 0,265$ , tenuemente inferior al valor obtenido por (Anhwange et al, 2009, pág. 4), cuyo valor es de 7,81%, esto se puede deber a varios factores como la presencia de nutrientes en el suelo, madurez de la planta, entre otros.

En la ilustración 4-4 tenemos la curva de calibración obtenida por espectrometría de absorción atómica de la cáscara de banano *Mussa paradisiaca* (analito), en la que existe una relación proporcional entre la concentración del analito en unidades de mg/ml y la señal de absorbancia generada por el espectrómetro, generando una relación lineal.



**Ilustración 4-4:** Curva de calibración de análisis espectro métrico de la cáscara de banano

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

#### 4.2. Obtención de cristales de KNO<sub>3</sub>

Para la obtención del concentrado de potasio, se llevó a cabo 2 métodos de extracción. El primero consistió en un proceso de deshidratación, molienda y tamizado de las muestras de cáscara de banano, seguida por una maceración con etanol al 99%, por un tiempo de 48 horas, transcurrido este tiempo la muestra líquida fue llevado al rotavapor para eliminar el etanol presente. La fase acuosa sin etanol se llevó a un proceso de acidificación con HNO<sub>3</sub> a tres concentraciones: 15 %, 25 % y 35 % respectivamente, para luego cristalizar a temperatura constante. Tras el tiempo de cristalización, se obtuvieron cristales de concentrado de KNO<sub>3</sub>, de color anaranjado característico, obteniendo estos datos de peso, de la tabla 4-3, donde se observa mayor formación de cristales de KNO<sub>3</sub> al 35 % usando la solución de HNO<sub>3</sub>.

**Tabla 4-3:** Gramos obtenidos de cristales de KNO<sub>3</sub> obtenidos con la solución de HNO<sub>3</sub> al 15%, 25% y 35% por el método 1

	<b>Cristales de potasio de KNO<sub>3</sub> gramos</b>		
<b>Repeticiones</b>	<b>15% HNO<sub>3</sub></b>	<b>25% HNO<sub>3</sub></b>	<b>35% HNO<sub>3</sub></b>
1	0,9591	0,9912	1,3521
2	0,7519	0,9897	1,4227
3	1,0021	1,0722	0,9875
4	0,9871	1,3981	0,9942
5	0,8998	1,5027	1,3921
<b>Promedio</b>	<b>0,92</b>	<b>1,1908</b>	<b>1,2297</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>± 0,10</b>	<b>± 0,24</b>	<b>± 0,22</b>

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

Para el segundo método se llevó a cabo un proceso de biofermentación al trocear las cáscaras de banano y colocarlas en agua para fermentar por un tiempo de 30 días, o con ayuda de un biofermentador por un lapso de 6 días, seguido se llevó la parte acuosa al rotavapor para eliminar el etanol presente en la muestra. La solución acuosa pasa por el proceso de acidificación con HNO<sub>3</sub> al 15%, 25% y 35%, para llevar a cristalización. Tras obtener los cristales se pesó cada muestra obteniendo los resultados de la tabla 4-4.



**Ilustración 4-5:** Cristales de  $\text{KNO}_3$  obtenidos por el método 1

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

**Tabla 4-4:** Gramos obtenidos de cristales de  $\text{KNO}_3$  obtenidos con la solución de  $\text{HNO}_3$  al 15%, 25% y 35% por el método 2

Repeticiones	Cristales de potasio de $\text{KNO}_3$ gramos		
	15% $\text{HNO}_3$	25% $\text{HNO}_3$	35% $\text{HNO}_3$
1	1,8242	2,0062	2,1827
2	1,7049	1,7099	1,7199
3	1,9562	2,1382	2,3147
4	1,6217	1,8037	1,9802
5	1,671	1,6525	1,7525
<b>Promedio</b>	<b>1,7556</b>	<b>1,8621</b>	<b>1,99</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>± 0,13</b>	<b>± 0,20</b>	<b>± 0,26</b>

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

Durante el proceso de cristalización de  $\text{KNO}_3$  con los dos métodos químicos de obtención se logró observar que a mayor concentración de la solución de  $\text{HNO}_3$  se forma una mayor cantidad de cristales de concentrado de potasio. Adicional se observa una mayor obtención de concentrado de K por el método de biofermentación y con solución de  $\text{HNO}_3$  al 35%.



**Ilustración 4-6:** Cristales de  $\text{KNO}_3$  obtenidos por el método 2

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

#### 4.3. Análisis espectro métrico de absorción atómica del concentrado de potasio

Obtenido el concentrado de potasio en forma de cristales de  $\text{KNO}_3$ , se realizó un análisis de caracterización por espectrometría de absorción atómica de llama, la concentración de potasio obtenido por los métodos 1 y 2 se muestran en la tabla 4-5 y la tabla 4-6 respectivamente.

**Tabla 4-5:** Datos obtenidos de concentración de potasio a diferentes concentraciones de  $\text{HNO}_3$  por Espectroscopia de absorción atómica por método de deshidratación

Repeticiones	Concentración de potasio Método I		
	15% $\text{HNO}_3$	25% $\text{HNO}_3$	35% $\text{HNO}_3$
1	0,752	0,8156	1,032
2	0,001	0,7164	1,3156
3	0,001	0,6005	0,9812
4	0,001	0,6742	0,9902
5	0,001	0,8236	0,8912
<b>Promedio</b>	<b>0,151</b>	<b>0,726</b>	<b>1,042</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>± 0,335</b>	<b>± 0,095</b>	<b>± 0,161</b>

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la tabla 4-5 se observa que existe una mayor concentración de potasio al utilizar una solución de HNO<sub>3</sub> al 35%, obteniendo una concentración promedio de 1,042% ± 0,161, los cuales corroboran con los resultados obtenidos en la sección 1.2, que a mayor concentración de HNO<sub>3</sub> se obtiene un mayor concentrado de potasio y formación de cristales de mayor pureza.

**Tabla 4-6:** Datos obtenidos de concentrado de potasio por método de biofermentación a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub> por Espectrometría de absorción atómica

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la tabla 4-6 se observa que se obtiene una mayor concentración de potasio al utilizar una solución de HNO<sub>3</sub> al 35 %, obteniendo un valor promedio de 10,95%, con una desviación estándar de ± 0,548. La concentración de la solución de HNO<sub>3</sub> es fundamental en la cristalización, ya que durante la reacción se realizan reacciones de desplazamiento donde se forman cristales de KNO<sub>3</sub> de alta concentración.

#### 4.4. Análisis de fotometría de emisión del concentrado de potasio

Para corroborar los resultados obtenidos, se utilizó un segundo método de caracterización del concentrado de potasio obtenido a partir de la cáscara de *Mussa paradisiaca*, mediante fotometría de emisión de llama, obteniendo los siguientes resultados:

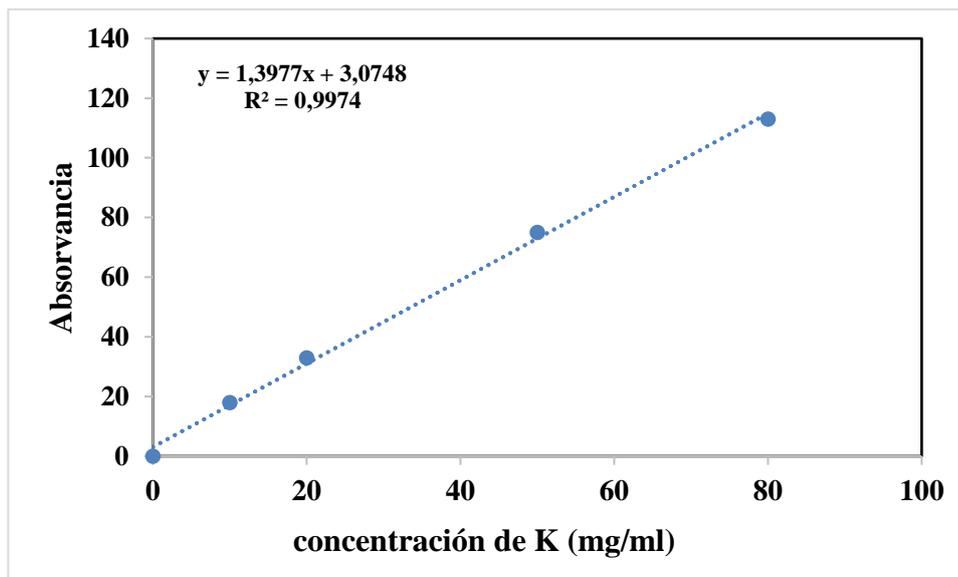
**Tabla 4-7:** Datos obtenidos de concentrado de potasio a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub> por Fotometría de Emisión

CODIGO	EMISION	mg/L	MUESTRA	V	%	X ± SD
k35-1	58	39,30	0,5	50	0,39	0,46 ± 0,092
k35-2	59	40,01	0,5	50	0,40	
k35-3	88	60,76	0,5	50	0,61	
k35-4	70	47,88	0,5	50	0,48	
k35-5	59	40,01	0,5	50	0,40	
k25-1	41	27,13	0,5	50	0,27	0,35 ± 0,094
k25-2	39	25,70	0,5	50	0,26	
k25-3	71	48,60	0,5	50	0,49	
k25-4	53	35,72	0,5	50	0,36	
k25-5	58	39,30	0,5	50	0,39	
k15-1	73	50,03	0,5	50	0,50	0,28 ± 0,133
K15-2	44	29,28	0,5	50	0,29	
K15-3	26	16,40	0,5	50	0,16	

K15-4	36	23,56	0,5	50	0,24
k15-5	31	19,98	0,5	50	0,20

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la tabla 4-7 se observa que el valor promedio de concentrado de potasio es mayor al utilizar una concentración de HNO<sub>3</sub> al 35%, dando como resultado una concentración de  $0,46 \pm 0,092$  %, de esta manera se corrobora los resultados obtenidos por espectroscopía de absorción atómica.



**Ilustración 4-7:** Curva de calibración concentrado de K, por fotometría de emisión

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

#### 4.5. Análisis de varianza ANOVA

**Tabla 4-8:** Datos estadísticos descriptivos

MÉTODO	Concentración HNO <sub>3</sub>	n	media	SD	SEM	Varianza
Método 1	15	5	0,1512	0,33586	0,1502	0,1128
	25	5	0,72606	0,09497	0,04247	0,00902
	35	5	1,04204	0,16131	0,07214	0,02602
Método 2	15	5	5,772	0,21123	0,09447	0,04462
	25	5	8,708	0,33477	0,14971	0,11207
	35	5	10,95	0,54791	0,45600	0,30020

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

En la tabla 4-8, se presentan los datos estadísticos obtenidos en esta investigación, mediante dos métodos de extracción utilizando concentraciones de HNO<sub>3</sub> al 15, 25 y 35%, en donde se utilizó un tamaño muestral (n) de 5 repeticiones para cada tratamiento, obteniendo su respectiva media, su desviación estándar (SD), el error estándar de la media (SEM), y su varianza. Los valores

obtenidos de SD, SEM y varianza cercanos a cero son indicativos de que los datos tienden a estar muy cerca de las medias muestrales con una alta fiabilidad de los resultados.

**Tabla 4-9:** Datos análisis ANOVA

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>Valor-p</b>
<b>Efecto A</b>	525,45605	1	525,45605	257,47701	2,4758E-14
<b>Efecto B</b>	73,68837	2	36,84418	18,0539	1,64197E-5
<b>Efecto AB</b>	43,88871	2	21,94436	63,01811	5,17919E-13
<b>Error</b>	48,97892	24	2,04079		
<b>Total</b>	692,01204	29			

Realizado por: Pindo, Kevelin, 2024.

Los métodos de obtención de concentrado de potasio y la concentración de HNO<sub>3</sub> utilizados marcan una diferencia significativa sobre el porcentaje de la concentración de K. Mediante el análisis de variancia ANOVA para 2 variables, se obtuvo un valor-p menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95% (tabla 4-9), por lo que se concluye que existe una diferencia significativa entre las medias obtenidas entre la interacción de los 2 métodos de obtención utilizados y la variación de concentración de HNO<sub>3</sub>.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa:

H<sub>0</sub>: Existe igual concentración de potasio de cáscara de *Musa paradisiaca* por los métodos de deshidratación y biofermentación a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub>.

H<sub>1</sub>: Existe una diferencia significativa en la cantidad de concentrado de potasio obtenido por los métodos de deshidratación y biofermentación de cáscara de *Musa paradisiaca* a diferentes concentraciones de HNO<sub>3</sub>.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La caracterización de los residuos orgánicos de la cáscara de *Musa paradisiaca* hizo que este desecho tiene un contenido de potasio igual al 5,73%, que junto a sus propiedades de humedad, ceniza y pH lo convierten en materia prima óptima de uso agroindustrial.
- Se obtuvo un concentrado de potasio mediante los procesos de extracción de deshidratación y biofermentación, acompañados de una fase ácida con  $\text{HNO}_3$  a diferentes concentraciones; 15%, 25% y 35%, dando como resultado una mayor cantidad de concentrado mediante el método de biofermentación.
- El concentrado de potasio presentó una mayor concentración de potasio al utilizar una solución ácida de  $\text{HNO}_3$  al 35% en el método de biofermentación, alcanzando una concentración media de 12,55% de potasio soluble en forma de  $\text{KNO}_3$ , óptimo para su uso en fertilizantes NPK.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para la obtención de concentrado de potasio por el método de biofermentación se recomienda el uso de un equipo biofermentador o biorreactor para acortar los tiempos de fermentación y a su vez tener un mayor control en las condiciones de fermentación.
- En base a los resultados obtenidos se recomienda desarrollar análisis postratamiento para el uso del concentrado de potasio en la fabricación de fertilizantes NPK que cumplan con los parámetros de calidad para su comercialización.
- Evaluar nuevos métodos de obtención de concentrado de potasio a partir de sales nitrogenadas, para disminuir el uso de ácidos fuertes y la generación de desechos en la obtención del concentrado de potasio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ANHPÁLIDOGE, Benjamín; et al.** “Composición Química de las cáscaras de *Musa sapientum* (plátano)”. *Revista electrónica de química Ambiental, agrícola y alimentarias* [en línea], 2009, vol. 8(6). págs. 437- 442. [Consulta: 26 junio del 2023]. ISSN: 1579-4377. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/233760453\\_Chemical\\_Composition\\_of\\_Musa\\_sapientum\\_Banana\\_Peels](https://www.researchgate.net/publication/233760453_Chemical_Composition_of_Musa_sapientum_Banana_Peels)
2. **ARENAS, Cristian.** Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el centro educativo rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría) Universidad Pontificia Bolivariana, Dabeiba-Colombia. 2017. págs. 11-17. [Consulta: 18 mayo del 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/3303>
3. **ASTRO, J. D.** El almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca*) con una alternativa en la industria cárnica [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica de Azuay. 2008, págs. 2-8. [Consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7662/1/06649.pdf>
4. **CASTILLO GONZÁLEZ, A.M.; et al.** “Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa pp.*)”. *Phyton (B. Aires)* [en línea], 2011, vol.80(1), págs.65-72. [Consulta: 06 de junio de 2023]. ISSN 1851-5657. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572011000100010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010&lng=es&nrm=iso)
5. **CONISLLA, M.; et al.** *Aumenta 137% el valor de las importaciones de fertilizantes químicos de América Latina y el Caribe en 2022* [blog]. Perú: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, 2023. [Consulta: 19 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://blog.iica.int/blog/aumenta-137-valor-las-importaciones-fertilizantes-quimicos-america-latina-caribe-en-2022>
6. **DÍAZ, Jin.** Obtención de biol a partir de residuos sólido-orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes, en el distrito de Curiná, Ucayali, Perú [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental. Ucayali -Perú. 2022. pág. 23. [Consulta: 23 junio del 2023]. Disponible en:

[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6059/B3\\_2023\\_UNU\\_AMBIENTAL\\_2023\\_T\\_JIM-DIAZ\\_DIEGO-GONZALES\\_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6059/B3_2023_UNU_AMBIENTAL_2023_T_JIM-DIAZ_DIEGO-GONZALES_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

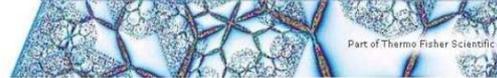
7. **GARCIA, A. & MENDOZA, J.** “Diversificación de productos alimenticios a base de cáscara de vegetales para uso como materia prima en la preparación de alimentos”. *Revista Tecnológica*. [en línea], 2019, (12), pág. 14-21. [Consulta: 26 junio del 2023]. Disponible en: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/03/1151075/rt2019\\_cascaras-de-vegetales.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/03/1151075/rt2019_cascaras-de-vegetales.pdf)
8. **IBANÉZ, Diego.** Diseño de una planta de producción de fertilizantes NPK líquidos en una producción de 300 Tn/ día situado en el polígono industrial “El Tossalet” de Bélgica [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica de Valencia., Grado de Ingeniería Química. Madrid- España. 2017. págs. 11-12. [Consulta: 08 mayo del 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91209/IB%C3%81%C3%91EZ%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20producci%C3%B3n%20de%20fertilizantes%20NPK%20por%20v%C3%ADa%20de%20mezcla%20C%C3%A1cida%20%20con%20u....pdf?sequence=1>
9. **JARA, Janneth.** Manejo y caracterización de residuos sólidos urbanos de la provincia de Chimborazo- Ecuador y su potencial uso en agricultura [en línea]. (Trabajo de titulación) (Máster). Escuela Superior Politécnica de Orihuela, Master en Gestión, tratamiento y Valorización de Residuos orgánicos. Orihuela. 2014. pág. 23 [Consulta: 23 junio del 2023]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2003/1/TFM%20Jara%20Samaniego%2C%20Janneth.pdf>
10. **LEÓN, A.; et al.** “Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Universidad Técnica de Machala* [en línea], 2023, vol.7(1), págs. 7494-7509. [Consulta: 26 junio del 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4981](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981)
11. **MEENA, V.; et al.** *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agricultura*. India: Editorial Springe, 2016. pág. 136. ISBN 978-81-322-2774-8.
12. **MONDRAGON, J.; et al.** “Caracterización físiscoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano Dominic harton”. *Ion Revista* [en línea], 2018, vol. 30(4). págs. 1-4. [Consulta: 26 junio del 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v31n1->

13. **MINISTERIO DE PRODUCCIÓN Y TRABAJO DE ARGENTINA.** *Informe especial Potasio* [en línea]. Argentina: Dirección Nacional de Promoción de la Minería Subsecretaría de Desarrollo Minero. 2019. pág. 1-33. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_especial\\_de\\_potasio\\_-\\_noviembre\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_especial_de_potasio_-_noviembre_2019.pdf)
14. **MOREIRA, Karina.** Reutilización de residuos de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) y plátanos (*Musa sapientum*) para la producción de alimentos destinados al consumo humano [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil- Ecuador. 2013. págs. 1-54. [Consulta: 18 mayo del 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33267183/Composicion\\_quimica\\_de\\_la\\_cascara\\_de\\_platano](https://www.academia.edu/33267183/Composicion_quimica_de_la_cascara_de_platano)
15. **MURRELL, T.; et al.** *Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops* [en línea]. S.l.: Editorial Springe, 2021. pág. 466. ISBN 978-3-030-59196-0. [Consulta: 18 mayo del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7>
16. **PORTAL FRUTÍCOLA.** *Como hazer fertilizantes orgánicos con cáscara de plátano o banana* [Blog]. 2022, 30(4) pág. 1-4. [Consulta: 26 mayo del 2023]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/05/29/como-hacer-fertilizante-organico-con-cascara-de-platano-o-banana>
17. **SKOOG, Douglas; et al.** *Principios de Análisis Instrumental*. 9na Ed. Madrid- España: Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2015. pág. 143
18. **REVELO, S. & UGENIO, M.** Determinación de la concentración de la Actividad de Cesio 137 en diez frutas del Ecuador [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Química. Riobamba- Ecuador. 2022. pág. 21. [Consulta: 21 mayo del 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17576>
19. **VILLAROLE, Danilo.** Riobamba genera aproximadamente 200 toneladas diarias de basura. *El diario de Riobamba* [en línea]. 2020. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <http://eldiarioderiobamba.com/2020/02/06/riobamba-genera-aproximadamente-200-toneladas-diarias-de-basura/>

**20. WAKEEL & ISHFAQ.** *Potash use and dynamics in Agriculture* [en línea]. S.l.: Editorial Springer, 2022. pág. 130. ISBN: 978-981-16-6882-1. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-6883-8>

# ANEXOS

## ANEXO A: RESULTADOS DE TRAZABILIDAD DEL ELEMENTO K, POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN LA MATERIA PRIMA



Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\RESULTADOS\POTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

### Parámetros Generales

Método: POTASIO

Operador: Lab. INSTRUMENTAL

Modo Instrum.: Llama

Automuestr.: Ningún

Dilución: Ninguna

Usar SFI: No

### Registro trazabilidad método

14/11/2023 02:12:31 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

14/11/2023 02:21:31 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

(K Flujo Combust.: 1.0) cambiado a (0.9)

### Detalles Análisis

Nombre Análisis: Análisis 1 14/11/2023

Espectróm.: ICE 3000 AA05170304 v1.30

Nombre Operador: Lab. Investigación

Resultados Test OQ Actual: No disponible

Resultados Test PQ Actual: Pasa

### Información lámp.

Elemento(s)

Na K

nº de Serie

n/a

mA Horas

n/a

Horas lámp. Deuterio: 65.58

### Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000 Masa Muestra	Relac. Dilución
1	L2C19M6	1.0000	10.0000
2	L2C19M2	1.0000	10.0000
3	L2C19M12	1.0000	10.0000
4	L3C23M13	1.0000	10.0000
5	L1COM5	1.0000	10.0000
6	L2C19M13	1.0000	10.0000
7	L3C23M1	1.0000	10.0000
8	L2C19M11	1.0000	10.0000
9	L2C19M8	1.0000	10.0000
10	L3C23M12	1.0000	10.0000
11	L1COM1	1.0000	10.0000
12	L2C19M14	1.0000	10.0000
13	L1COM6	1.0000	10.0000
14	L2C19M7	1.0000	10.0000
15	L3C23M8	1.0000	10.0000
16	L3C23M11	1.0000	10.0000
17	L1COM7	1.0000	10.0000
18	L2C19M9	1.0000	10.0000
19	L1COM9	1.0000	10.0000
20	L1COM2	1.0000	10.0000
21	L3C23M10	1.0000	10.0000
22	L1COM3	1.0000	10.0000
23	L3C23M14	1.0000	10.0000
24	L3C23M7	1.0000	10.0000
25	L2C19M15	1.0000	10.0000
26	L1COM11	1.0000	10.0000
27	L2C19M3	1.0000	10.0000
28	L3C23M2	1.0000	10.0000
29	L1COM15	1.0000	1.0000
30	L2C19M5	1.0000	10.0000
31	L1COM14	1.0000	10.0000

## SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\RESULTADOS\IOTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

### Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Relac. Dilución
		Masa Muestra	
32	L1COM13	1.0000	10.0000
33	L2C19M1	1.0000	10.0000
34	L2C19M19	1.0000	10.0000
35	L3C23M3	1.0000	10.0000
36	L3C23M15	1.0000	10.0000
37	L1COM4	1.0000	10.0000
38	L3C23M15	1.0000	10.0000
39	L1COM8	1.0000	10.0000
40	L3C23M5	1.0000	10.0000
41	L3C23M9	1.0000	10.0000
42	L3C23M6	1.0000	10.0000
43	L2C19M4	1.0000	10.0000
44	L1COM18	1.0000	10.0000
45	L3C23M4	1.0000	10.0000
46	CPBR-004-30	1.0000	50.0000
47	CPBR-005-60	1.0000	50.0000
48	CPBR-006-60	1.0000	50.0000
49	CPTA-007-30	1.0000	50.0000
50	CTPA-004-60	1.0000	50.0000
51	CPTA-001-60	1.0000	50.0000
52	CPTA-006-60	1.0000	50.0000
53	CPTA-008-60	1.0000	10.0000
54	CPTA-008-60	1.0000	50.0000
55	CPBR-005-30	1.0000	50.0000
56	CPTA-010-60	1.0000	50.0000
57	CPBR-001-30	1.0000	5.0000
58	CTPA-007-60	1.0000	50.0000
59	CPBR-008-30	1.0000	50.0000
60	CPTA-001-30	1.0000	50.0000
61	CPTA-009-60	1.0000	50.0000
62	CPBR-003-60	1.0000	50.0000
63	CPBR-007-60	1.0000	50.0000
64	CPTA-009-30	1.0000	50.0000
65	CPBR-006-30	1.0000	50.0000
66	CPTA-010-30	1.0000	50.0000
67	CPBR-007-30	1.0000	50.0000
68	CPBR-009-60	1.0000	50.0000
69	CPBR-001-60	1.0000	50.0000
70	CPTA-005-30	1.0000	50.0000
71	CPTA-003-30	1.0000	50.0000
72	CPTA-005-60	1.0000	50.0000
73	CPTA-003-60	1.0000	50.0000
74	CPTA-004-30	1.0000	50.0000
75	CPBR-008-60	1.0000	50.0000
76	CPBR-010-60	1.0000	50.0000
77	CPBR-004-60	1.0000	50.0000
78	CPTA-008-30	1.0000	50.0000
79	CPBR-010-30	1.0000	50.0000
80	CPBR-003-30	1.0000	50.0000
81	CPTA-006-30	1.0000	50.0000
82	CPTA-005-60	1.0000	50.0000
83	AGUA-MARINA	1.0000	1000.000
84	CPTA-003-30 R	1.0000	50.0000
85	CPTA-008-60 R	1.0000	50.0000
86	KEVIN-1	1.0000	200.0000
87	KEVIN-2	1.0000	200.0000

# SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Archivo Result.: C:\SOLAAR\DATA\RESULTADOS\POTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

## Detalles Muestra

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	
		Masa Muestra	Relac. Dilución
88	KEVIN-3	1.0000	200.0000
89	CPBR-007-60	1.0000	50.0000
90	CPBR-006-30	1.0000	50.0000
91	CPBR-007-60	1.0000	50.0000
92	CPBR-007-30	1.0000	50.0000
93	CPBR-001-60	1.0000	50.0000
94	CPTA-005-30	1.0000	50.0000
95	CPTA-003-30	1.0000	50.0000
96	CPTA-009-60	1.0000	50.0000
97	CPTA-010-60	1.0000	50.0000
98	CPBR-001-30	1.0000	50.0000
99	CTPA-007-60	1.0000	50.0000
100	CPBR-008-30	1.0000	50.0000
101	AGUAMARINA	1.0000	1000.0000
102	CPTA-001-30	1.0000	50.0000
103	CPBR-003-60	1.0000	50.0000
104	CPTA-010-30	1.0000	50.0000
105	CPTA-004-30	1.0000	50.0000
106	CPTA-005-60	1.0000	50.0000
107	L1COM15R	1.0000	10.0000
108	L3C23M3	1.0000	10.0000
109	L3C23M15	1.0000	10.0000
110	L3C23M5	1.0000	10.0000
111	L3C23M9	1.0000	10.0000
112	L1COM8	1.0000	10.0000
113	L1COM4	1.0000	10.0000
114	L3C23M4	1.0000	10.0000
115	L2C19M4	1.0000	10.0000
116	L2C19M10	1.0000	10.0000
117	L2C19M1	1.0000	10.0000
118	L1COM13	1.0000	10.0000
119	L1COM14	1.0000	10.0000
120	L2C19M5	1.0000	10.0000
121	L2C19M6	1.0000	10.0000
122	L3C23M2	1.0000	10.0000

## Registro de trazabilidad Análisis

14/11/2023 02:21:31 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Registro creado

14/11/2023 04:04:29 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6

Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

## Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

## Parámetros Espectróm. - K

Elemento: K

Long. onda: 766.5nm

Corrección Fondo: Apagado

Tipo Señal: Continuo

Tiempo Medida: 4.0sg

Usar Test RSD: No

Modo Medida: Absorbancia

Rendija: 0.5nm

Alta Resolución: Apagado

Re-muestras: Rápido

Modo Rechazo Datos: No

Corriente lámp.: 100%

Optimizar Parámetros Espectróm.: No

Nº de Re-muestras: 1

# SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Fichero Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\RESULTADOS\IOTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

## Parámetros Llama - K

Tipo Llama: Aire-C2H2  
Toma del Nebuliz.: 4sg  
Altura Mechero: 7.0mm

Flujo Combust.: 0.9L/min  
Estabiliz. Mechero: 0mins  
Optimiz. Altura Mechero: No

Oxidante Auxiliar: Apagado  
Optimiz. Flujo Combust.: No

## Parámetros muestreo - K

Muestreo: Ninguna

## Parámetros Calibrac. - K

Modo Calibrac.: Normal  
Unidades Concentrac.: mg/L  
Ajuste Aceptable: 0.990  
Estándar1 0.2000  
Estándar2 0.4000

Ajuste Lineal: Linear  
Unidades Escala: mg/L  
Re-escalar Limite: 15.0%  
Estándar3  
Estándar4

Usar Calibr. Almacenada: No  
Factor Escala: 1.0000  
Acción Fallida : Señalizar y continuar  
1.0000  
2.0000

## Registro de trazabilidad Elemento - K

14/11/2023 04:05:25 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6  
AGUA-MARINA 03:17:43 : Borrado

## Result. Disolución - K

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
K Blanco	-0.0024		0.0000	
K Estándar 1	0.0627		0.2000	
K Estándar 2	0.1458		0.4000	
K Estándar 3	0.2891		1.0000	
K Estándar 4	0.5555		2.0000	
K L2C19M6	0.1331		0.4386	4.3861
K L2C19M2	0.2017		0.6892	6.8924
K L2C19M12	0.0972		0.3078	3.0778
K L3C23M13	0.0679		0.2009	2.0092
K L1COM5	0.1552		0.5193	5.1925
K L2C19M13	0.0813		0.2497	2.4966
K L3C23M1	0.0829		0.2554	2.5543
K L2C19M11	0.1139		0.3688	3.6883
K L2C19M8	0.1643		0.5528	5.5281
K L3C23M12	0.0862		0.2675	2.6750
K L1COM1	0.1377		0.4554	4.5538
K L2C19M14	0.1226		0.4005	4.0049
K L1COM6	0.1040		0.3325	3.3254
K L2C19M7	0.0747		0.2255	2.2551
K L3C23M8	0.0917		0.2877	2.8773
K L3C23M11	0.0522		0.1436	1.4359
K L1COM7	0.1501		0.5008	5.0080
K L2C19M9	0.0859		0.2663	2.6632
K L1COM9	0.0946		0.2982	2.9820
K L1COM2	0.1384		0.4582	4.5823
K L3C23M10	0.0466		0.1229	1.2295
K L1COM3	0.0545		0.1519	1.5194
K L3C23M14	0.0628		0.1822	1.8222
K L3C23M7	0.0696		0.2071	2.0711
K L2C19M15	0.0750		0.2267	2.2667
K L1COM11	0.2003		0.6841	6.8412
K L2C19M3	0.0851		0.2634	2.6342
K L3C23M2	0.0549		0.1532	1.5316
K L1COM15	0.0963		0.3045	3.0450
K L2C19M5	0.1436		0.4770	4.7701
K L1COM14	0.1638		0.5507	5.5071

## SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Archivo Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\RESULTADOS\IOTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

### Result. Disolución - K

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
K L1COM13	0.0751		0.2271	2.2710
K L2C19M1	0.0442		0.1144	1.1437
K L2C19M19	0.0439		0.1132	1.1325
K L3C23M3	0.0267		0.0503	0.5028
K L3C23M15	0.0383		0.0929	0.9292
K L1COM4	0.1002		0.3186	3.1858
K L3C23M15	0.0347		0.0798	0.7976
K L1COM8	0.0640		0.1866	1.8661
K L3C23M5	0.0315		0.0681	0.6809
K L3C23M9	0.0626		0.1813	1.8131
K L3C23M6	0.0963		0.3043	3.0433
K L2C19M4	0.0771		0.2344	2.3440
K L1COM18	0.1256		0.4112	4.1121
K L3C23M4	0.1125		0.3635	3.6353
K CPBR-004-30	0.0880		0.2740	13.6996
K CPBR-005-60	0.1482		0.4941	24.7026
K CPBR-006-60	0.0667		0.1962	9.8114
K CPTA-007-30	0.1078		0.3463	17.3150
K CTPA-004-60	0.0715		0.2140	10.7008
K CPTA-001-60	0.0368		0.0871	4.3559
K CPTA-006-60	0.1386		0.4590	22.9495
K CPTA-008-60	0.0199		0.0255	0.2551
K CPTA-008-60	0.0184		0.0202	1.0085
K CPBR-005-30	0.0613		0.1768	8.8417
K CPTA-010-60	0.0239		0.0403	2.0151
K CPBR-001-30	0.1784		0.6041	3.0205
K CTPA-007-60	0.0494		0.1334	6.6694
K CPBR-008-30	0.0349		0.0803	4.0157
K CPTA-001-30	0.0507		0.1381	6.9067
K CPTA-009-60	0.0234		0.0383	1.9125
K CPBR-003-60	0.0303		0.0634	3.1700
K CPBR-007-60	0.0177		0.0176	0.8822
K CPTA-009-30	0.0244		0.0420	2.1025
K CPBR-006-30	0.0143		0.0051	0.2541
K CPTA-010-30	0.0427		0.1087	5.4326
K CPBR-007-30	0.0153		0.0087	0.4369
K CPBR-009-60	0.0226		0.0354	1.7724
K CPBR-001-60	0.0154		0.0091	0.4564
K CPTA-005-30	0.0174		0.0163	0.8141
K CPTA-003-30	0.0176		0.0173	0.8665
K CPTA-005-60	0.0057		-0.0262	-1.3082
K CPTA-003-60	0.0162		0.0122	0.6125
K CPTA-004-30	0.0244		0.0422	2.1082
K CPBR-008-60	0.0475		0.1264	6.3178
K CPBR-010-60	0.2389		0.8251	41.2551
K CPBR-004-60	0.1208		0.3937	19.6847
K CPTA-008-30	0.1133		0.3665	18.3266
K CPBR-010-30	0.0705		0.2103	10.5128
K CPBR-003-30	0.0881		0.2745	13.7257
K CPTA-006-30	0.3089		1.0806	54.0298
K CPTA-005-60	0.0431		0.1104	5.5220
<del>K AGUA-MARINA</del>	<del>0.0962</del>		<del>0.3040</del>	<del>303.9526</del>
K CPTA-003-30 R	0.0776		0.2363	11.8131
K CPTA-008-60 R	0.0433		0.1108	5.5409

## SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 14/11/2023 04:05:37

Archivo Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\RESULTADOS\I\POTASIO\PACHANLICA-SARDINAYACU\14-11-2023.SLR

### Result. Disolución - K

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
K KEVIN-1	0.3953		1.3957	279.1404
K KEVIN-2	0.4289		1.5185	303.7062
K KEVIN-3	0.4190		1.4821	296.4266
K CPBR-007-60	0.0561		0.1576	7.8788
K CPBR-006-30	0.0624		0.1806	9.0305
K CPBR-007-60	0.1062		0.3405	17.0244
K CPBR-007-30	0.1015		0.3234	16.1723
K CPBR-001-60	0.1112		0.3587	17.9352
K CPTA-005-30	0.1209		0.3942	19.7083
K CPTA-003-30	0.1430		0.4747	23.7364
K CPTA-009-60	0.1225		0.3999	19.9956
K CPTA-010-60	0.1090		0.3508	17.5382
K CPBR-001-30	0.5520		1.9678	98.3902
K CTPA-007-60	0.1955		0.6664	33.3221
K CPBR-008-30	0.1359		0.4491	22.4538
K AGUAMARINA	0.1788		0.6057	605.7164
K CPTA-001-30	0.1843		0.6256	31.2821
K CPBR-003-60	0.1242		0.4064	20.3182
K CPTA-010-30	0.2014		0.6881	34.4046
K CPTA-004-30	0.2344		0.8085	40.4243
K CPTA-005-60	0.0791		0.2417	12.0847
K L1COM15R	0.2441		0.8440	8.4397
K L3C23M3	0.1025		0.3271	3.2711
K L3C23M15	0.1452		0.4828	4.8278
K L3C23M5	0.1035		0.3308	3.3080
K L3C23M9	0.1807		0.6125	6.1246
K L1COM8	0.1928		0.6566	6.5658
K L1COM4	0.3620		1.2743	12.7433
K L3C23M4	0.2757		0.9593	9.5927
K L2C19M4	0.2125		0.7286	7.2861
K L2C19M10	0.1520		0.5077	5.0775
K L2C19M1	0.1502		0.5010	5.0103
K L1COM13	0.2201		0.7563	7.5630
K L1COM14	0.4256		1.5064	15.0636
K L2C19M5	0.3969		1.4015	14.0153
K Blanco	-0.0019		0.0000	
K Estándar 1	0.1059		0.2000	
K Estándar 2	0.2047		0.4000	
K Estándar 3	0.4247		1.0000	
K Estándar 4	0.7957		2.0000	
K L2C19M6	0.2073		0.4677	4.6774
K L3C23M2	0.1254		0.2578	2.5779



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 15/ 07/ 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Kevelin Mauricio Pindo Adriano
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Química
<b>Título a optar:</b> Químico
<p style="text-align: center;">Dr. Jorge Efrén Silva Yumi, PhD. <b>Firma del Directora del Trabajo de Integración Curricular</b></p> <p style="text-align: center;">Dr. Carlos Pilamunga Capus, PhD. <b>Firma del Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b></p>

0799-DBRA-UPT-2024