



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

**EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO  
COMBINADO EN EL DESARROLLO DE DOS ESPECIES  
VEGETALES BAJO CONDICIONES CONTROLADAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**QUÍMICA**

**AUTORAS:**

**LILIANA JACQUELINE BARAHONA LLUMIQUINGA**

**ERIKA LISBETH ROJAS GUERRERO**

Riobamba – Ecuador

2024



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

**EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO  
COMBINADO EN EL DESARROLLO DE DOS ESPECIES  
VEGETALES BAJO CONDICIONES CONTROLADAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**QUÍMICA**

**AUTORAS:** LILIANA JACQUELINE BARAHONA LLUMIQUINGA

ERIKA LISBETH ROJAS GUERRERO

**DIRECTORA:** Dra. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL, PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

**© 2024, Liliana Jacqueline Barahona Llumiquinga & Erika Lisbeth Rojas Guerrero**

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

Nosotras, Liliana Jacqueline Barahona Llumiquinga y Erika Lisbeth Rojas Guerrero declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos 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, 29 de febrero de 2024

**Liliana Jacqueline Barahona Llumiquinga**  
**C.I. 175268903-2**

**Erika Lisbeth Rojas Guerrero**  
**C.I. 060478348-0**

**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, **EVALUACION DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO COMBINADO EN EL DESARROLLO DE DOS ESPECIES VEGETALES BAJO CONDICIONES CONTROLADAS**, realizado por las señoritas: **LILIANA JACQUELINE BARAHONA LLUMIQUINGA** y **ERIKA LISBETH ROJAS GUERRERO** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del 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>
Dr. Robert Alcides Cazar Ramirez, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-02-29
Dra. Norma Soledad Erazo Sandoval, PhD. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-02-29
Dra. Mayra Jannet Espinoza Melendres, MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-02-29

## DEDICATORIA

A mis queridos padres, Nancy Llumiquinga y Juan Barahona, y a mis amados hermanos, Viviana, Evelyn y Francisco, quienes han sido mi sostén inquebrantable a lo largo de este desafiante viaje académico. Su amor, paciencia y apoyo han sido la brújula que me ha guiado hasta este logro. A mi dulce novio, Milton Zambrano, por su amor incondicional y por ser mi fuente constante de motivación. Este logro es tanto de ustedes como mío.

Liliana

A mis pilares, mis amados padres Efraín y Mónica, inicio estas líneas dedicándoles el fruto de años de esfuerzo y aprendizaje, por inspirarme a perseguir mis sueños y por enseñarme el valor del esfuerzo y la tenacidad. A mis hermanos Jhonnatan y Katherine les entrego con amor este logro, sabiendo que su influencia positiva siempre ha estado presente en cada paso que doy. A mis abuelitos Washington y Luisa por ser mi fortaleza, por inspirarme con sus historias y por enseñarme la importancia de la educación. A mi tía Geovanna, mi mejor amiga, agradezco profundamente tu generosidad, comprensión y amor gracias por ser mi fuente de inspiración, por alentarme en los momentos difíciles, por enseñarme el valor del trabajo arduo y la perseverancia. Finalmente, a mi querido Hernán gracias por parte de mi motivación, mi cómplice en las alegrías y el refugio en las adversidades. Este logro mi amada familia es tanto suyo como mío, y se los dedico con profundo cariño.

Erika

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Ciencias por abrirnos sus puertas y brindarnos una educación de calidad y calidez. Además, deseamos expresar nuestro más profundo agradecimiento a aquellas personas que han sido fundamentales en este arduo y enriquecedor proceso académico y realización del presente trabajo de titulación. A la Dra. Norma Erazo, nuestra tutora, le dedicamos nuestro más sincero reconocimiento. Su sabiduría, dedicación y guía inquebrantable han sido pilares fundamentales para alcanzar este logro. Su compromiso y apoyo constante han sido una fuente inagotable de inspiración. Agradecemos a la Dra. Mayra Espinoza, nuestra asesora, por su invaluable orientación académica. Su experiencia y perspicacia han sido esenciales para la elaboración de esta tesis. Sus comentarios constructivos y motivadores han contribuido significativamente al desarrollo de este trabajo. Asimismo, a la Ing. Gabriela Rosero e Ing. Juan Manzano, agradecemos sinceramente su colaboración y asesoramiento técnico. Sus conocimientos especializados han sido de gran ayuda para abordar aspectos prácticos y aplicados de nuestra investigación. Finalmente, agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional, dedicación y compromiso.

Liliana & Erika

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Objetivos.....	4
1.4.1.	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
2.1.	Bases teóricas.....	5
2.1.1.	<i>Fertilizantes químicos</i> .....	5
2.1.1.1.	<i>Fosfato de amonio (DAP) 18-46-0</i> .....	5
2.1.2.	<i>Fertilizante orgánico</i> .....	5
2.1.2.1.	<i>Fertilizante orgánico (Vicuña)</i> .....	6
2.1.3.	<i>Macronutrientes</i> .....	6
2.1.3.1.	<i>Nitrógeno</i> .....	6
2.1.3.2.	<i>Fósforo</i> .....	6
2.1.3.3.	<i>Potasio</i> .....	7
2.1.4.	<i>Micronutrientes</i> .....	7
2.1.4.1.	<i>Calcio</i> .....	7
2.1.4.2.	<i>Magnesio</i> .....	7
2.1.4.3.	<i>Boro</i> .....	8

2.1.4.4.	<i>Azufre</i> .....	8
2.1.4.5.	<i>Hierro</i> .....	8
2.1.4.6.	<i>Zinc</i> .....	8
2.1.5.	<b><i>Microorganismos</i></b> .....	9
2.1.5.1.	<i>Hongos</i> .....	9
2.1.5.2.	<i>Bacterias</i> .....	9
2.1.5.3.	<i>Actinomicetos</i> .....	9
2.1.6.	<b><i>La semilla</i></b> .....	9
2.1.7.	<b><i>Germinación</i></b> .....	10
2.1.8.	<b><i>Tipos de germinación</i></b> .....	11
2.1.9.	<b><i>Los procesos fisiológicos</i></b> .....	11
2.1.10.	<b><i>Especies vegetales</i></b> .....	12
2.1.10.1.	<b><i>Lechuga (Lactuca saliva L)</i></b> .....	12
2.1.10.2.	<b><i>Rábano (Raphanus sativus L.)</i></b> .....	14
2.2.	<b>Base conceptual</b> .....	16
2.2.1.	<b><i>Fertilizante</i></b> .....	16
2.2.2.	<b><i>Condiciones controladas</i></b> .....	16
2.2.3.	<b><i>Fertilizante líquido</i></b> .....	16
2.2.4.	<b><i>Fertilizante sólido</i></b> .....	16
2.3.	<b>Base legal</b> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	18
3.1.	<b>Lugar de estudio</b> .....	18
3.1.1.	<b><i>Ubicación</i></b> .....	18
3.1.2.	<b><i>Límites del área de estudio</i></b> .....	18
3.1.3.	<b><i>Condiciones climáticas</i></b> .....	19
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	19
3.3.	<b>Diseño de investigación</b> .....	19
3.4.	<b>Hipótesis</b> .....	20
3.4.1.	<b><i>Hipótesis general</i></b> .....	20
3.4.2.	<b><i>Hipótesis nula</i></b> .....	20
3.4.3.	<b><i>Hipótesis alternativa</i></b> .....	20
3.5.	<b>Variables</b> .....	20
3.5.1.	<b><i>Variable dependiente</i></b> .....	20

3.5.2.	<i>Variable independiente</i> .....	20
3.6.	<b>Técnica de recolección de datos</b> .....	20
3.7.	<b>Población de estudio</b> .....	21
3.8.	<b>Fase de campo</b> .....	21
3.9.	<b>Elaboración del fertilizante orgánico</b> .....	21
3.10.	<b>Dilución del fertilizante químico (16-48-00)</b> .....	22
3.11.	<b>Combinación de fertilizante orgánico de estiércol de vicuña y el fertilizante químico (16-48-00)</b> .....	22
3.12.	<b>Obtención de microorganismos a partir de biofertilizante en medios de cultivo</b> .....	23
3.12.1.	<i>Preparación de medios de cultivo</i> .....	23
3.12.2.	<i>Estriado en caja Petri con medios de cultivo</i> .....	24
3.13.	<b>Germinación de semillas</b> .....	24
3.13.1.	<i>Germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)</i> .....	24
3.13.2.	<i>Germinación de semillas de rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>)</i> .....	25
3.14.	<b>Inoculación de las semillas</b> .....	25
3.14.1.	<i>Inoculación de las semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) en la caja petri con cultivo agar nutritivo con diferentes dosis (25%,50% y 75%) del fertilizante orgánico combinado</i> .....	25
3.14.2.	<i>Inoculación de las semillas de rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>) en la caja petri con cultivo agar nutritivo con diferentes dosis (25%,50% y 75%) del fertilizante orgánico combinado</i> .....	25
3.15.	<b>Obtención de cultivos puros a partir de biofertilizante en cajas Petri y agar inclinado en tubos de ensayo</b> .....	26
3.15.1.	<i>Siembra en cajas petri</i> .....	26
3.15.2.	<i>Siembra en tubos de ensayo</i> .....	26
3.16.	<b>Determinación de propiedades fisicoquímicas del biofertilizante</b> .....	27
3.16.1.	<i>pH</i> .....	27
3.16.2.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	27
3.16.3.	<i>Densidad</i> .....	27
3.16.4.	<i>Humedad</i> .....	28
3.16.5.	<i>Micronutrientes</i> .....	28
3.16.6.	<i>Materia Orgánica</i> .....	29
3.16.7.	<i>Carbono orgánico total y relación C/N</i> .....	29
3.16.8.	<i>Nitrógeno total</i> .....	29
3.16.9.	<i>Fósforo total</i> .....	29

3.16.10.	<i>Potasio total</i> .....	30
3.17.	<b>Determinación de las propiedades microbiológicas del biofertilizante</b> .....	30
3.17.1.	<i>Técnica de dilución seriada para obtención de UFC</i> .....	30
3.17.2.	<i>Conteo de UFC</i> .....	30
3.17.3.	<i>Unidades formadoras de colonias</i> .....	31
3.17.4.	<i>Extracción de ADN y Secuenciación NGS Metagenómica Amplificación</i> .....	31
3.17.5.	<i>Relación costo/beneficio</i> .....	32

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	33
4.1.	<b>Determinación de propiedades fisicoquímicas del biofertilizante</b> .....	33
4.2.	<b>Caracterización microbiológica del biofertilizante</b> .....	34
4.2.1.	<i>Bacterias</i> .....	34
4.2.2.	<i>Hongos</i> .....	42
4.3.	<b>Cuantificación de las UFC del biofertilizante presentes en agar nutritivo (AN) en dilución <math>10^{-4}</math></b> .....	49
4.4.	<b>Determinación de UFC del biofertilizante presentes en agar nutritivo (AN) en dilución <math>10^{-5}</math></b> .....	49
4.5.	<b>Análisis estadístico inferencial sobre altura de tallo, longitud de la raíz, peso seco y peso fresco de la lechuga y el rábano</b> .....	50
4.5.1.	<i>Altura del tallo de la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los 12 días después de la siembra</i> .....	51
4.5.2.	<i>Longitud de la raíz de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los 12 días después de la siembra</i> .....	52
4.5.3.	<i>Peso fresco de la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los 12 días después de la siembra</i> .....	53
4.5.4.	<i>Peso seco de la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los 12 días después de la siembra</i> ..	54
4.5.5.	<i>Optimización del tratamiento de biofertilizante combinado mediante el diseño de Box-Behnken</i> .....	55
4.5.5.1.	<i>Altura de la lechuga</i> .....	55
4.5.5.2.	<i>Longitud de la raíz de la lechuga</i> .....	57
4.5.6.	<i>Altura del tallo del rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>) a los 8 días después de la siembra</i> .....	59
4.5.7.	<i>Longitud de la raíz del rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>) a los 8 días después de la siembra</i> .....	60
4.5.8.	<i>Peso fresco del rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>) a los 8 días después de la siembra</i> ..	61

4.5.9.	<i>Peso seco del rábano (Raphanus sativus L.) a los 8 días después de la siembra ...</i>	62
4.5.10.	<i>Optimización de un mejor tratamiento de fertilizante mediante por diseño de Box- Behnken en los rábanos .....</i>	63
4.5.10.1.	<i>Altura de los rábanos .....</i>	63
4.5.10.2.	<i>Longitud de la raíz de los rábanos.....</i>	65
4.6.	<b>Análisis económico .....</b>	66

## **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....</b>	71
5.1.	<b>Conclusiones .....</b>	71
5.2.	<b>Recomendaciones .....</b>	71

<b>GLOSARIO .....</b>	72
-----------------------	----

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación taxonómica de la lechuga.....	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Clasificación taxonómica del rábano .....	14
<b>Tabla 2-3:</b>	Tolerancia mínima y máxima de cada nutriente .....	17
<b>Tabla 2-4:</b>	Tolerancia mínima y máxima de macronutrientes y micronutrientes .....	17
<b>Tabla 3-1:</b>	Cantidad de fertilizantes empleados en la producción del fertilizante combinado .....	23
<b>Tabla 4-1:</b>	Resultados de las propiedades fisicoquímicas del fertilizante de estiércol de vicuña .....	33
<b>Tabla 4-2:</b>	Información sobre muestras de bacterias .....	34
<b>Tabla 4-3:</b>	Estadísticas de clasificación.....	34
<b>Tabla 4-4:</b>	Clasificación de bacterias por reinos .....	35
<b>Tabla 4-5:</b>	Clasificación de bacterias por filos .....	36
<b>Tabla 4-6:</b>	Clasificación de bacterias por clases.....	37
<b>Tabla 4-7:</b>	Clasificación de bacterias por orden .....	38
<b>Tabla 4-8:</b>	Clasificación de bacterias por familias .....	39
<b>Tabla 4-9:</b>	Clasificación de bacterias por géneros.....	40
<b>Tabla 4-10:</b>	Clasificación de bacterias por especies.....	41
<b>Tabla 4-11:</b>	Informe sobre muestras de hongos.....	42
<b>Tabla 4-12:</b>	Estadísticas de clasificación.....	42
<b>Tabla 4-13:</b>	Clasificación de hongos por reinos .....	43
<b>Tabla 4-14:</b>	Clasificación de hongos por filos.....	44
<b>Tabla 4-15:</b>	Clasificación de hongos por clases .....	44
<b>Tabla 4-16:</b>	Clasificación de hongos por orden.....	45
<b>Tabla 4-17:</b>	Clasificación de hongos por familias .....	46
<b>Tabla 4-18:</b>	Clasificación de hongos por géneros .....	47
<b>Tabla 4-19:</b>	Clasificación de hongos por especies.....	48
<b>Tabla 4-20:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para la altura del tallo de la lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado.....	51
<b>Tabla 4-21:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de la raíz de lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado.....	52
<b>Tabla 4-22:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para el peso fresco de la lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	53

<b>Tabla 4-23:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para el peso seco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado.....	54
<b>Tabla 4-24:</b>	Regresión de la dosis y tiempo de medición de las lechugas según la altura de la lechuga.....	56
<b>Tabla 4-25:</b>	Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de las lechugas .....	56
<b>Tabla 4-26:</b>	Regresión de la dosis y tiempo de medición de las plantas según la longitud de la raíz de la lechuga .....	57
<b>Tabla 4-27:</b>	Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de las lechugas .....	58
<b>Tabla 4-28:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para la altura del tallo del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado.....	59
<b>Tabla 4-29:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de la raíz del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado.....	60
<b>Tabla 4-30:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para el peso fresco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	61
<b>Tabla 4-31:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para el peso seco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	62
<b>Tabla 4-32:</b>	Regresión de la dosis y tiempo de medición de los rábanos según la altura.....	64
<b>Tabla 4-33:</b>	Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de los rábanos	64
<b>Tabla 4-34:</b>	Regresión de la dosis y tiempo de medición de las plantas según la longitud de la raíz de los rábanos.....	65
<b>Tabla 4-35:</b>	Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de los rábanos	66
<b>Tabla 4-36:</b>	Análisis económico de fertilizante orgánico .....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Características de la semilla y hojas .....	10
<b>Ilustración 2-2:</b>	Tipos de germinación .....	11
<b>Ilustración 3-1:</b>	Ubicación geográfica de la reserva faunística de Chimborazo (Zona de estudio San Juan) .....	18
<b>Ilustración 3-2:</b>	Diagrama de flujo de la elaboración del fertilizante orgánico por el método JADAM .....	22
<b>Ilustración 4-1:</b>	Clasificación de bacterias por nivel taxonómico .....	35
<b>Ilustración 4-2:</b>	Clasificación de bacterias por reinos .....	36
<b>Ilustración 4-3:</b>	Clasificación de bacterias por filos.....	37
<b>Ilustración 4-4:</b>	Clasificación de bacterias por clases .....	38
<b>Ilustración 4-5:</b>	Clasificación de bacterias por orden.....	39
<b>Ilustración 4-6:</b>	Clasificación de bacterias por familia.....	40
<b>Ilustración 4-7:</b>	Clasificación de bacterias por géneros.....	41
<b>Ilustración 4-8:</b>	Clasificación de bacterias por especies.....	42
<b>Ilustración 4-9:</b>	Clasificación de hongos.....	43
<b>Ilustración 4-10:</b>	Clasificación de hongos por reinos.....	43
<b>Ilustración 4-11:</b>	Clasificación de hongos por filos.....	44
<b>Ilustración 4-12:</b>	Clasificación de hongos por clases .....	45
<b>Ilustración 4-13:</b>	Clasificación de hongos por orden.....	46
<b>Ilustración 4-14:</b>	Clasificación de hongos por familias.....	47
<b>Ilustración 4-15:</b>	Clasificación de hongos por géneros .....	48
<b>Ilustración 4-16:</b>	Clasificación de hongos por especies .....	49
<b>Ilustración 4-17:</b>	Presencia de UFC en agar nutritivo en dilución 10-4.....	49
<b>Ilustración 4-18:</b>	Presencia de UFC en agar nutritivo en dilución 10-4.....	50
<b>Ilustración 4-19:</b>	Efectos en la altura del tallo de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	51
<b>Ilustración 4-20:</b>	Efectos en la longitud de la raíz de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	52
<b>Ilustración 4-21:</b>	Efectos en el peso fresco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	54
<b>Ilustración 4-22:</b>	Efectos en el peso seco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	55

<b>Ilustración 4-23:</b>	Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la altura de las lechugas.....	57
<b>Ilustración 4-24:</b>	Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la longitud de la raíz.....	58
<b>Ilustración 4-25:</b>	Efectos en la altura del tallo del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	59
<b>Ilustración 4-26:</b>	Efecto en la longitud de la raíz del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	61
<b>Ilustración 4-27:</b>	Efecto en el peso fresco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	62
<b>Ilustración 4-28:</b>	Efectos en el peso seco del rábano a los días con diferentes dosis de biofertilizante combinado .....	63
<b>Ilustración 4-29:</b>	Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la altura de los rábanos.....	64
<b>Ilustración 4-30:</b>	Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la longitud de la raíz de los rábanos .....	66

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** TOMA DE MUESTRAS DE ESTIÉRCOL DE VICUÑA
- ANEXO B:** PRODUCCIÓN DEL BIOFERTILIZANTE – MÉTODO JADAM
- ANEXO C:** DETERMINACIÓN FÍSICO QUÍMICO EN EL LABORATORIO GIDAC – ESPOCH
- ANEXO D:** DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICO EN EL LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES – ESPOCH
- ANEXO E:** DILUCIÓN DE DAP 18-46-00
- ANEXO F:** DESARROLLO DE PLANTAS EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE RECURSOS NATURALES – ESPOCH
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación se llevó a cabo la evaluación del efecto de tres dosificaciones de biofertilizante con diferentes porcentajes de fertilizante orgánico a base de estiércol de vicuña y fertilizante químico (DAP 16-48-00) sobre el crecimiento de Rábano (*Raphanus sativus* L.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Se realizó una caracterización fisicoquímica del biofertilizante obtenido mediante el método JADAM priorizando los micro y macronutrientes. Los tratamientos evaluados fueron: FVD25%, FVD50% y FVD75 % y se incluyó el grupo de control para esto se utilizó un diseño completamente aleatorio. Se colocó 60 plantas por tratamiento; se evaluaron los siguientes parámetros: altura de la planta, longitud de raíz, peso fresco y peso seco. También se realizó un análisis económico aplicando la relación costo/beneficio. Se utilizó el método de dilución seriada para contabilizar UFC de hongos y bacterias en cajas Petri. La concentración de micro y macronutrientes cumplen la tolerancia establecida en la norma NTE INEN 211:98, el biofertilizante tiene una rica diversidad microbiológica, con bacterias y hongos filamentosos que desempeñan funciones cruciales para el crecimiento vegetal. La lechuga respondió positivamente a las dosis de biofertilizante combinado, siendo la dosis del 25% la óptima para su crecimiento y rendimiento. En cambio, el rábano muestra una respuesta más homogénea a las diferentes concentraciones. El análisis de beneficio/costo demostró la rentabilidad de los tratamientos con biofertilizante combinado, con una ganancia neta del 75%. El tratamiento FVD50% se destacó por su mayor rentabilidad, indicando que dosis más altas no necesariamente generan mayores ganancias netas.

**Palabras clave:** RABANO (*Raphanus sativus* L) >, <LECHUGA (*Lactuca sativa* L) >, <MÉTODO JADAM >, < BIOFERTILIZANTE>.



## SUMMARY

The increase in crop demand has driven the increasing use of high doses of chemical fertilizers, generating an over-reliance on agriculture and triggering various environmental problems. The present research evaluates the impact of a combined organic fertilizer on the growth of lettuce (*Lactuca sativa L.*) and radish (*Raphanus sativus L.*) in a controlled environment. The liquid fertilizer, based on the JADAM method from vicuña manure, was dosed in three combinations (FVD25%, FVD50%, and FVD75%) with different proportions of organic and chemical fertilizers (DAP 16-48-00) using a completely randomized design. Physicochemical characterization of the biofertilizer was conducted, prioritizing micro- and macronutrients and a microbiological characterization using the serial dilution method to quantify colony-forming units (CFUs) and metagenomic sequencing for fungi and bacteria. A total of 60 plants were evaluated for height, root length, fresh weight, and dry weight for each treatment. In addition, each treatment conducted an economic analysis based on the cost/benefit ratio. The results revealed that the biofertilizer exhibits microbiological diversity crucial for plant growth with a pH of 5.1 and micro- and macronutrient concentrations within the NTE INEN 211:98 normative limits. Lettuce responded positively, highlighting the FVD25% dose as optimal, while radish showed a homogeneous response to all concentrations. The benefit/cost analysis indicated that all three treatments are cost-effective, with a net gain representing a return of 75%. In conclusion, using this combined organic biofertilizer is beneficial for the growth of lettuce and radish, presenting a sustainable and profitable alternative in agriculture.

**Keywords:** < RADISH (*Raphanus sativus L.*)>, <LETTUCE (*Lactuca sativa L.*)>, < JADAM METHOD >, <BIOFERTILIZER, BENEFIT/COST ANALYSIS>



Lic. Edison Renato Ruiz López

CI: 0603957044

## INTRODUCCIÓN

En la última década, los fertilizantes orgánicos han adquirido relevancia como insumos de producción, con el propósito de incrementar las cosechas y reducir los costos de producción. Para lograr mayores rendimientos, la agricultura se basa en el uso de fertilizantes químicos minerales solubles. Sin embargo, el uso indiscriminado de este tipo de fertilizantes, en muchos casos han provocado eutrofización, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, aire, degradación del suelo, ecosistemas, alteración de la biodiversidad y mayores costos de producción.

Por otra parte, los fertilizantes orgánicos proceden de varias fuentes, como los estiércoles, poseen adicionalmente otras cualidades, como el de mejorar la estructura del suelo, pH, retención de agua y como fuente de microorganismos benéficos, los cuales al ser incorporados al suelo facilitan la solubilidad y absorción de nutrientes por la planta, así como la estimulación del crecimiento a través de la producción de compuestos reguladores de crecimiento y la sanidad de las especies vegetales.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el uso de un biofertilizante líquido a base de estiércol de vicuña y un fertilizante químico (18-46-00), en el desarrollo de especies vegetales (lechuga, *lactuca sativa L* y rábano *Raphanus sativus*).

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

Los nutrientes que las plantas absorben del suelo se dividen en dos categorías: a) macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios, b) micronutrientes o microelementos. Las plantas requieren grandes cantidades de macronutrientes, los nutrientes primarios son el nitrógeno, fósforo y potasio y los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio (World Fertilizer Manual, 1992, pág.1).

Los nutrientes que necesitan las plantas provienen del aire y del suelo. Los cultivos crecen mejor y producen mayor rendimiento si el suministro de nutrientes es adecuado. Sin embargo, si uno solo de los nutrientes es escaso, se limita el crecimiento de la planta y se reduce los rendimientos de cultivos. Por lo tanto, para lograr altos rendimientos, se necesitan fertilizantes para promover el crecimiento de cultivos que son deficientes en nutrientes del suelo (World Fertilizer Manual, 1992, pág.1).

La agricultura ha tenido un impacto ambiental negativo. Lo primero que se realiza para poder cultivar es deforestar, creando nuevos ecosistemas. Estos agroecosistemas crean nuevas adaptaciones a la biodiversidad, haciendo que la agricultura sea una fuente de recursos económicos. El desequilibrio empieza desde la industrialización de la agricultura, que se basa en nuevas técnicas en el uso excesivo de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y la manipulación genética de las plantas (Ibáñez, 2014, pág. 6).

El incremento de la producción agrícola ha causado un desgaste medioambiental innecesario y una tasa de contaminación insostenible. Además de la baja calidad de alimentos producidos y problemas de salud por plantas transgénicas. A largo plazo el uso de fertilizantes químicos ha generado una disminución en la productividad, un incremento en el coste energético por la pérdida de la fertilidad y el aumento de la erosión de los suelos (Ochoa et al., 2018, pág. 5).

La química ha avanzado lo suficiente para conocer que minerales son esenciales para planta, sin tener ningún efecto negativo en sus funciones vitales. En 1860 Sachs agrego cantidades conocidas de sales minerales específicas en agua pura y después sembró plantas en las soluciones nutritivas minerales que había preparado. Las plantas se desarrollaron de una manera significativa al ser

colocadas en una solución compuesta de cuatro sales: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato de potasio y sulfatos (Ibáñez, 2014, pág. 2).

## **1.2. Planteamiento del problema**

La demanda de cultivos ha aumentado la producción y el uso de fertilizantes químicos. Para lograr mayores rendimientos, la agricultura se basa en el uso excesivo de estos fertilizantes. Sin embargo, la sobreexposición a este tipo de fertilizantes ha producido eutrofización, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, aire, degradación del suelo y ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad.

Por otra parte, los abonos orgánicos proceden de varias fuentes, como los estiércoles, que poseen adicionalmente otras cualidades, como el de mejorar la estructura del suelo, pH, retención de agua y como fuente de microorganismos benéficos, los cuales al ser incorporados al suelo facilitan la solubilidad y adsorción de los nutrientes por la planta, así como la estimulación del crecimiento a través de la producción de compuestos reguladores de crecimiento y la sanidad de las plantas.

## **1.3. Justificación**

Las hortalizas constituyen un alimento importante en la dieta humana. Entre las hortalizas de uso más frecuentes se registran a la lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rábano (*Raphanus sativus L.*)

Con el propósito de incrementar las cosechas y disminuir los costos de producción, basados en los fertilizantes de origen químico y orgánico que sean amigables con el medio ambiente de fácil acceso.

En el mercado se dispone de varios fertilizantes de síntesis química, sin embargo, el incremento de su precio obliga a elevar el precio de los productos en el mercado. Por lo que, se espera que la aplicación de un fertilizante líquido a base de estiércol de vicuña en combinación con un fertilizante de síntesis química en dosis menores a las recomendadas, sea una opción potencialmente beneficiosa, ya que puede reducir la dependencia en los fertilizantes químicos convencionales.

Esta investigación ayudará a determinar el efecto de la aplicación de un fertilizante líquido a base de estiércol de vicuña en combinación con un fertilizante convencional sobre el desarrollo de 2 hortalizas. El trabajo articulado y colaborativo entre las facultades de Ciencias y Recursos

Naturales se evidenciará en la dotación de materiales, equipos y reactivos necesarios, además del responsable del trabajo de integración curricular.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Evaluar el efecto de un fertilizante orgánico combinado en el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo entorno controlado.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del fertilizante líquido a base de estiércol de vicuña
- Determinar la dosis óptima del fertilizante líquido a base de estiércol de vicuña y el fertilizante químico (16-48-00) para obtener el máximo rendimiento en el desarrollo de plantas de lechuga y rábano
- Realizar un análisis económico de fertilizante orgánico combinado, considerando los costos de adquisición, aplicación y potenciales beneficios

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Bases teóricas

##### 2.1.1. *Fertilizantes químicos*

Materia o sustancia con un contenido apreciable de uno o varios elementos nutritivos en forma asimilable para los cultivos, debe contener al menos uno de los tres elementos principales: N, P y K. proviene de una variedad de fuentes, varios de ellos son minerales (Finck, 1988, pág.9).

Los fertilizantes sintéticos son absorbidos de manera ineficiente por los cultivos ( $\leq 50\%$ ), los fertilizantes no absorbidos por las plantas pueden causar efectos ambientales negativos, tal como contaminación de mantos acuíferos, eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Armenta et al. 2010, pág. 2).

##### 2.1.1.1. *Fosfato de amonio (DAP) 18-46-0*

El fosfato de diamonio es un fertilizante complejo que puede ser aplicado solo o combinado, con formula química  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , su composición química posee un 18% de nitrógeno total, 46% de fósforo, siendo el fertilizante fosfórico más usado en el mundo. EL DAP es un fertilizante complejo granulado que se adapta a suelos con deficiencia altas de fosforo y medias de nitrógeno ideal para suelos de origen calcáreos o suelos alcalinos (FERTIMAX, 2019, pág. 5).

El DAP llega a ser compatible con la mayoría de los fertilizantes. Sin embargo, es incompatible con el Superfosfato Triple y Superfosfato Simple ya que genera una reacción húmeda y se apelmaza.

##### 2.1.2. *Fertilizante orgánico*

El significado de fertilizante orgánico es muy amplio, representado desde microorganismos, abonos verdes y estiércol, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, son productos que contienen microorganismos que luego de la inoculación puede colonizar la rizosfera o el interior de la planta y promuevan el crecimiento aumentando el suministro o la disponibilidad de nutrientes para la planta (Vessey, 2003, pág. 6).

Los fertilizantes orgánicos a base de estiércol son de suma importancia, por su eficiencia cuando se encuentra en estado maduro o fermentado, no se recomienda el uso de estiércol en estado fresco ya que quemaría la planta (Lalatta, 1988, pág 6).

#### *2.1.2.1. Fertilizante orgánico (Vicuña)*

El valor económico de los nutrientes que aporta el fertilizante se calcula según su aporte de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), teniendo el estiércol de vicuña un 65% de humedad, 3,62% de nitrógeno, 2% de fósforo y 1,31% de potasio (Bizzozero, 2006, pág. 5).

### **2.1.3. Macronutrientes**

Las plantas son seres vivos capaces de observar nutrientes del lugar donde se encuentran, también aprovechan la energía solar para transformarla en energía química, también requieren nutrientes minerales, dióxido de carbono y oxígeno de esta manera pueden desarrollarse y reproducirse. El contenido de macronutrientes oscila en el rango de 2-30 g kg<sup>-1</sup> (Flores, 2014, pág. 3).

#### *2.1.3.1. Nitrógeno*

El nitrógeno está relacionado con un gran número de funciones de las plantas. Llega a ser absorbido por la planta en forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Flores, 2014, pág. 13).

La deficiencia de este nutriente provoca el crecimiento atrofiado de las plantas, pérdida de color verde, coloración amarillenta en la punta de hojas, muerte prematura de las hojas inferiores mientras que las hojas superiores permanecen verdes (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 4).

#### *2.1.3.2. Fósforo*

Este nutriente está ligado al crecimiento y desarrollo de la planta, su absorción se incrementa al aumentar el pH porque disminuye la precipitación de los fosfatos de aluminio y calcio, se absorbe como HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Flores, 2014, pág. 5).

La deficiencia de este nutriente provoca hojas moradas y parduscas en puntas, crecimiento atrofiado en las plantas, lentitud al madurar, los frutos pueden desarrollarse deformes y granos poco saludables (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 2).

### 2.1.3.3. *Potasio*

Es un nutriente móvil en el tejido de la planta, y constituye del 1 al 5% de materia seca del tejido, se considera deficiente cuando su nivel es menor de 1,5% y en exceso cuando es mayor a 3%, es absorbido por la planta en forma de  $K^+$  (Flores, 2014, pág.7).

Su deficiencia provoca crecimiento atrofiado en plantas, las hojas poseen una decoloración en los bordes exteriores de las hojas, también llegan a ser pardusco y muerto (necrosis de bordes), los frutos llegan a ser pequeños y pueden tener lesiones o puntos dañados (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 5).

### 2.1.4. *Micronutrientes*

Los micronutrientes son esenciales para un correcto desarrollo de la planta. Cuando existe deficiencia de estos micronutrientes puede llegar a limitar el crecimiento de la planta y por ende afecta al fruto. Los micronutrientes se encuentran en concentraciones menores a 0,01%. Están involucradas en procesos osmóticos, pH, funciones estructurales, a excepción del boro. El contenido de micronutrientes oscila en el rango de 0,3-50  $mg\ kg^{-1}$  (Flores, 2014, pág. 8).

#### 2.1.4.1. *Calcio*

El calcio está relacionado con la función estructural, forma parte de las paredes y membranas, y su deficiencia se observa en las plantas jóvenes porque es un nutriente móvil, se absorbe en forma de  $Ca^{2+}$  (Flores, 2014, pág. 10).

La deficiencia provoca hojas de un color amarillento a negruzco y curvadas con manchas marrones, las plantas parecen marchitas y los frutos suelen estar podridos, la planta es débil ya que las raíces se encuentran mal formadas (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 9).

#### 2.1.4.2. *Magnesio*

Este ligado a la formación de clorofila es esencial en la fotosíntesis como catalizador en el crecimiento de la planta, se absorbe en forma de  $Mg^{2+}$  (Flores, 2014, pág. 13)

Un síntoma de su deficiencia es la clorosis en hojas jóvenes, enrollamiento foliar, amarillamiento de hojas, hojas frágiles y ramas débiles (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 4).

#### 2.1.4.3. *Boro*

Participa en diversos procesos celulares como el metabolismo de ácido nucleicos, división celular, síntesis de la pared celular, síntesis de proteínas. Su deficiencia se encuentra muy presente en las plantas y por el rango reducido entre deficiencia y toxicidad no se ha estudiado a profundidad este nutriente (Flores, 2014, pág. 8).

#### 2.1.4.4. *Azufre*

Necesaria para la síntesis de proteínas, el cual da color y sabor característico a algunas plantas. La deficiencia está relacionada con las hojas de tonalidad verde pálido o amarillo, crecimiento atrofiado en plantas, representa un 0,15% y 0,5% de materia seca y es absorbido por la planta como  $\text{SO}_4^{2-}$  (Flores, 2014, pág. 9).

#### 2.1.4.5. *Hierro*

Importante en la formación de la clorofila, en los fertilizantes se encuentran en forma de sulfato de hierro y quelatos. En el suelo se suele encontrar en forma de óxidos y ligado a moléculas orgánicas (Flores, 2014, pág. 10).

Su deficiencia es la principal causa de clorosis que es la coloración amarillenta causada por la falta de clorofila (World Fertilizer Manual, 1992, pág.7).

#### 2.1.4.6. *Zinc*

El zinc en la formación y funcionamiento de diversos sistemas enzimáticos y la transformación de carbohidratos se llega a absorber como  $\text{Zn}^{2+}$  o como quelato (Flores, 2014, pág. 11).

Su deficiencia provoca crecimiento atrofiado en plantas, franjas cloróticas (bandas blanquecinas), las hojas suelen tener un color verde olivo y verde grisáceo (World Fertilizer Manual, 1992, pág. 8).

### **2.1.5. Microorganismos**

#### **2.1.5.1. Hongos**

Los fertilizantes orgánicos con distintas materias primas pueden llegar a contener hongos beneficiosos como las micorrizas, que junto con las raíces de las plantas forman una asociación simbiótica para de esta manera mejorar la absorción de nutrientes. Sin embargo, también puede desarrollar hongos patógenos como el moho gris que causa enfermedades en la planta como raíces podridas (Leveau, 2009, pág. 5).

#### **2.1.5.2. Bacterias**

Las bacterias en los fertilizantes pueden ser benéficas como las rizobacterias que promueven el crecimiento de la planta, ya que ayudan en la solubilización de nutrientes, protección contra patógenos; o patógenas que pueden infectar las semillas y provocar la marchitez de la planta (Leveau, 2009, pág. 7).

#### **2.1.5.3. Actinomicetos**

Los actinomicetos presentes en los fertilizantes orgánicos tienen efectos benéficos en las plantas, pueden mejorar la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas y descomponen la materia orgánica. Además, tienen propiedades antimicrobianas que protegen a las plantas contra los patógenos (Franco, 2010, pág. 6).

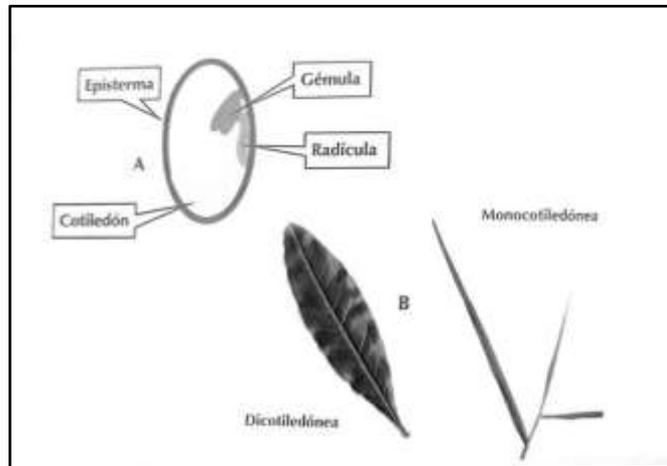
### **2.1.6. La semilla**

La semilla es el estado latente que dará origen a una futura planta. El cual está rodeado de una sustancia destinada a nutrirla durante la germinación, hasta que la planta sea autónoma y pueda nutrirse por sí misma (Ibáñez, 2014, pág. 2).

Las partes de una semilla son:

- Cotiledones (albumen). – sustancia nutritiva
- Episperma. – envoltura protectora dura e impermeable que protege a la semilla. Posee una pared exterior (testa) y una pared interna (tegumen)

Las semillas de las angiospermas puede ser monocotiledóneas y dicotiledóneas. Se pueden distinguir por la morfología de sus hojas ya que las “mono” poseen nervios paralelos y las “dico” tienen una nerviación normal (Ibáñez, 2014, pág. 7).



**Ilustración 2-1:** Características de la semilla y hojas

Fuente:(Ibáñez, 2014).

### 2.1.7. Germinación

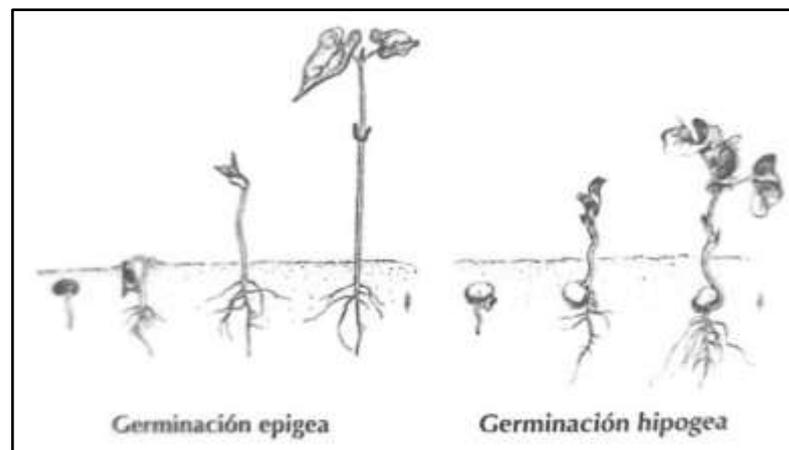
La semilla en estado latente reanuda su crecimiento originando una plántula (panta recién nacida). Se necesita condiciones y factores propias de la especie que favorezcan la germinación (Ibáñez, 2014, pág. 14)

- Poder de germinación. – capacidad que tiene la semilla latente en formar sus tejidos hasta que se den las condiciones de germinación, el poder germinativo disminuye con el tiempo
- El agua, humedad. -el agua ablanda la capa externa (Epistema) con la finalidad de que la semilla pueda germinar, también es necesaria para nutrir los cotiledones y estos puedan ser absorbidos por la futura plántula
- El aire, aireación. -al producirse la germinación se activa el proceso de respiración, ya que este proceso requiere liberar energía. Por tanto, la aireación del suelo es fundamental para que se desarrolle una correcta germinación
- Temperatura. – el frio retarda la germinación y el calor la acelera. Se debe tener en cuenta que cada especie vegetal tiene una temperatura mínima, optima y máxima para su germinación

### 2.1.8. Tipos de germinación

Las semillas tienen dos tipos diferentes de germinación

- Hipogea. – los cotiledones quedan enterrados en el suelo al germinar, se desarrolla primero la radícula hacia la tierra. Este proceso se observa cuando la gémula brota hacia arriba y se desarrollan las primeras hojas (Ibáñez, 2014, pág. 5).
- Epigea. – los cotiledones se desentierran al germinar, la semilla se levanta hasta la parte superior del tallo. Los cotiledones se colorean de verde, siendo estas sus primeras hojas falsas, estas se caen cuando ya está formado las primeras hojas (Ibáñez, 2014, pág. 6).



**Ilustración 2-2:** Tipos de germinación

Fuente: (Ibáñez, 2014).

### 2.1.9. Los procesos fisiológicos

Las plantas necesitan agua, porque este es el “disolvente” y transporte de los nutrientes minerales desde el suelo a través de los pelos radicales de las raíces (barbadas). Más del 90% de agua se pierde por evaporación, esta es la forma de regular la temperatura y también es necesario para la absorción de nutrientes, esto debido a que una cantidad considerable de agua evaporada provoca la succión de agua y con ella los nutrientes minerales que se encuentran disueltos en este. Si no existe suficiente agua la planta se marchita. Los factores reguladores de la transpiración son (Ibáñez, 2014, pág. 3):

- Temperatura. – la evaporación de agua aumenta con la temperatura
- Humedad. – cuando más húmedo está el aire, menor es la evaporación de agua
- Viento. – el viento seco roba el agua de la superficie foliar con mayor facilidad

### 2.1.10. Especies vegetales

#### 2.1.10.1. Lechuga (*Lactuca saliva* L)

##### Origen y distribución geográfica

La lechuga probablemente se originó entre Asia Menor y la cuenca del Mediterráneo, pero su domesticación probablemente tuvo lugar en el área del Mediterráneo oriental, posiblemente en la región del Tigris-Éufrates. Se cree que Cristóbal Colón introdujo esta legumbre en el Nuevo Mundo durante su segundo viaje, específicamente en la isla Isabella en 1494. En los siguientes 400 años de su introducción en América, se han desarrollado y cultivado muchos tipos y formas de lechuga en todo el mundo (Saavedra et al., 2017, pág. 4 ).

##### Taxonomía

**Tabla 2-1:** Clasificación taxonómica de la lechuga

Reino:	Plantae
Sub-reino:	<i>Tracheobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase:	<i>Asteridae</i>
Orden:	<i>Asterales</i>
Familia:	<i>Asteraceae</i>
Género:	<i>Lactuca</i> L.
Especie:	<i>Lactuca sativa</i> L.

Fuente: (Muñoz, 2018).

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la Tabla 1-1 se especifica la clasificación taxonómica de la lechuga (*lactuca sativa* L.)

##### Morfología

La lechuga es una planta herbácea y anual. Su órgano comestible son sus hojas que pueden tener un borde liso, ondulado o aserrado, al principio, las hojas están desplegadas en forma de rosetas y durante su desarrollo se acogolla (Tejada, 2022, pág. 2).

Las hojas pueden ser ovales, oblongas, brillantes y opacas, dependiendo del tipo y variedad. Por el color pueden ser amarillentas, verde claro, verde oscuro, rojiza y purpura (Granval y Gaviola, 2011, pág. 6).

Raíz larga carnosos, espinoso, poco ramificado, profundidad máxima de 60 cm, tienen numerosas raíces laterales que se encuentran cerca de la superficie; por lo tanto, la absorción de nutrientes y agua tienen lugar en la capa superior del suelo (Saavedra et al., 2017, pág. 7). Tallo corto, cilíndrico y no se ramifica, planta casi acaule (Tejada, 2022, pág. 3).

### **Requerimiento ecológico**

#### **- Suelo**

Los suelos preferidos para sembrar lechuga deben tener un alto contenido en materia orgánica, ligeros, arenoso-limosos, buen drenaje, con un nivel de pH óptimo entre 6,7 y 7,4 (Salinas, 2013, pág. 5).

Las características recomendadas del suelo con contenido de materia orgánica 2,5 - 3 %, nitrógeno total 0,2 - 0,4 %, relación C/N 10%, nitratos 200 -250 ppm, fósforo 80 - 100 ppm, calcio 15 mEq / 100 g, potasio 1,5 mEq / 100 g, magnesio 2 mEq / 100 g y sodio 0,75 mEq / 100 g (Medina, 2017, pág. 6).

#### **- Clima**

Los sitios de cultivo se ubican entre los 1800 y 2800 m.s.n.m, en zonas con una humedad relativa de 60 - 70%, y corriente de vientos débiles. Su color, sabor y textura dependen de la luz solar y requieren unas 12 horas de luz. Durante su crecimiento, la temperatura óptima durante el día es de 10 - 20 °C y 5 - 8 °C por la noche (Muñoz, 2018, pág. 4).

### **Fertilización de lechuga**

La dosis recomendada de NPK es de 120 - 150 Kg / ha, el fertilizante nitrogenado se divide dos por lo que el 50% restante se aplicará 30 días después del trasplante. La aplicación de la materia orgánica es de 120 t / ha de materia orgánica antes del transporte (Maroto, 1983, pág. 7).

Los nutrientes se absorben en la formación de la cabeza de un 60 - 65% y se debe suspender antes de la semana de recolección.

### 2.1.10.2. Rábano (*Raphanus sativus* L.)

#### Origen y distribución geográfica

El rábano no tiene un origen determinado, sin embargo, varios tipos de rábanos pequeños crecen en la región mediterránea y en regiones como Japón o China crecen rábanos grandes. En antiguas inscripciones en las pirámides de Egipto 2000 años a.C., ya se hace referencia a su uso en la rama culinaria (InfoAgro, 2011, pág. 10).

En Ecuador se cree que el rábano fue introducido con la llegada de los españoles en 1492 y llegó a ser cultivado por sus bastas propiedades medicinales y nutritivas.

#### Taxonomía

**Tabla 2-2:** Clasificación taxonómica del rábano

Reino:	Plantae
División:	<i>Tracheophyta</i>
Clase:	<i>Angiospermae</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Brassicaceae</i>
Género:	<i>Raphanus</i> L.
Especie:	<i>Raphanus sativus</i> L.

Fuente: (InfoAgro, 2011).

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la Tabla 1-2 se desglosa la clasificación taxonómica del rábano (*Raphanus sativus* L.)

#### Morfología

El rábano es una hortaliza que forma un tubérculo comestible compuesto por un tallo carnoso que se une con la raíz, el tubérculo es globoso, posee hojas con bordes dentados de textura áspera y de una coloración verde intensa, posee flores con pétalos blancos o púrpura violácea y se agrupan en racimos (Infoagro, 2011, pág. 3).

El fruto posee una longitud de 3 - 10 cm de longitud, esponjado y con un pico largo, su coloración suele ser blanco, carmesí y carmesí amarillento. Las semillas son redondeadas y de color marrón

rojizo. Posee un ciclo vegetativo de 75 días y los tubérculos se forman en un periodo de 3 a 5 semanas (Illescas et al., 2008, pág. 1-221).

### **Requerimientos ecológicos**

#### **- Suelo**

Los suelos ligeros y sueltos con buen drenaje, es decir, suelos arenosos o limosos sin ideales por su alta retención de humedad, el pH debe oscilar entre 6 - 7, el rábano debe disponer de los nutrientes necesarios para su correcto desarrollo (Baroja et al., 2014, págs. 1-288).

El suelo debe poseer características recomendadas como un 2-3% de materia orgánica, 0,05 - 0,15% de nitrógeno total, un 20:1 en relación C/N, <50 ppm en nitratos, 30 - 50 ppm de fósforo y el contenido de micronutrientes como el sodio, deben mantenerse en niveles bajos ya que en altas concentraciones puede afectar la calidad del rábano (Julca, 2006, págs. 1-13).

#### **- Clima**

El rábano se desarrolla en la región interandina, situado entre 3000 - 3500 m.s.n.m. Los sitios ideales para cultivar el rábano deben estar acondicionados para tener un buen acceso a luz solar durante el día. Se recomienda un mínimo de 6 horas de luz solar para un correcto desarrollo. Las temperaturas diurnas deben oscilar los 20 °C y 10 °C las nocturnas. La precipitación ideal está en el rango de 25 - 50 mm por semana (Ruiz et al., 2013, págs. 1-578).

### **Fertilización de rábano**

La dosis recomendada varía de acuerdo con las características de los suelos, sin embargo, se llega a recomendar que la dosis de NPK 20 - 40 kg / ha, para un correcto desarrollo de las hojas y las raíces del rábano (Palma, 2019, págs. 1-168).

La absorción de una fertilizante ronda los 30 - 50 %, esto puede ser debido al pH del suelo, disponibilidad de agua y la presencia de microorganismos benéficos (Intagri, 2019, págs. 1).

## **2.2. Base conceptual**

### **2.2.1. Fertilizante**

Un fertilizante es una sustancia que se dosifica en el suelo para proporcionar nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Los nutrientes principales son el nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) y nutrientes secundarios son el magnesio, calcio, boro, hierro y azufre; los cuales son nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de las plantas (Sembralia, 2020, pág 1).

Tienen diferentes formas, como polvo, gránulos, líquidos y su uso inadecuado puede ocasionar efectos negativos como la contaminación de agua y la acumulación de nutrientes en el suelo (Rodríguez et al., 2019, 1-144).

### **2.2.2. Condiciones controladas**

El cultivo de plantas bajo condiciones controladas implica establecer un entorno experimental en el cual se logre regular los factores ambientales como la temperatura, humedad e iluminación para que los resultados sean más precisos y reproducibles; esto permite minimizar la influencia de factores externos y maximizar la capacidad de evaluar los efectos de variables específicas en un experimento (Canna, 2018, pág. 1).

### **2.2.3. Fertilizante líquido**

Son fertilizantes que se presentan en forma líquida, generalmente en soluciones concentradas, los nutrientes están disponibles de inmediato para las plantas, se absorben rápidamente a través de las raíces (Zschimerr y Schwarz, 2021, pág. 1).

### **2.2.4. Fertilizante sólido**

Son fertilizantes en forma de gránulos, cristales o polvo, antes de su aplicación deben disolverse antes de ser dosificados para las plantas, la absorción de los nutrientes es un proceso lento, ya que las partículas sólidas deben descomponerse gradualmente por acción del agua (World Fertilizer Manual, 1992, 1-83).

## **2.3. Base legal**

Según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 211:98, que define la tolerancia mínima y máximas permitidas en el grado garantizado de los fertilizantes o abonos (NTE INEN, 1993, pág. 1-10).

**Tabla 2-3:** Tolerancia mínima y máxima de cada nutriente

NUTRIENTE GARANTIZADO %	Tolerancia mínima y máxima	
	(4 ó menos)	(32 ó más)
Nitrógeno total (N)	0.49	0.88
Fosforo asimilable ( $P_2O_5$ )	0.67	1.25
Potasio soluble ( $K_2O$ )	0.41	1.44

Fuente: (NTE INEN, 1993).

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 1-3 Se detalla la tolerancia mínima y máxima de cada nutriente en fertilizantes

**Tabla 2-4:** Tolerancia mínima y máxima de macronutrientes y micronutrientes

NUTRIENTE GARANTIZADO %	Fertilizante liquido	
	Tolerancia mínima	Tolerancia máxima
CaO	0.07	0.28
MgO	0.083	0.33
S	0.05	0.2
Mo	0.0001	0.3
Cl, Cu, Fe, Mn, Na, Zn	0.005	0.1
B	0.003	0.15

Fuente: (NTE INEN, 1993).

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 1-4 se detalla la tolerancia mínima y máxima de macronutrientes y micronutrientes en fertilizantes.

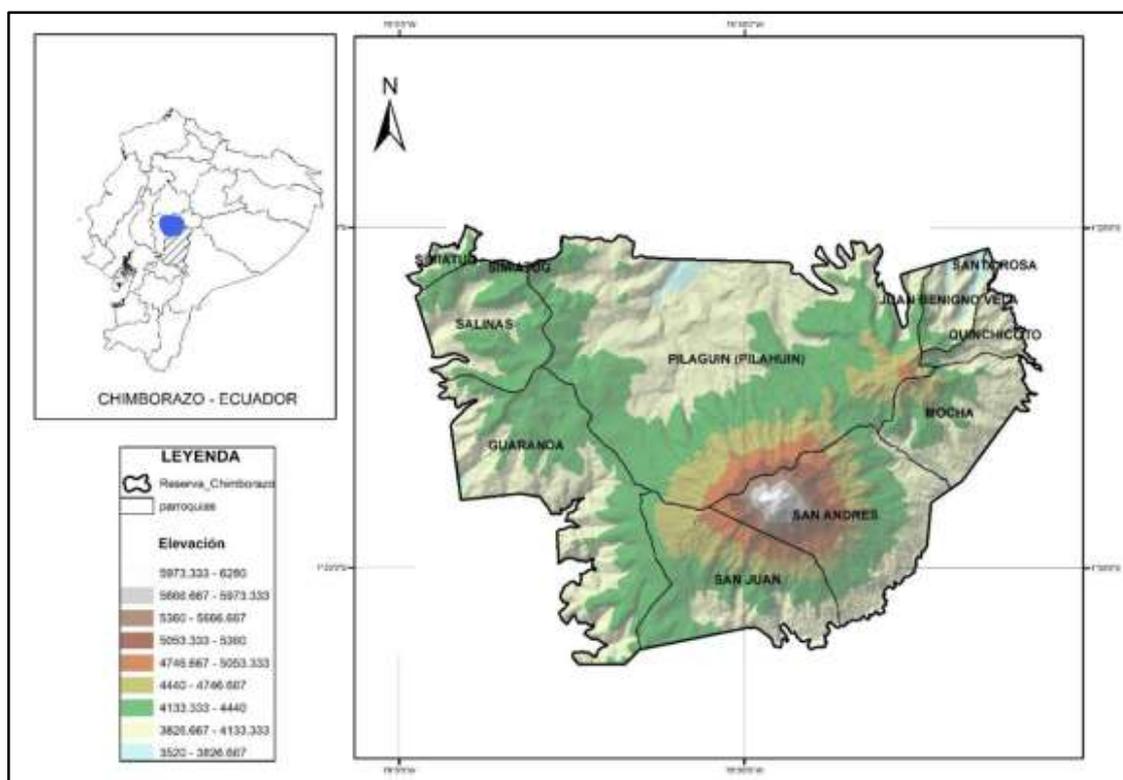
## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Lugar de estudio

##### 3.1.1. Ubicación

La zona de estudio se encuentra en la Reserva Faunística de Chimborazo, la cual se encuentra ubicada entre las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar. La Zona principal para la recolección de muestra se encontrado en el cantón Riobamba en la parroquia San Juan (superficie 5.018 ha)



**Ilustración 3-1:**Ubicación geográfica de la reserva faunística de Chimborazo (Zona de estudio San Juan)

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

##### 3.1.2. Límites del área de estudio

Los límites de la Reserva Faunística de Chimborazo son:

**Norte:** Tungurahua

**Oeste:** Bolívar

**Noroeste:** Chimborazo

### **3.1.3. Condiciones climáticas**

El clima predominante dentro de la Reserva de producción de fauna de Chimborazo es el frío andino caracterizado por temperaturas desde los 0 °C a los 10 °C, esto influenciado por la variación de altitud

### **3.2. Tipo de investigación**

El estudio realizado para la carnetización fisicoquímica y microbiológica abarcó una serie de pruebas que abordaron aspectos clave como el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, humedad y la presencia de macro y micronutrientes. Además, se llevó a cabo un conteo y caracterización morfológica de los microorganismos presentes en el fertilizante orgánico. Los resultados obtenidos, fueron comparados con fuentes bibliográficas lo que nos permitió obtener conclusiones verídicas acerca de las propiedades del estiércol de la vicuña.

Este estudio busca determinar los posibles efectos del fertilizante orgánico sobre el suelo y los cultivos, comparando sus características con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN. Se puede destacar que las condiciones específicas en el momento de la recolección de datos nos proporcionasen una visión más amplia de la variabilidad del estiércol de la vicuña

### **3.3. Diseño de investigación**

Para solventar los objetivos del proyecto se aplicó un Diseño Completamente Aleatorio para datos balanceados (mismo tamaño de muestra por concentración de biofertilizante estudiada y para el grupo control), el cual corresponde a un análisis de comparación de muestras sustentado en el comportamiento o ley de probabilidad de los datos, donde no se aplicó un enfoque estadístico paramétrico (ANOVAs para la comparación entre muestras) debido a la carencia de distribución normal en los datos; por el contrario, en los datos de las muestras recopiladas se procedió a desarrollar análisis estadísticos no paramétricos, donde se aplicaron pruebas de Kruskal Wallis y U de Man-Whitney, las cuales se basan en estadísticos robustos que tienen poca afectación ante valores no normales y atípicos.

### **3.4. Hipótesis**

#### **3.4.1. *Hipótesis general***

El fertilizante combinado tiene un efecto significativo en el desarrollo de lechuga y rábano cuando se cultiva bajo condiciones controladas.

#### **3.4.2. *Hipótesis nula***

El fertilizante orgánico combinado no ejerce un efecto positivo en el desarrollo de lechuga y rábano bajo condiciones controladas.

#### **3.4.3. *Hipótesis alternativa***

El fertilizante orgánico combinado ejerce un efecto positivo en el desarrollo de lechuga y rábano bajo condiciones controladas.

### **3.5. Variables**

#### **3.5.1. *Variable dependiente***

Desarrollo de especies vegetales (lechuga y rábano)

#### **3.5.2. *Variable independiente***

Fertilizante orgánico combinado (DAP y fertilizante a base de estiércol de vicuña)

### **3.6. Técnica de recolección de datos**

Para identificar los estercoleros en la zona de estudio se consideraron los siguientes puntos.

- La presencia del crecimiento de un tipo de ortiga de paramo se interpretó como un indicio de que el estiércol de vicuña podría tener propiedades beneficiosas para la agricultura
- Se tomo en consideración una zona geográfica, de la cual se seleccionaron al azar varios estercoleros y se agruparon las muestras de estiércol

### **3.7. Población de estudio**

La población de estudio fue el estiércol de las vicuñas recolectado de la Reserva Faunística de Chimborazo. La población de estudio será finita pues se hizo la recolección de muestras, mismas fueron la materia prima del fertilizante orgánico

### **3.8. Fase de campo**

Se recolecto alrededor de 50 a 100 gramos de estiércol de vicuña de diferentes zonas de la Reserva de Producción y Fauna del Chimborazo perteneciente a la parroquia rural San Juan del cantón Riobamba, en la provincia de Chimborazo, en el Ecuador. Una característica importante que se tomó en cuenta al recolectar el estiércol de vicuña fue el estado de la materia orgánica (estiércol). El siguiente paso fue eliminar las impurezas como la ortiga silvestre que se encuentran en el lugar donde se encontraba el estiércol de vicuña, para finalizar se recogió con materiales esterilizados y empacado correctamente en fundas Ziploc para no presentar pérdida de dióxido de carbono por evaporación y así poder trasladarlo al laboratorio del Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC).

Las muestras de estiércol de vicuña depositadas en fundas de sello hermético Ziploc fueron colocadas en bandejas de aluminio identificando las muestras que están frescas y secas. Se secaron por un periodo de 96 horas al aire libre con la finalidad de escoger las mejores muestras.

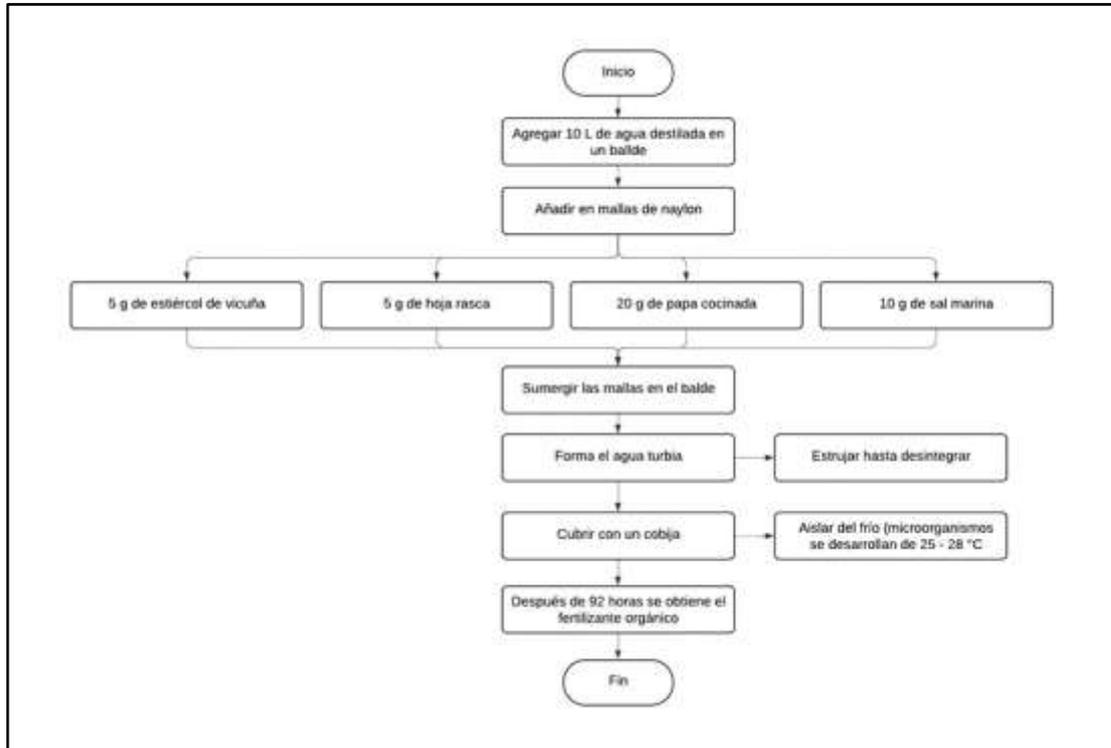
### **3.9. Elaboración del fertilizante orgánico**

Para la elaboración del fertilizante orgánico líquido de vicuña se empleó el método Jadam, la cual consiste en utilizar material orgánico, que sea accesible y que genere un producto de bajo costo, fácil aplicación haciendo referencia a una agricultura ecológica.

Para la obtención de fertilizante orgánico líquido se realiza el siguiente proceso:

- Se agregó a un balde de plástico 10 L de agua destilada de preferencia.
- Se añadió 5 g de hojarasca fresca y 5 g de estiércol de vicuña en una malla nylon.
- Se añadió 20 g de papa cocinada en una malla nylon distinta.
- Se añadió 10 g de sal marina en balde de plástico que contiene el agua destilada.
- Se sumergió ambas mallas nylon en el balde que contiene el agua destilada y se estrujaron hasta que se desintegren y formar un agua turbia.

- Se cubrió sin cerrarlo herméticamente y se lo cubrió con una cobija para aislarlo del frío ya que los microorganismos se desarrollan a temperaturas de 25 - 28°C.
- Se obtuvo el fertilizante orgánico líquido después de 92 horas.



**Ilustración 3-2:** Diagrama de flujo de la elaboración del fertilizante orgánico por el método JADAM

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

### 3.10. Dilución del fertilizante químico (16-48-00)

Se utilizó el método de dilución, para lo cual se pesaron 10 gramos de fertilizante químico (16-48-00), consecutivamente se añadió a un frasco de tapa rosca de vidrio borosilicato de 1000 ml y se añadió 1 litro de agua destilada, es necesario que este proceso se agite constantemente con la ayuda de un agitador magnético a 25°C por 4 horas.

### 3.11. Combinación de fertilizante orgánico de estiércol de vicuña y el fertilizante químico (16-48-00)

La combinación de fertilizante se hizo al completar 10 mL; las tres diferentes combinaciones se detallan en el siguiente cuadro:

**Tabla 3-1:** Cantidad de fertilizantes empleados en la producción del fertilizante combinado

	<b>Fertilizante orgánico (mL)</b>	<b>Fertilizante químico (mL)</b>
<b>FVD25%</b>	2,5	7,5
<b>FVD 50%</b>	5,0	5,0
<b>FVD 75%</b>	7,5	2,5

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 3-1 se detalla la cantidad de fertilizantes empleados en la producción del fertilizante orgánico combinado.

### **3.12. Obtención de microorganismos a partir de biofertilizante en medios de cultivo**

#### **3.12.1. Preparación de medios de cultivo**

Se prepararon medios de cultivo con Agar Nutritivo (crecimiento de bacterias), Agar Avena (crecimiento de actinomicetos) y Agar Papa Dextrosa (crecimiento de hongos).

- Medio de cultivo con Agar Nutritivo

Se pesó 8 gramos de Bacto Agar en un pedazo de papel aluminio en una balanza digital y se colocó en un frasco de tapa rosca de vidrio borosilicato añadiendo 260 mL de agua destilada estéril este sin estar cerrado herméticamente, después se depositó el frasco en la autoclave aproximadamente 30 minutos a 120°C/1atm de presión, finalmente el medio de cultivo preparado se lo dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura adecuada para su manejo. En la cabina de flujo laminar se procedió a colocar el medio de cultivo en cada una de las cajas Petri rotuladas.

- Medio de cultivo Agar Avena

Se pesó 5 gramos de avena y se colocó en un vaso de precipitación con 150 ml de agua destilada estéril, se mezcló bien y se disolvió por calentamiento agitando constantemente durante 3 minutos hasta su completa disolución; seguidamente se filtró la muestra y se obtuvo 125 ml de solución de avena a la cual se añadió 8 gramos de Bacto Agar. Asimismo, se colocó el medio de cultivo preparado en un frasco de tapa rosca de vidrio borosilicato en la cual aforamos con agua destilada estéril hasta obtener los 250 mL, después se depositó el frasco en la autoclave aproximadamente 15 minutos a 120°C/ 1atm de presión. Finalmente, el medio de cultivo preparado se lo dejó enfriar

a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura adecuada para su manejo y en la cabina de flujo laminar se procedió a colocar el medio de cultivo en cada una de las cajas Petri rotuladas.

- Medio de cultivo Papa Dextrosa

Se pesó 10 gramos del medio Papa Dextrosa y se colocó en un frasco de tapa rosca de vidrio borosilicato añadiendo 250 mL de agua destilada estéril este sin estar cerrado herméticamente la cual se agitó 3 minutos para su disolución, después se depositó el frasco en la autoclave aproximadamente 15 minutos a 120 °C/1atm de presión. Finalmente, el medio de cultivo preparado se lo dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura adecuada para su manejo y en la cabina de flujo laminar se procedió a colocar el medio de cultivo en cada una de las cajas Petri rotuladas.

### ***3.12.2. Estriado en caja petri con medios de cultivo***

Se colocó en la cabina de flujo laminar: las cajas Petri con Agar Nutritivo, mechero a gas, marcador Leely L-152 para CD punta media de color rojo, encendedor, toallas adsorbentes, soporte, micropipeta y un asa, en la cual se aplicó luz UV por 15 minutos para esterilizar el medio y los materiales a utilizar.

Se aplicó la técnica de estriado básico en un tercio de la caja Petri, donde se tomó con una micropipeta una alícuota de un 1ml de fertilizante orgánico combinado al 25% y se depositó en la caja Petri para el estriado se calentó en el mechero el asa de inoculación hasta que quede color rojo intenso para eliminar cualquier microorganismo y se dejó enfriar 30 segundos, se levantó la tapa de la caja Petri y en un ángulo de 45 grados se pasó el asa donde se encuentra el inóculo depositado anteriormente con un movimiento en forma de S desde atrás hacia adelante, se selló y rotuló. El mismo procedimiento se repitió con las dosis de 50% y 75% de fertilizante orgánico combinado.

## **3.13. Germinación de semillas**

### ***3.13.1. Germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)***

En un medio estéril se contó 300 semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y se colocó en un vaso de precipitación semillas en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% por un tiempo de 10 minutos y se lavó las semillas con agua destilada estéril 3 veces. Se empleo toallas de papel

esterilizadas y humedecidas en las cajas Petri para finalmente depositar las semillas separadas unas de otras para su germinación.

### **3.13.2. Germinación de semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.)**

En un medio estéril se contó 300 semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.) y se colocó en un vaso de precipitación en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% por un tiempo de 10 minutos y se lavó las semillas con agua destilada estéril 3 veces. Se empleo toallas de papel esterilizadas y humedecidas en las cajas Petri para finalmente depositar las semillas separadas unas de otras para su germinación.

## **3.14. Inoculación de las semillas**

### **3.14.1. Inoculación de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la caja petri con cultivo agar nutritivo con diferentes dosis (25%,50% y 75%) del fertilizante orgánico combinado**

Cuando las semillas germinaron se procedió a tomar el medio de cultivo puro estriado con el fertilizante orgánico combinado a distintas dosis (25%,50%,75%) para dispersar la semilla en las mismas dentro de la cabina de flujo laminar con un mechero a gas, con un sacabocados previamente caliente se procedió a perforar las cajas Petri obteniendo cuatro agujeros en cada una de ellas, en la cual se colocó la semilla germinada poniendo la radícula hacia abajo y se tapó con un pedazo de algodón estéril el agujero, Se dejó por 12 días donde se evidenció el crecimiento favorable de la planta con el registro de la longitud del tallo y raíz de la planta.

### **3.14.2. Inoculación de las semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.) en la caja petri con cultivo agar nutritivo con diferentes dosis (25%,50% y 75%) del fertilizante orgánico combinado.**

Cuando las semillas germinaron se procedió a tomar el medio de cultivo puro estriado con el fertilizante orgánico combinado a distintas dosis (25%,50%,75%) para dispersar la semilla en las mismas dentro de la cabina de flujo laminar con un mechero a gas, con un sacabocados previamente caliente se procedió a perforar las cajas Petri obteniendo cuatro agujeros en cada una de ellas, en la cual se colocó la semilla germinada poniendo la radícula hacia abajo y se tapó con un pedazo de algodón estéril el agujero, Se dejó por 8 días donde se evidenció el crecimiento favorable de la planta con el registro de la longitud del tallo y raíz de la planta

### **3.15. Obtención de cultivos puros a partir de biofertilizante en cajas petri y agar inclinado en tubos de ensayo**

#### ***3.15.1. Siembra en cajas petri***

El proceso de elaboración de los medios de agar en caja Petri consistió en calentar el agar hasta el punto de ebullición y se dejó enfriar a una temperatura con el fin de evitar dañar los microorganismos que se van a cultivar. Se vertió el agar en placas de Petri esterilizadas hasta una profundidad aproximada de 4-5 mm y se dejó enfriar y solidificar. Se utilizó Agar Nutritivo para bacterias y Agar Papa Dextrosa para el crecimiento de hongos

El inóculo (bacteria) se sembró con ayuda de un asa esterilizada y se recogió una colonia del cultivo bacteriano a partir de una caja Petri del fertilizante orgánico de vicuña. Se levantó la placa de la caja Petri en un ángulo de 45 grados y se tomó la muestra para posteriormente pasarlo a través de la superficie aplicando un estriado básico. Para inocular hongos se utilizó un asa de punta esterilizada y se tomó una muestra del borde externo del hongo que se encuentra en el medio de cultivo y se colocó en la superficie del agar.

#### ***3.15.2. Siembra en tubos de ensayo***

El proceso de elaboración del agar inclinado consistió en calentar el agar hasta el punto de ebullición y verterlo en un tubo de ensayo. Antes de que el agar se enfríe y solidifique, el tubo de ensayo se colocó inclinado sobre un lado. Una vez que el agar se enfrió, el tubo de ensayo se colocó en posición vertical, y el agar de su interior se mantuvo inclinado. Se utilizó Agar Nutritivo para bacterias y Agar Papa Dextrosa para el crecimiento de hongos

El inóculo (bacteria) se sembró con ayuda de un asa esterilizada y se recogió una colonia del cultivo bacteriano a partir de una caja Petri del fertilizante orgánico de vicuña. Se levantó la placa de Petri en un ángulo de 45 grados y se tomó la muestra para posteriormente pasarlo a través de la superficie del tubo de ensayo con un movimiento de zigzag de atrás hacia adelante. Para inocular hongos se utilizó un asa de punta esterilizada y se tomó una muestra del borde externo del hongo que se encuentra en el medio de cultivo y se colocó en la superficie del tubo de ensayo.

### **3.16. Determinación de propiedades fisicoquímicas del biofertilizante**

#### **3.16.1. pH**

Se siguió el método potenciométrico para determinar el pH, en un vaso de precipitación de 250 ml con ayuda de una bureta se colocó 150 mL del fertilizante orgánico líquido a base de estiércol de vicuña la cual se aseguró de que la muestra este bien homogenizada agitándola por 10 minutos, se dejó reposar 5 minutos y se filtró para eliminar las partículas en suspensión, posteriormente se introdujo el potenciómetro sobre la muestra para medir el pH y se registró el valor obtenido.

#### **3.16.2. Conductividad eléctrica**

Se aplicó el método de electrométrico para la conductividad eléctrica y se inició vertiendo 150 mL de fertilizante orgánico líquido a base de estiércol de vicuña en un vaso de precipitación de 250 mL, se sumergió el conductímetro en la muestra líquida y se registró el valor obtenido.

#### **3.16.3. Densidad**

Se aplicó el método del picnómetro utilizando un picnómetro de 10mL el cual se lo seco en una estufa a 50 °C por 20 minutos, transcurrido ese tiempo se le dejó enfriar a temperatura ambiente y a la vez con un paño libre de fibras se procedió a limpiar el exterior del picnómetro, para la primera medición se colocó el picnómetro vacío con su capilar en una balanza analítica registrando el valor del peso del picnómetro vacío, a continuación se llenó el picnómetro con agua destilada hasta el borde del picnómetro se colocó el capilar y se secó la superficie del picnómetro para llevarlo nuevamente a la balanza analítica donde se registró el valor de su peso. Finalmente, para la última medición se procedió secando el picnómetro en la estufa, una vez seco y enfriado se llenó el picnómetro con el fertilizante orgánico líquido a base de estiércol de vicuña y se colocó el capilar, se secó la parte externa del picnómetro para pesarlo y se registró el valor de su peso.

Para determinar la densidad se utilizó la siguiente fórmula

$$\rho_1 = \left( \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \right) \rho_w$$

Donde:

$m_0$  = masa del picnómetro vacío

$m_1$  = masa del picnómetro con agua

$m_2$  = masa del picnómetro con el fertilizante orgánico líquido a base de estiércol de vicuña

$\rho_w$  = densidad del agua a la temperatura experimental

#### **3.16.4. Humedad**

Para la determinación del contenido de humedad se utilizó el método gravimétrico. El cual consiste en pesar la muestra líquida (20ml) para luego someterla a un proceso de secado, exponiéndola al calor (105 °C por 24 horas) para permitir que la humedad se evapore por completo. Después del secado, la muestra se pesa nuevamente para obtener la masa final. El porcentaje de humedad se calculó utilizando la diferencia entre la masa inicial y final, y se expresa como porcentaje:

$$\%Humedad = \frac{Peso_{inicial} - Peso_{final}}{Peso_{inicial}} \times 100$$

Donde:

$Peso_{inicial}$  = Peso del fertilizante líquido

$Peso_{final}$  = Peso del fertilizante líquido tras pasar 24 horas a 105 °C en la estufa

#### **3.16.5. Micronutrientes**

Inicialmente se prepara una muestra (100 mL) filtrada. Luego, se realiza una digestión ácida de la muestra, en la que se añade ácido nítrico ( $HNO_3$ ) y ácido perclórico ( $HClO_4$ ), se calienta la mezcla para evaporar los ácidos hasta que quede una solución concentrada. Posteriormente se calibra el espectrofotómetro de absorción atómica utilizando soluciones estándar de cada uno de los micronutrientes y se crea una curva de calibración. Las muestras digeridas y las soluciones estándar se analizan en el espectrofotómetro, ajustando las longitudes de onda para cada elemento. A partir de las mediciones de absorbancia, se utilizan las curvas de calibración para determinar las concentraciones de los micronutrientes en la muestra original.

### **3.16.6. Materia orgánica**

La determinación de materia orgánica se realizó por pérdida de peso por ignición (LOI), primero se taro los crisoles que se iban a utilizar; para eliminar el agua higroscópica que se encuentra en el fertilizante, se coló la muestra en los crisoles y se depositó en la estufa a 105°C durante 24 horas, después se llevó a un desecador hasta alcanzar una temperatura idónea y se registró el peso, posteriormente se colocó la muestra en una mufla a 360°C durante 2 horas, para calcinar la materia orgánica es primordial una temperatura constante para evitar la pérdida de  $CO_2$  de carbonatos, por último se colocó en un desecador para después pesar en una balanza analítica.

### **3.16.7. Carbono orgánico total y relación C/N**

El carbono orgánico total se determinó a partir de los resultados la materia orgánica, se usó el factor de Van Bemmelen que corresponde a 1,724, este valor indica que el 53% de la materia orgánica representa el carbono orgánico.

$$\%COT = \frac{\%MO}{1.724}$$

Donde:

**%COT:** Carbono Orgánico Total

**%MO:** Materia Orgánica

### **3.16.8. Nitrógeno total**

Se preparó la muestra y se agregó un catalizador de digestión y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), y se llevó a cabo una digestión a alta temperatura para mineralizar completamente la muestra. Luego, se realizó una destilación para librar el amoníaco contenido en la muestra, el cual se captura en una solución alcalina y se tituló con una solución estándar de ácido. El volumen de solución estándar requerido para la titulación se utilizó para calcular el contenido de nitrógeno en la muestra, que se expresa en porcentaje.

### **3.16.9. Fósforo total**

Se tomó una muestra representativa (100 mL) y se sometió a una digestión acida utilizando ácido nítrico ( $HNO_3$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para disolver todo el fosforo presente. Luego, se formó

un complejo de fósforo con molibdato de amonio y ácido ascórbico que generó una solución de color azul intenso. La absorbancia de esta solución se midió en un espectrofotómetro a una longitud de onda específica y se comparó con una curva de calibración previamente construida con soluciones estándar de fósforo.

### **3.16.10. Potasio total**

Se tomó una muestra representativa (100 mL) y se hace una digestión ácida utilizando ácido nítrico ( $HNO_3$ ) y ácido perclórico ( $HClO_4$ ) para descomponer la muestra y solubilizar el potasio. Luego, la solución resultante se sometió a un proceso de absorción atómica, donde se detectó y cuantificó la cantidad de potasio presente en la muestra a través de la absorción de radiación electromagnética específica. La concentración de potasio se determinó comparando las señales del analito con una curva de calibración previamente construida utilizando soluciones estándar de potasio.

## **3.17. Determinación de las propiedades microbiológicas del biofertilizante**

### **3.17.1. Técnica de dilución seriada para obtención de UFC**

Se colocó 10 mL de biofertilizante a un frasco de tapa rosca de vidrio borosilicato y se añadió 90 mL de agua destilada estéril y se agitó constantemente durante 20 minutos con el fin de obtener una muestra homogenizada. Transcurrido ese tiempo se prepararon 8 tubos de ensayo con 9 mL de agua destilada estéril; se tomó 1 mL de la muestra homogenizada de biofertilizante y se depositó en el primer tubo de ensayo identificándolo como  $10^{-1}$ , posteriormente se tomó 1 mL del tubo  $10^{-1}$ , para colocarlo en el siguiente tubo  $10^{-2}$ , y así hasta obtener la dilución  $10^{-8}$ . Finalmente se tomaron las diluciones ( $10^{-2}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ ) para inocular en medios de cultivo. Asimismo, con la ayuda de una micropipeta se colocó 0.1 mL de cada dilución en las cajas Petri y se extendió con la ayuda de un asa estéril en tres diferentes medios de cultivo: Agar Nutritivo (Bacterias), Agar Avena (Actinomicetos) y Agar Papa Dextrosa (Hongos) cada muestra con tres repeticiones. Por último, las cajas Petri inoculadas fueron selladas utilizando Parafilm para evitar su contaminación, para posteriormente ser almacenados a temperatura de 28°C.

### **3.17.2. Conteo de UFC**

La apreciación visual para el conteo de los microorganismos de cada repetición se realizó a las 24 horas en el caso de Agar Nutritivo para el crecimiento de bacterias, a los 8 días en el caso de Agar

Avena para el crecimiento de actinomicetos y a las dos semanas en el caso de Agar Papa Dextrosa para el crecimiento de hongos. El conteo se lo realizo en una zona estéril en el Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales- ESPOCH con la ayuda de un marcador (Leely L-152) punta media de color rojo, con el cual se identificó las unidades formadoras de colonias y se anotaron los resultados obtenidos.

### **3.17.3. Unidades formadoras de colonias**

Se estableció el número de unidades formadoras de colonias del fertilizante orgánico de vicuña (UFC/mL), utilizando la siguiente formula:

$$UFC/ml = \frac{N}{V} \times FD$$

Donde:

**N** = Colonias enumeradas

**V** = Volumen inoculado en mililitros

**FD** = Factor de dilución

### **3.17.4. Extracción de ADN y secuenciación NGS metagenómica amplicón**

Las muestras se extrajeron con un kit comercial a base de columnas el cual, mediante métodos físicos y químicos, lisa las células microbianas en la muestra e inmoviliza el ADN en una matriz en donde se puede purificar el material genético para luego ser eluido. Una vez obtenido el ADN genómico (ADNg), se cuantificó mediante fluorometría para conocer su concentración. De igual forma se corrió el ADNg en un gel de agarosa al 2% (100 V – 45 min) en donde se verifica la integridad del material. Ya realizada la cualificación se procedió a realizar una primera amplificación de la muestra con el marcador deseado, sea este 16S (V3-V4) para identificar bacterias o ITS (ITS2) para identificar hongos. El amplicón se purificó con perlas magnéticas (para eliminar primer dimers) y el material puro entró a una segunda amplificación en la cual se agregaron índices a ambos extremos de los amplicones. Los índices son secuencias pequeñas que permiten separar las lecturas de cada muestra al terminar la secuenciación. Los amplicones resultantes se purificaron nuevamente con el mismo método. La librería pura se cuantificó para normalizar su concentración junto con las demás muestras y se secuenciaron en la plataforma Illumina MiSeq con una lectura de 2 x 251.

### ***3.17.5. Relación costo/beneficio***

Mediante la relación costo/beneficio se determinó cual tratamiento genera mayor beneficio económico, además se realizó un análisis comparativo de rendimiento y costo de producción para cada tratamiento.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Determinación de propiedades fisicoquímicas del biofertilizante

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del fertilizante de vicuña se realizaron los siguientes ensayos: potenciometría, electrometría, gravimetría, digestión ácida y absorción atómica

**Tabla 4-1:** Resultados de las propiedades fisicoquímicas del fertilizante de estiércol de vicuña

Parámetros	Unidad	Resultados
pH		5.1
Conductividad eléctrica	mS/cm	2.23 (19.2°C)
Densidad	mg/L	0.9908
Humedad	%	78.9
Magnesio	%	0.423
Hierro	%	<0.00004
Calcio	%	0.193
Sodio	%	0.0331
Boro	%	0.13
Cobre	%	0.04
Manganeso	%	0.04
Azufre	%	0.031
Materia Orgánica	%	0.92
Carbono Orgánico total	%	0.535
Relación C/N		36.31
Nitrógeno total	%	0.59
Fosforo total	%	0.73
Potasio total	%	0.23

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-1 se refleja los resultados de las propiedades fisicoquímicas del fertilizante de estiércol de vicuña.

## 4.2. Caracterización microbiológica del biofertilizante

Para la caracterización microbiológica del fertilizante de estiércol de vicuña se realizó una extracción de ADN y secuenciación NGS metagenómica Amplicón

### 4.2.1. Bacterias

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (PGPB por sus siglas en inglés) son microorganismos beneficiosos que influyen positivamente en el desarrollo, salud y rendimiento de las plantas. Entre los mecanismos de acción resalta

- a) Fijación de nitrógeno, contribuye con nitrógeno a la planta
- b) Efectos hormonales, promueve el metabolismo y crecimiento vegetal, desarrollo de sistema completo de raíces, lo que promueve una mejor absorción de agua y minerales

**Tabla 4-2:** Información sobre muestras de bacterias

<b>Total de lecturas</b>	<b>filtrado de calidad de lectura</b>	<b>% de lecturas que superan el filtrado de calidad</b>
128,867	128,876	100%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

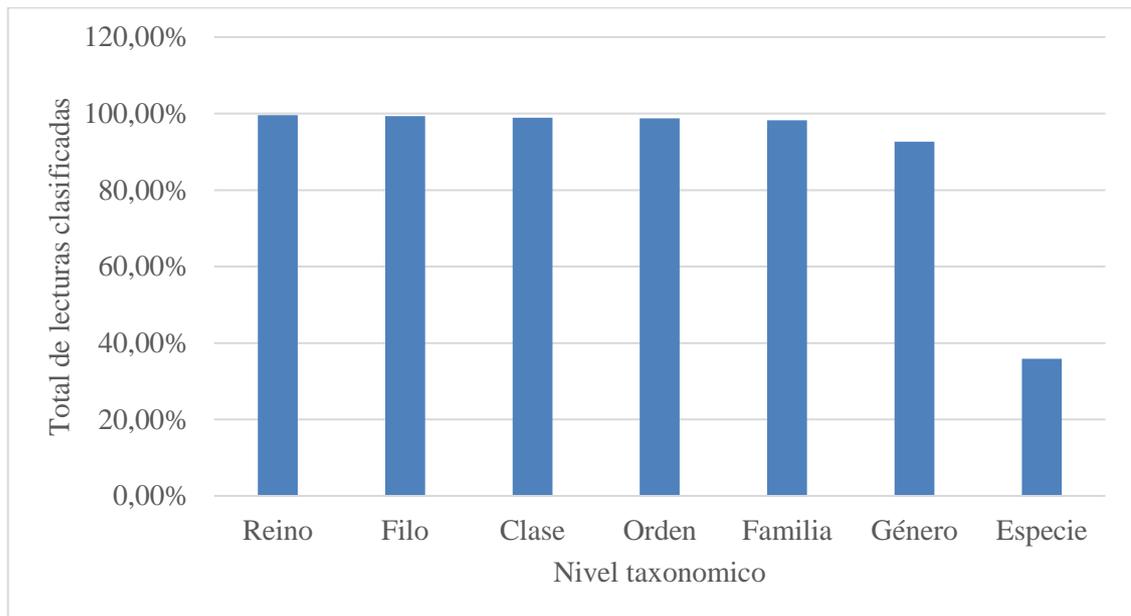
En la tabla 4-2 se observa la información sobre las muestras (total de lecturas)

**Tabla 4-3:** Estadísticas de clasificación

<b>Nivel taxonómico</b>	<b>clasificados a nivel taxonómico</b>	<b>Total de lecturas clasificadas a nivel taxonómico</b>
Reino	128,377	99,62%
Filo	127,981	99,31%
Clase	127,505	98,94%
Orden	127,242	98,74%
Familia	126,599	98,24%
Género	119,401	92,65%
Especie	46,185	35,84%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-3 se observa la clasificación taxonómica de bacterias



**Ilustración 4-1:** Clasificación de bacterias por nivel taxonómico

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

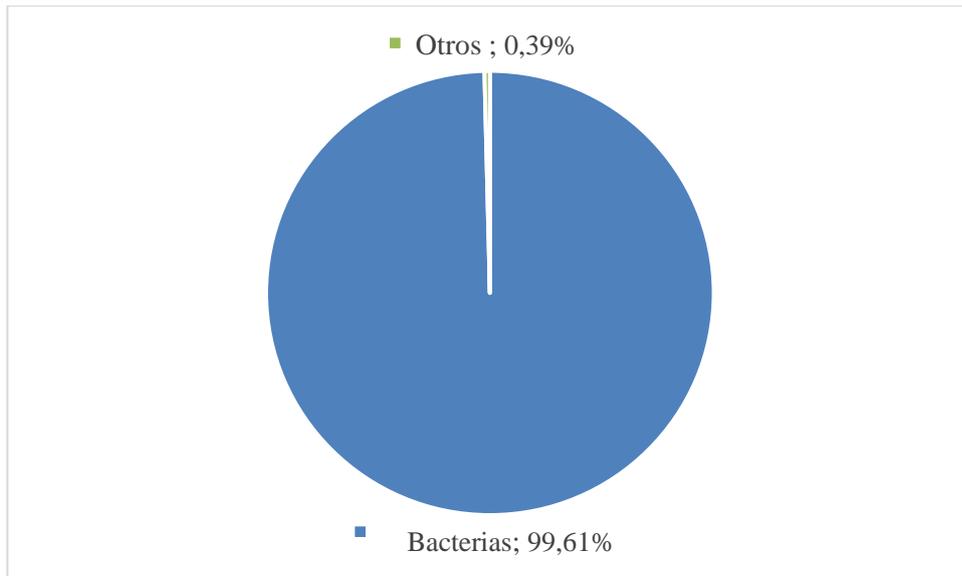
Las tablas indican las clasificaciones de bacterias más altas en cada nivel. Los gráficos circulares muestran todas las clasificaciones por encima del 3,5% de abundancia. La categoría “Otros” es la suma de todas las clasificaciones con menos del 3,5% de abundancia

**Tabla 4-4:** Clasificación de bacterias por reinos

Clasificación	Número de lecturas	% total de lecturas
Bacterias	128,362	99,61%
Sin clasificar	0,49	0,38%
<i>Archaea</i>	0,015	0,01%

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-4 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por reinos



**Ilustración 4-2:** Clasificación de bacterias por reinos

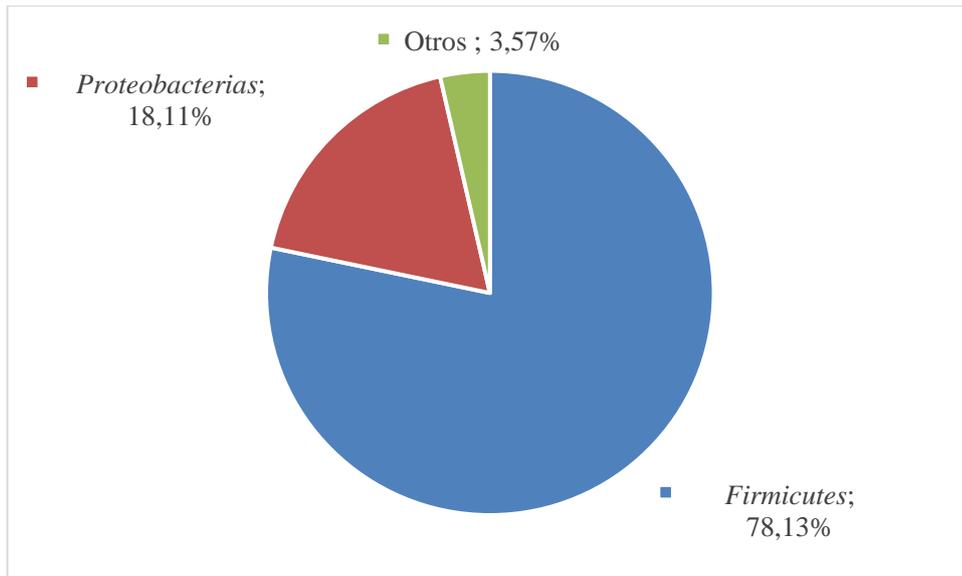
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-5:** Clasificación de bacterias por filos

Clasificación	Número de lecturas	% total de lecturas
<i>Firmicutes</i>	100,681	78,13%
<i>Proteobacterias</i>	23,338	18,11%
<i>Actinobacterias</i>	2,416	1,87%
<i>Bacteroidota</i>	1,061	0,82%
Sin clasificar	0,886	0,69%
<i>Cianobacterias</i>	0,083	0,06%
<i>Candidatus saccharibacteria</i>	0,083	0,06%
<i>Acidobacterias</i>	0,077	0,06%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-5 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por filos



**Ilustración 4-3:** Clasificación de bacterias por filos

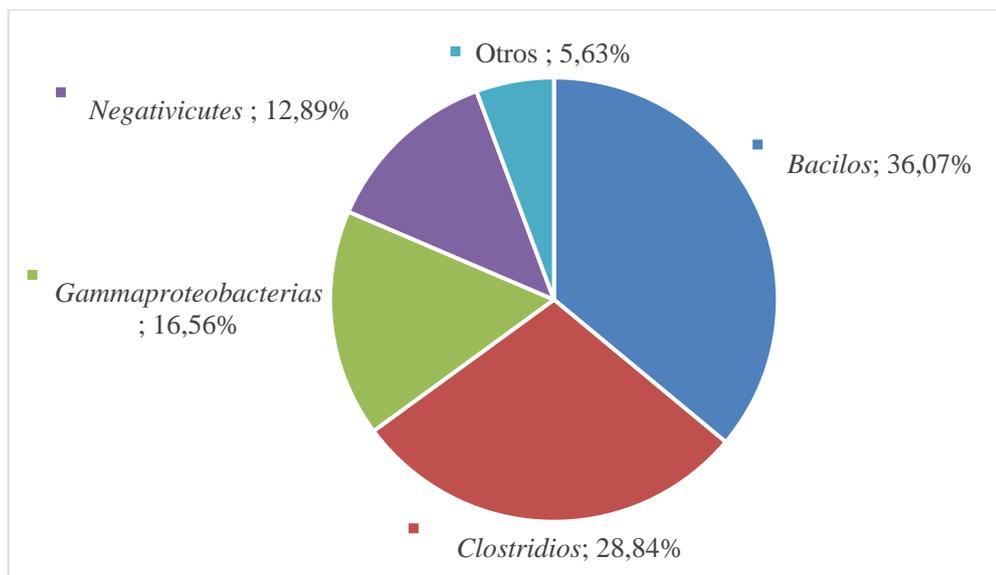
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-6:** Clasificación de bacterias por clases

Clasificación	Número de lecturas	% Lecturas totales
<i>Bacilos</i>	46,487	36,07%
<i>Clostridios</i>	37,164	28,84%
<i>Gammaproteobacterias</i>	21,3345	16,56%
<i>Negativicutes</i>	16,611	12,89%
<i>Actinobacterias</i>	2,415	1,87%
Sin clasificar	1,362	1,06%
<i>Betaproteobacterias</i>	0,973	0,76%
<i>Alfaproteobacterias</i>	0,882	0,68%
Otros	1,62	1,26%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-6 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por clases



**Ilustración 4-4:** Clasificación de bacterias por clases

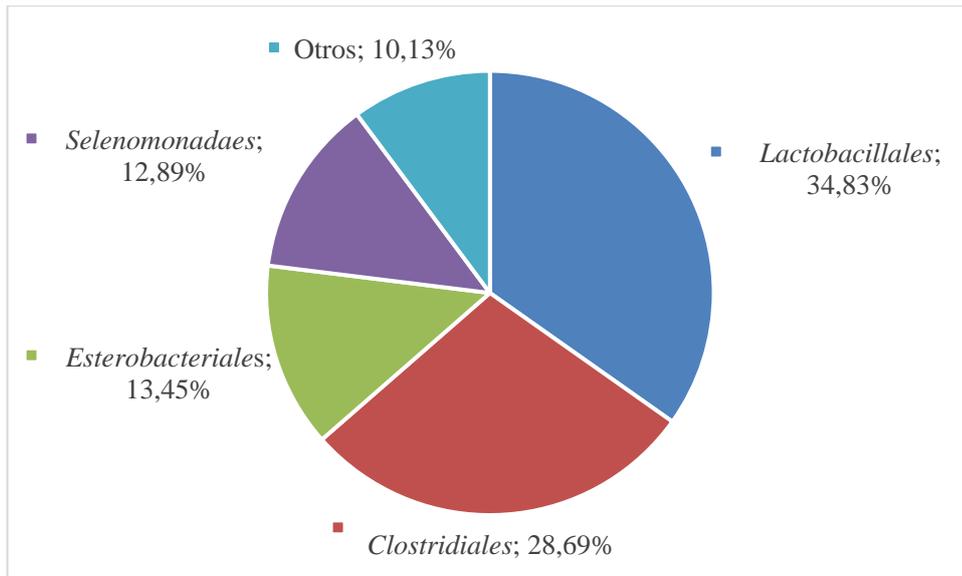
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-7:** Clasificación de bacterias por orden

Clasificación	Numero de lecturas	%total de lecturas
<i>Lactobacillales</i>	44,89	34,83%
<i>Clostridiales</i>	36,966	28,69%
<i>Esterobacteriales</i>	17,331	13,45%
<i>Selenomonadales</i>	16,611	12,89%
<i>Pseudomonadales</i>	3,243	2,52%
<i>Actinomycetales</i>	2,38	1,85%
Sin clasificar	1,625	1,26%
<i>Bacillales</i>	1,532	1,19%
Otros	4,28	3,32%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-7 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por orden



**Ilustración 4-5:** Clasificación de bacterias por orden

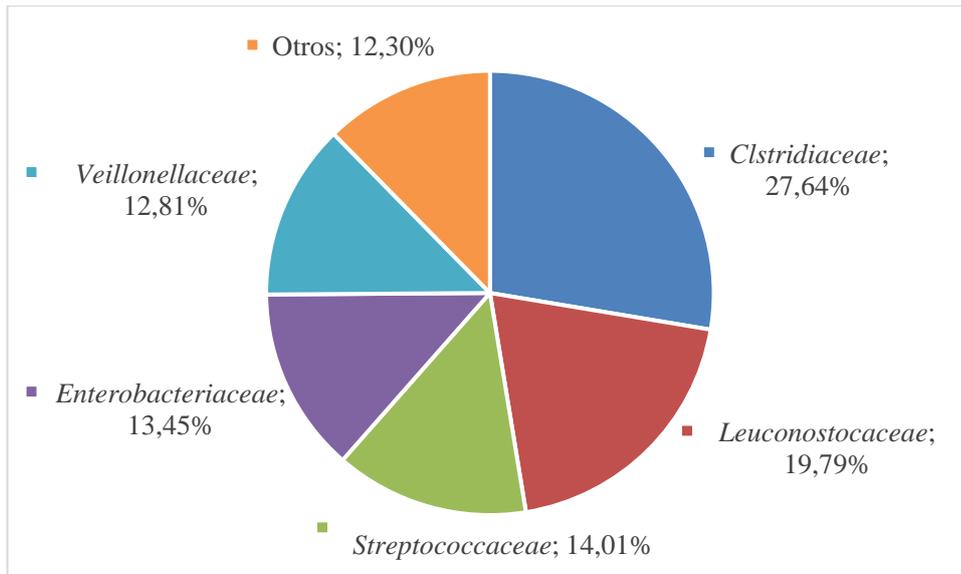
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-8:** Clasificación de bacterias por familias

Clasificación	Número de lecturas	% Total de lecturas
<i>Clostridiaceae</i>	35,617	27,64%
<i>Leuconostocaceae</i>	25,498	19,79%
<i>Streptococcaceae</i>	18,056	14,01%
<i>Enterobacteriaceae</i>	17,331	13,45%
<i>Veillonellaceae</i>	16,508	12,81%
Sin clasificar	2,268	1,76%
<i>Moraxellaceae</i>	2,141	1,66%
<i>Pseudomonadaceae</i>	1,101	0,85%
Otros	10,34	8,02%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-8 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por familia



**Ilustración 4-6:** Clasificación de bacterias por familia

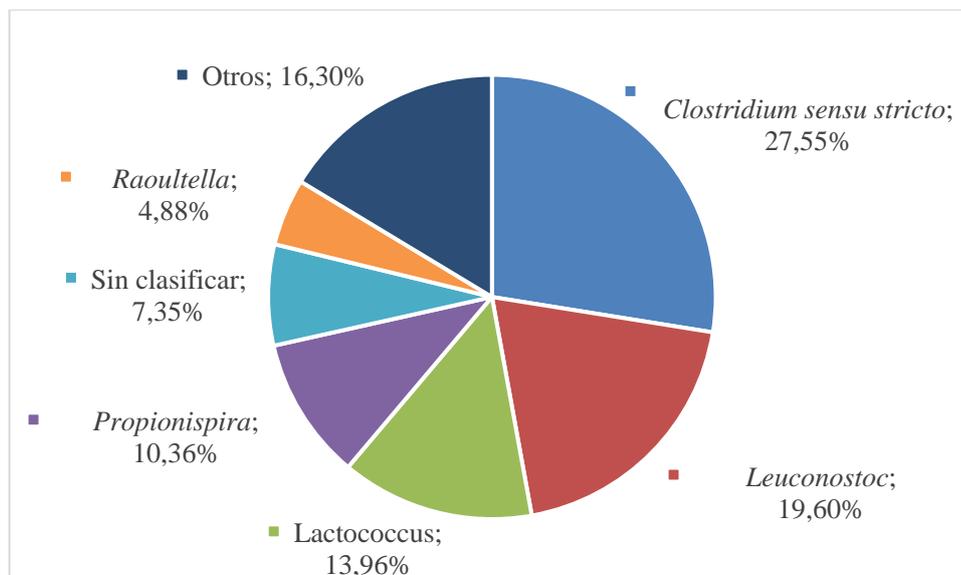
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-9:** Clasificación de bacterias por géneros

Clasificación	Numero de lecturas	% total de lecturas
<i>Clostridium sensu stricto</i>	35,498	27,55%
<i>Leuconostoc</i>	25,264	19,60%
<i>Lactococcus</i>	17,993	13,96%
<i>Propionispira</i>	13,353	10,36%
Sin clasificar	9,466	7,35%
<i>Raoultella</i>	6,284	4,88%
<i>Sporomusa</i>	2,153	1,67%
<i>Acinetobacter</i>	2,085	1,62%
Otros	16,77	13,01%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-9 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por géneros



**Ilustración 4-7:** Clasificación de bacterias por géneros

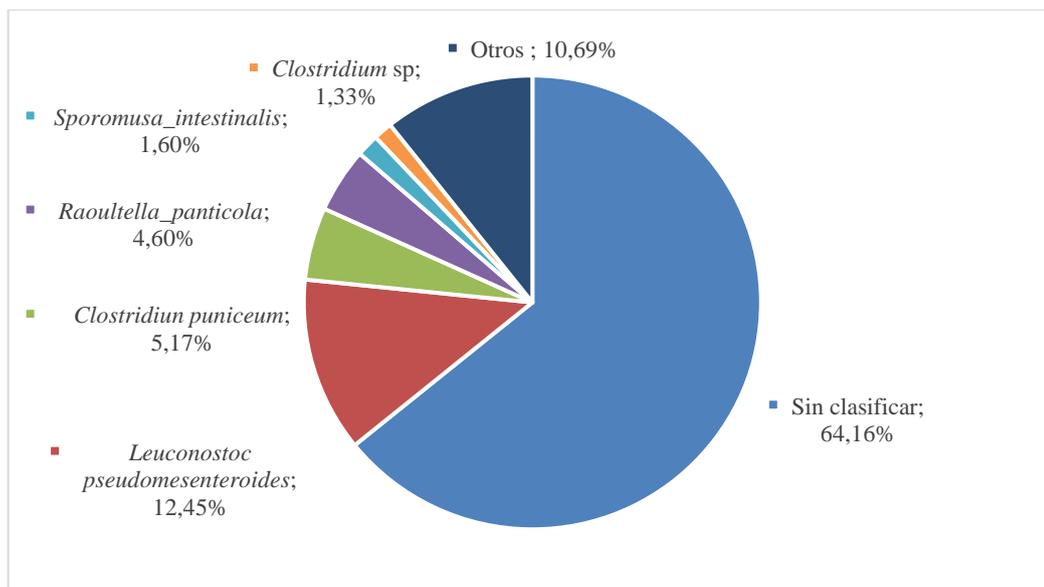
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-10:** Clasificación de bacterias por especies

Clasificación	Número de lecturas	% de lecturas totales
Sin clasificar	82,682	64,16%
<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>	16,039	12,45%
<i>Clostridium puniceum</i>	6,658	5,17%
<i>Raoultella_panticola</i>	5,923	4,60%
<i>Sporomusa_intestinalis</i>	2,064	1,60%
<i>Clostridium sp</i>	1,711	1,33%
<i>Kluyvera ascorbata</i>	1,623	1,26%
<i>Acinetobacter harbinensis</i>	1,047	0,81%
Otros	11,11	8,62%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-10 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por especies.



**Ilustración 4-8:** Clasificación de bacterias por especies

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

#### 4.2.2. Hongos

**Tabla 4-11:** Informe sobre muestras de hongos

Total de lecturas	Filtrado de calidad de lectura	% de lecturas que superan el filtrado de calidad
218,514	218,514	100.00%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

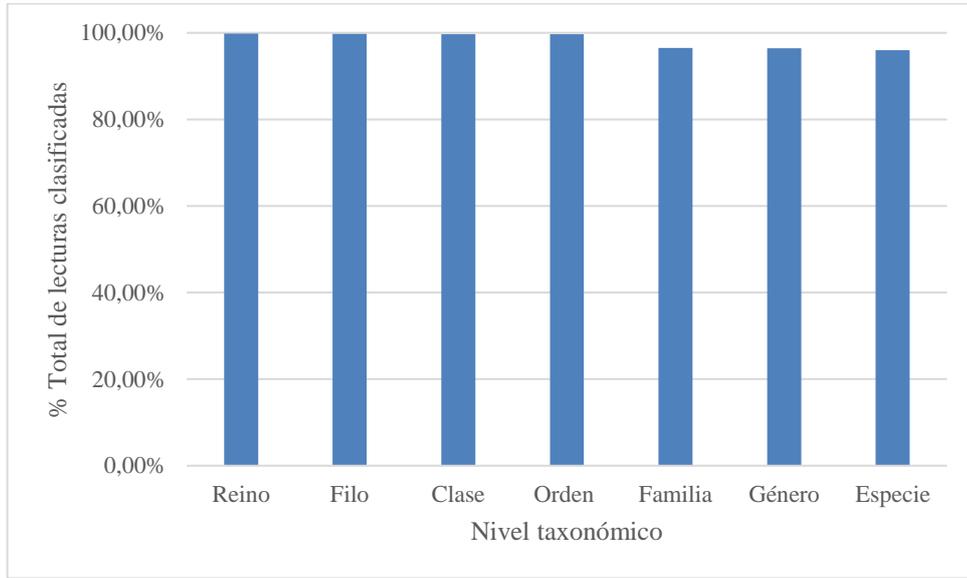
En la tabla 4-11 se observa la información sobre las muestras (total de lecturas)

**Tabla 4-12:** Estadísticas de clasificación

Nivel taxonómico	Clasificados a nivel taxonómico	Total de lecturas clasificadas a nivel taxonómico
Reino	218,195	99,85%
Filo	218,064	99,79%
Clase	217,869	99,70%
Orden	217,776	99,66%
Familia	210,845	96,49%
Género	210,766	96,45%
Especie	209,731	95,98%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-12 se observa la clasificación taxonómica de hongos



**Ilustración 4-9:** Clasificación de hongos

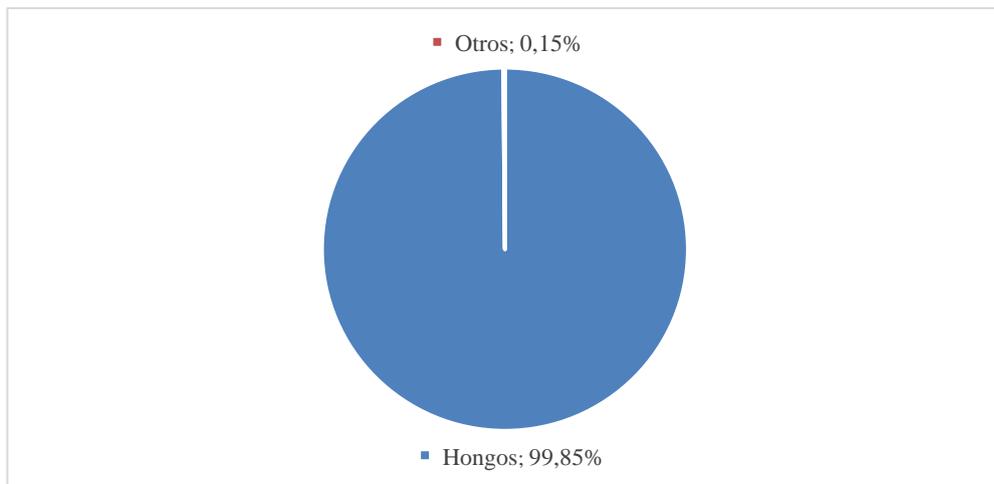
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-13:** Clasificación de hongos por reinos

Clasificación	Número de lecturas	%lecturas totales
Hongos	218,195	99,85%
Otros	0,319	0,15%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-13 se observa los resultados de la clasificación bacterias por reinos



**Ilustración 4-10:** Clasificación de hongos por reinos

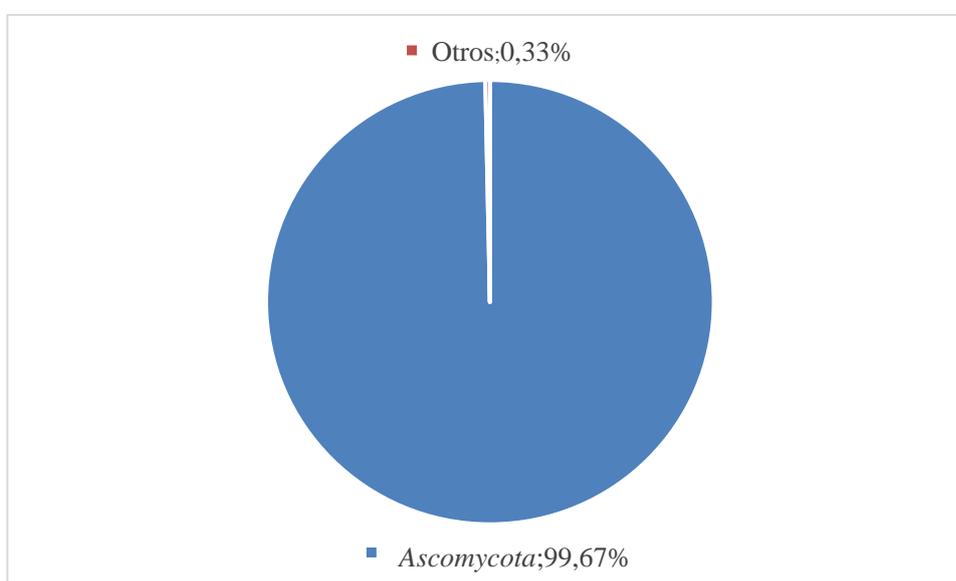
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-14:** Clasificación de hongos por filos

<b>Clasificación</b>	<b>Número de lecturas</b>	<b>% Lecturas totales</b>
<i>Ascomycota</i>	217,792	99,67%
Sin clasificar	0,45	0,21%
<i>Basidiomycota</i>	0,232	0,11%
<i>Monoblepharomycota</i>	0,03	0,01%
<i>Monoblepharomycota</i>	0,01	0,00%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-14 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por filos



**Ilustración 4-11:** Clasificación de hongos por filos

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

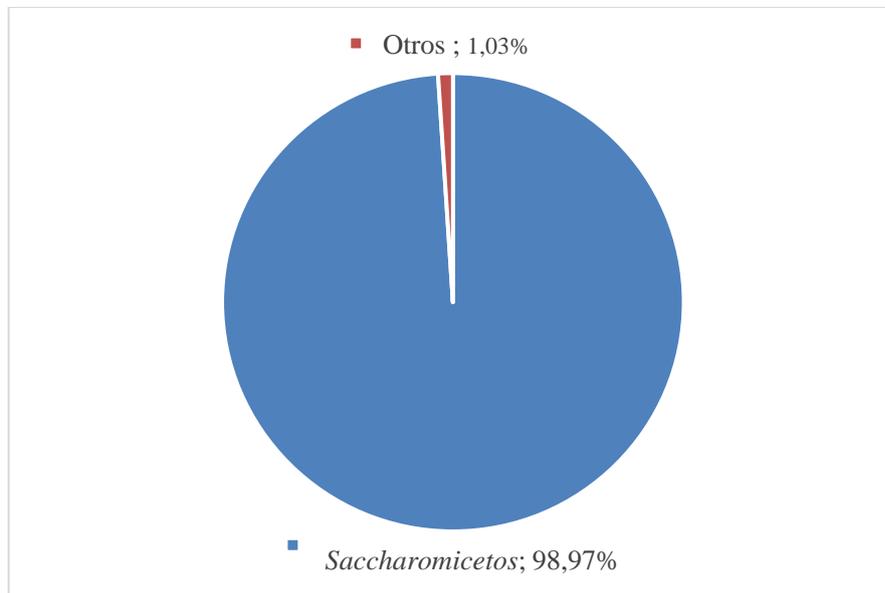
**Tabla 4-15:** Clasificación de hongos por clases

<b>Clasificación</b>	<b>Número de lecturas</b>	<b>% Lecturas Totales</b>
<i>Saccharomicetos</i>	216,274	98,97%
<i>Sorfariomicetos</i>	1,174	0,54%
Sin clasificar	0,645	0,30%
<i>Agaricomietos</i>	0,185	0,08%
<i>Eurotiomicetos</i>	0,065	0,03%
<i>Lecanoromicetos</i>	0,036	0,02%
<i>Monoblepharidomicetos</i>	0,03	0,01%
<i>Dothideomicetos</i>	0,025	0,01%

Otros	0,1	0,05%
-------	-----	-------

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-15 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por clases



**Ilustración 4-12:** Clasificación de hongos por clases

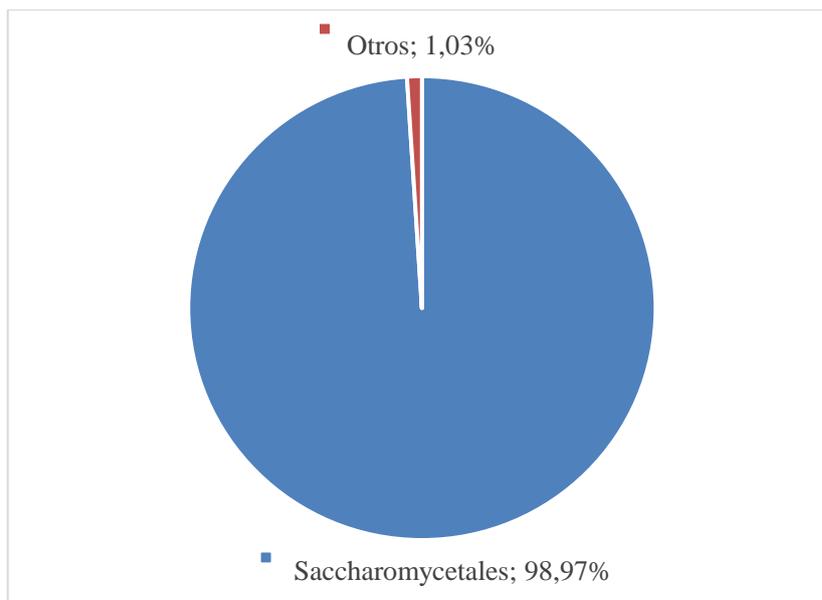
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-16:** Clasificación de hongos por orden

Clasificación	Número de lecturas	% Lecturas Totales
<i>Saccharomycetales</i>	216,274	98,97%
<i>Hipocreales</i>	0,766	0,35%
Sin clasificar	0,738	0,34%
<i>Sordariales</i>	0,186	0,09%
<i>Agaricales</i>	0,181	0,08%
<i>Lulworthiales</i>	0,067	0,03%
<i>Ophiostomatales</i>	0,054	0,02%
<i>Eurotiales</i>	0,049	0,02%
Otros	0,2	0,09%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-16 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por orden



**Ilustración 4-13:** Clasificación de hongos por orden

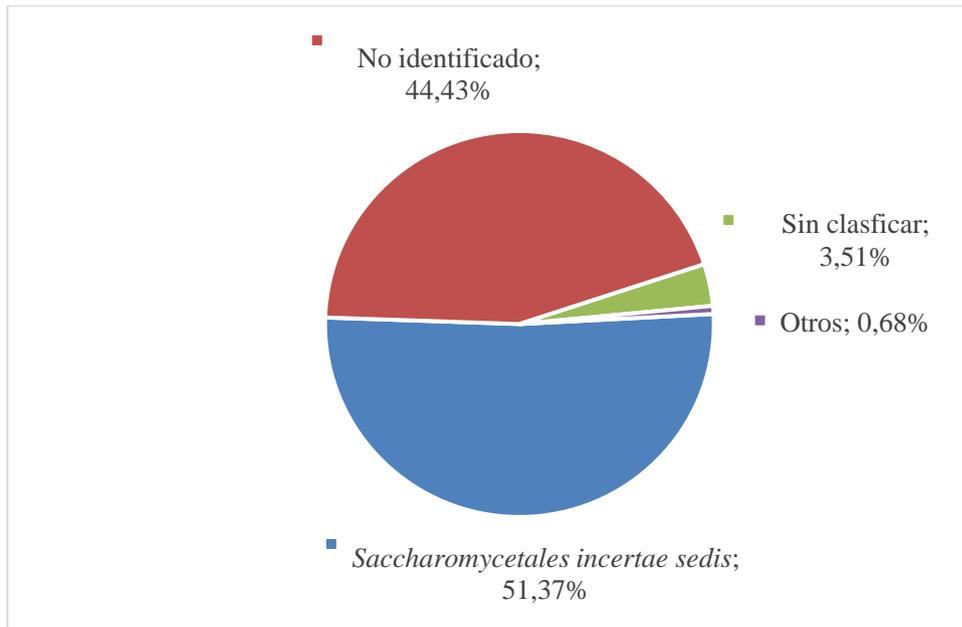
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-17:** Clasificación de hongos por familias

Clasificación	Número de lecturas	% Lecturas Totales
<i>Saccharomycetales incertae sedis</i>	112,26	51,37%
No identificado	97,096	44,43%
Sin clasificar	7,669	3,51%
<i>Hypocreaceae</i>	0,623	0,29%
<i>Sordariaceae</i>	0,178	0,08%
<i>Pichiaceae</i>	0,158	0,07%
<i>Nectriaceae</i>	0,104	0,05%
<i>Ophiostomataceae</i>	0,054	0,02%
Otros	0,36	0,16%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-17 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por familias



**Ilustración 4-14:** Clasificación de hongos por familias

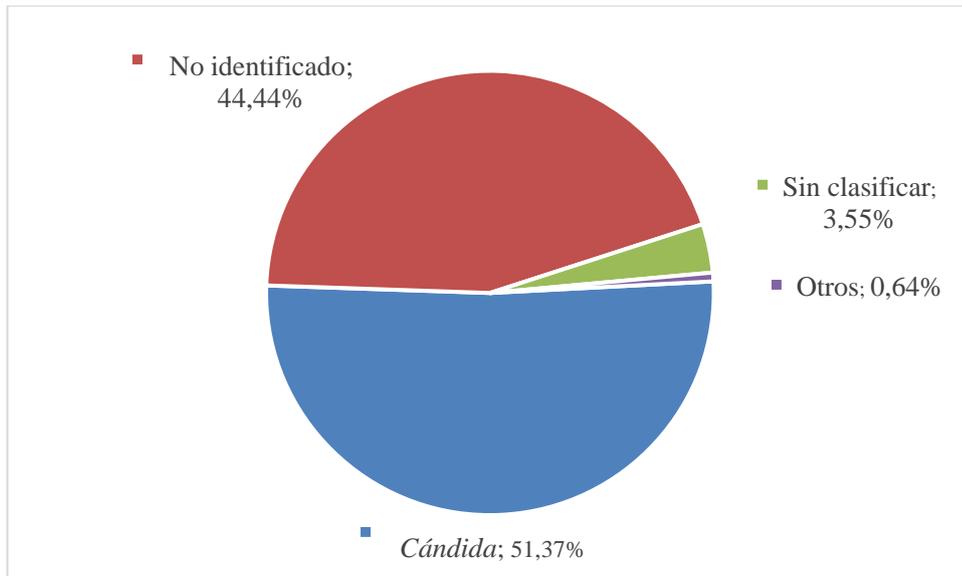
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-18:** Clasificación de hongos por géneros

Clasificación	Número de lecturas	% Lecturas totales
<i>Cándida</i>	112,26	51,37%
No identificado	97,104	44,44%
Sin clasificar	7,748	3,55%
<i>Trichoderma</i>	0,623	0,29%
<i>Sordaria</i>	0,171	0,08%
<i>Ogataea</i>	0,118	0,05%
<i>Fusarium</i>	0,067	0,03%
<i>Elaphomyces</i>	0,049	0,02%
Otros	0,36	0,16%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la tabla 4-18 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por géneros



**Ilustración 4-15:** Clasificación de hongos por géneros

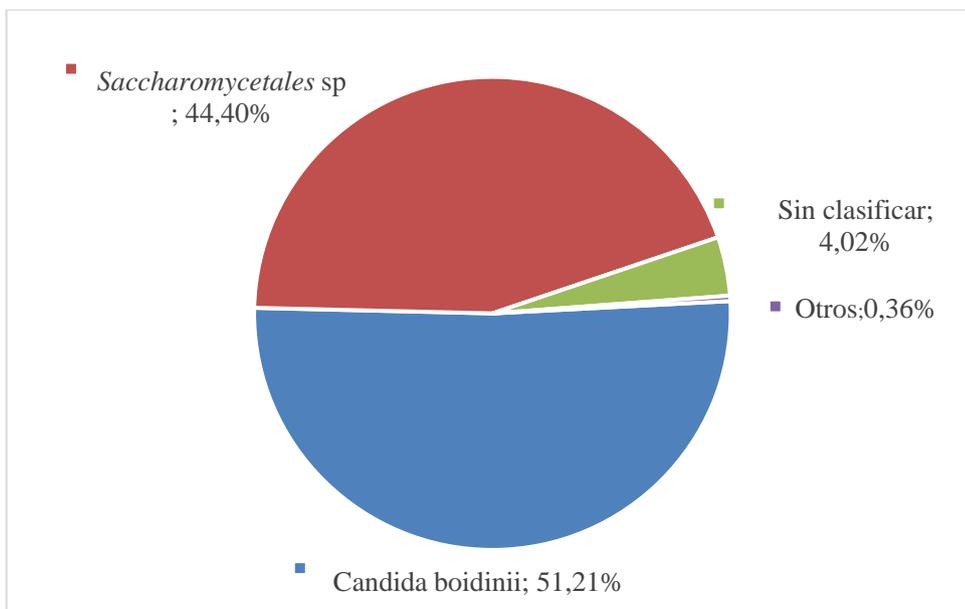
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

**Tabla 4-19:** Clasificación de hongos por especies

Clasificación	Número de lecturas	% Lecturas totales
<i>Candida boidinii</i>	111,907	51,21%
<i>Saccharomycetales</i> sp	97,029	44,40%
Sin clasificar	8,783	4,02%
<i>Sordaria fimicola</i>	0,17	0,08%
<i>Ogataea nitrataversa</i>	0,082	0,04%
<i>Lulworthiales</i> sp	0,067	0,03%
<i>Candida railenensis</i>	0,057	0,03%
<i>Fusarium incarnatum</i>	0,05	0,02%
Otros	0,37	0,17%

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

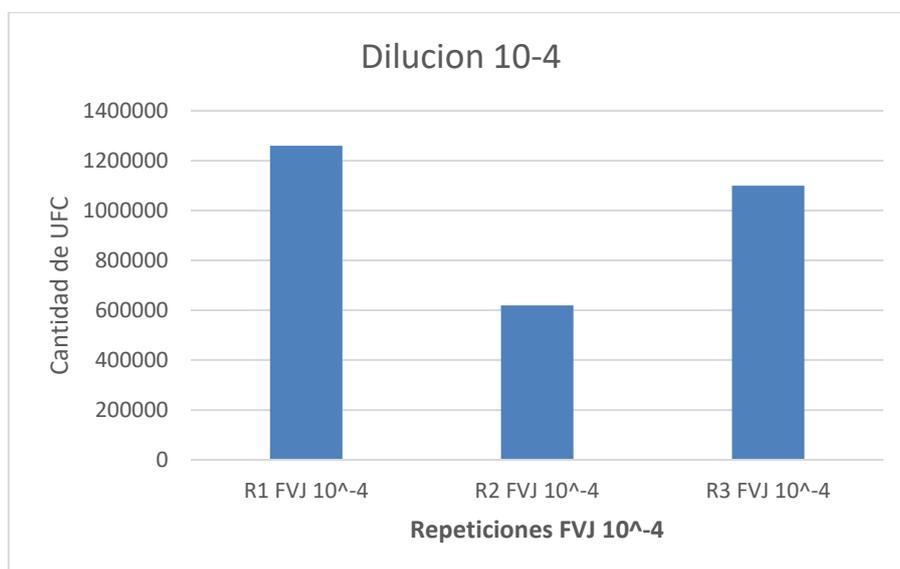
En la tabla 4-19 se observa los resultados de la clasificación de bacterias por especies



**Ilustración 4-16:** Clasificación de hongos por especies

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

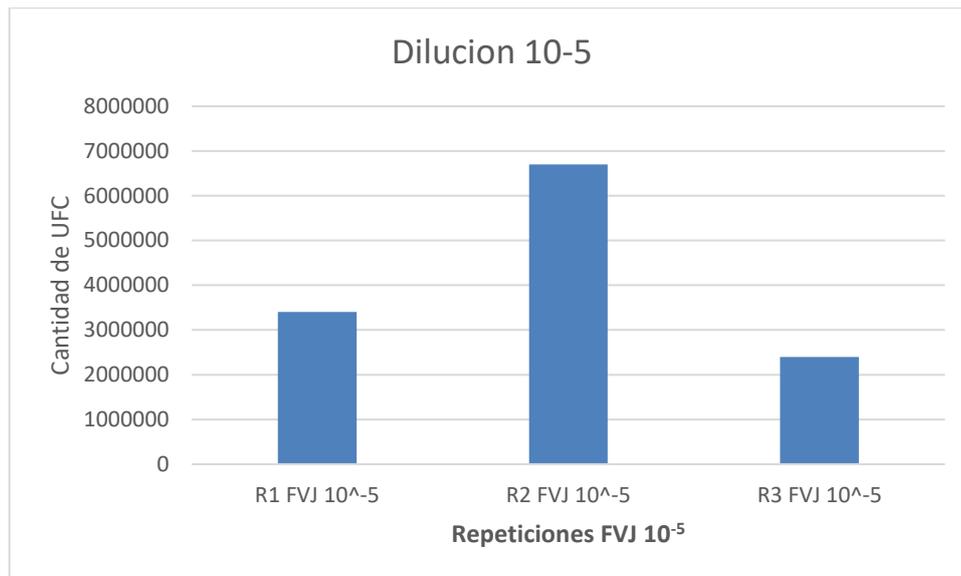
#### 4.3. Cuantificación de las UFC del biofertilizante presentes en agar nutritivo (AN) en dilución $10^{-4}$



**Ilustración 4-17:** Presencia de UFC en agar nutritivo en dilución  $10^{-4}$

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

#### 4.4. Determinación de UFC del biofertilizante presentes en agar nutritivo (AN) en dilución $10^{-5}$



**Ilustración 4-18:** Presencia de UFC en agar nutritivo en dilución 10-4

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

#### 4.5. Análisis estadístico inferencial sobre altura de tallo, longitud de la raíz, peso seco y peso fresco de la lechuga y el rábano

Para solventar los objetivos del proyecto se aplicó un Diseño Completamente Aleatorio para datos balanceados (mismo tamaño de muestra por concentración de biofertilizante estudiada y para el grupo control), el cual corresponde a un análisis de comparación de muestras sustentado en el comportamiento o ley de probabilidad de los datos, donde no se aplicó un enfoque estadístico paramétrico (ANOVAs para la comparación entre muestras) debido a la carencia de distribución normal en los datos; por el contrario, en los datos de las muestras recopiladas se procedió a desarrollar análisis estadísticos no paramétricos, donde se aplicaron pruebas de Kruskal Wallis y U de Man-Whitney, las cuales se basan en estadísticos robustos que tienen poca afectación ante valores no normales y atípicos. Las pruebas de hipótesis a continuación desarrolladas se evaluaron con un 95% de confianza en relación con el estudio desarrollado (significancia de 0.05 para los contrastes de hipótesis). Posteriormente se determinará un posible mejor tratamiento basado en la metodología de regresión en diseño experimental, considerando un diseño de Box Behnken de optimización de tratamientos basadas en superficies de respuesta de las dosis de fertilizante utilizadas (sin considerar a los grupos control) y el periodo de medición de estas muestras.

El proceso de levantamiento y recolección de información se desarrolló en el software Microsoft Excel. No obstante, el desarrollo de técnico estadístico inferencial fue aplicado en el software estadístico libre R, en su versión 4.1.0 y en la interfaz de R Studio.

#### 4.5.1. Altura del tallo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a los 12 días después de la siembra

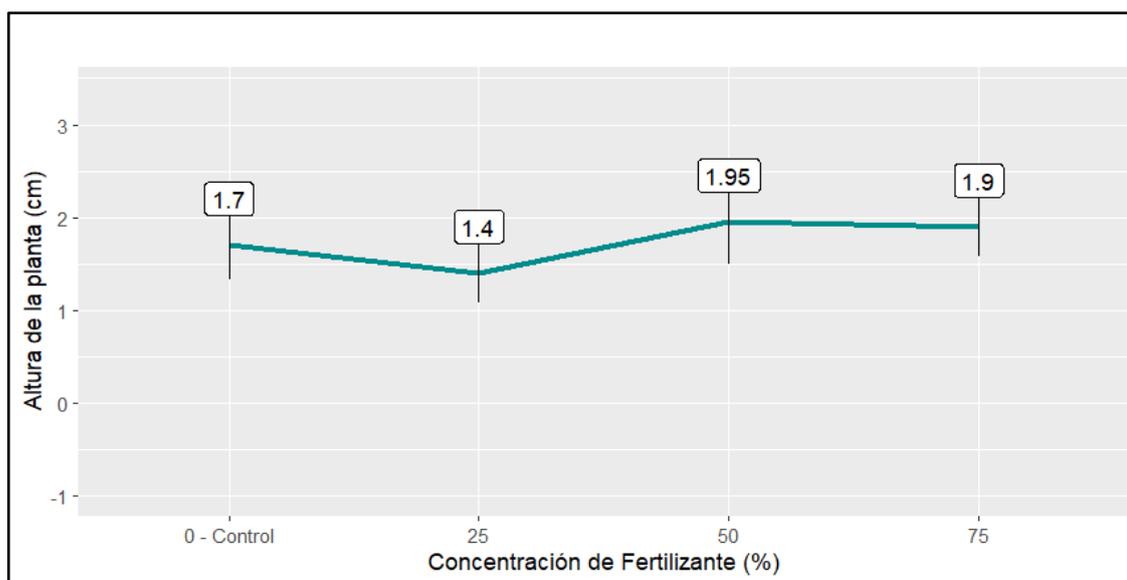
Al igual que en el análisis general, en este caso se empieza por el desarrollo a través de una prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis.

**Tabla 4-20:** Prueba de Kruskal-Wallis para la altura del tallo de la lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	39.86
<b>Grados de Libertad</b>	3
<b>Valor p</b>	0.00

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El resultado de la prueba de comparación de muestras indica un valor p de 0.00 ( $p < 0.05$ ), con lo que se pudo determinar que se rechaza la hipótesis nula, y se infiere que en cualquier caso la dosis de fertilizante en la lechuga si produce cambios significativos.



**Ilustración 4-19:** Efectos en la altura del tallo de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

De acuerdo con la ilustración 4-19, se determinó que el tratamiento con una dosis de 50% es el que mejores resultados presenta en cuanto a altura (1.95cm) en la lechuga, seguido de cerca por una concentración del biofertilizante de 75% (altura = 1.90cm). Se puede decir que estos valores

difieren significativamente del no uso de fertilizante (grupo control) y principalmente, de uso de solamente un 25% de este.

#### 4.5.2. Longitud de la raíz de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a los 12 días después de la siembra

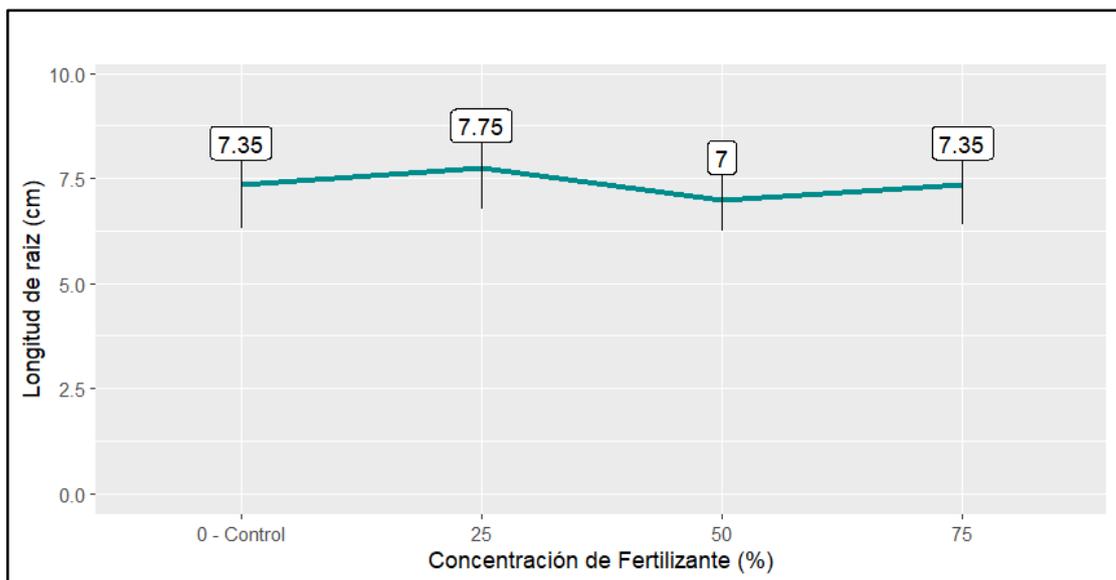
A continuación, se desarrolla el contraste de hipótesis se realizó a través de pruebas de hipótesis de Kruskal-Wallis, en este caso para contrastar las dosis de biofertilizante de vicuña con relación a la longitud de la raíz de las lechugas.

**Tabla 4-21:** Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de la raíz de lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>17.602</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.00</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El estadístico calculado en la prueba de comparación de muestras mostró un valor p de 0.00 ( $p < 0.05$ ), razón por la que se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula, y se puede decir que, en al menos un caso, la dosis de fertilizante produce diferencias significativas en la longitud de las raíces de las lechugas analizadas.



**Ilustración 4-20:** Efectos en la longitud de la raíz de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la ilustración 4-20, se observó que, a pesar de existir diferencias significativas entre los grupos, se puede observar tratamientos de biofertilizante que producen longitudes similares de raíces, no obstante, el tratamiento con una dosis de 25% optimiza la longitud de las raíces (7.75cm) de las lechugas.

#### **4.5.3. *Peso fresco de la lechuga (Lactuca sativa L.) a los 12 días después de la siembra***

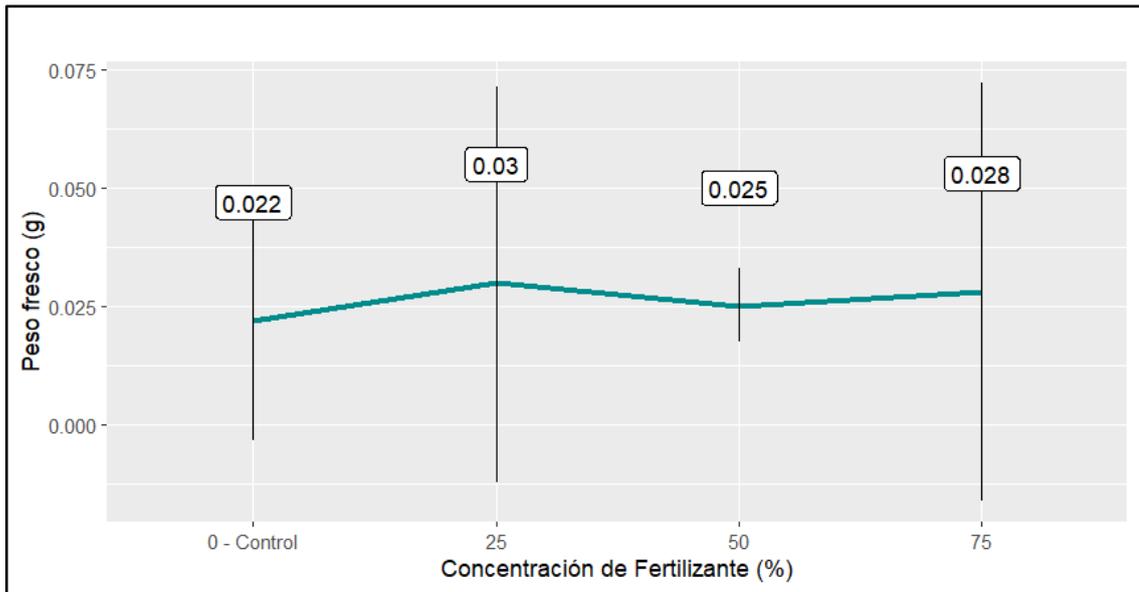
Se procedió a realizar el análisis de las diferentes proporciones de fertilizante utilizadas en el estudio con respecto al peso fresco de las plantas.

**Tabla 4-22:** Prueba de Kruskal-Wallis para el peso fresco de la lechuga con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>11.60</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.00</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Según la prueba de Kruskal-Wallis se ha determinado un valor p de 0.00, el cual resulta ser un valor menor a la significancia del estudio, con lo que se rechaza de la hipótesis nula, y por ende se puede decir que el peso de las lechugas frescas presenta un cambio significativo por las diferentes dosis de fertilizante utilizadas.



**Ilustración 4-21:** Efectos en el peso fresco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la ilustración 4-21, se determinó que, al igual que para las características anteriores, el peso fresco de las lechugas define diferencias estadísticas entre los grupos de fertilizantes en estudio, y se puede concluir que el tratamiento con una concentración de 25% de biofertilizante optimiza el peso fresco, puesto que genera un mayor peso (0.03 g).

#### 4.5.4. *Peso seco de la lechuga (Lactuca sativa L.) a los 12 días después de la siembra*

Posteriormente, se procedió con el análisis pertinente para el contraste entre las diferentes dosis de fertilizante y el peso seco de las lechugas que se han estudiado.

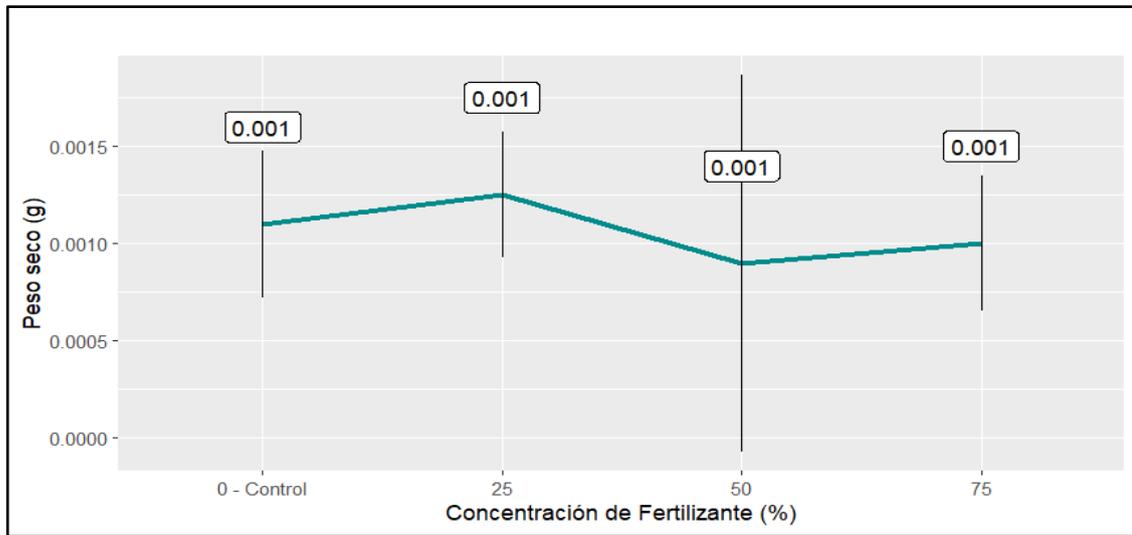
**Tabla 4-23:** Prueba de Kruskal-Wallis para el peso seco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>7.4266</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.00</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

La prueba de Kruskal-Wallis en este caso ha calculado un valor p de 0.00 ( $p < 0.05$ ), el cual resulta ser un valor menor al de la significancia del estudio, por lo que se ha determinado un rechazo de la hipótesis nula, y por tal motivo se concluyó que el peso seco de las lechugas ha presentado

diferencias estadísticamente significativas por las tres dosis de fertilizante utilizadas y el grupo control del estudio.



**Ilustración 4-22:** Efectos en el peso seco de la lechuga a los 12 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la ilustración 4-22, se pudo definir con claridad las similitudes estadísticas entre los pesos de las lechugas en seco, de acuerdo con la dosis de fertilizante utilizadas. En este caso, se determinó que, a pesar de las igualdades entre grupos, el tratamiento que optimiza el peso en seco de las lechugas es el que fue estudiado con una dosis de 25% de fertilizante orgánico de vicuña, aunque por únicamente un incremento de valores relativamente pequeños el cual, según las pruebas definidas anteriormente, esta diferencia es representativa.

#### **4.5.5. Optimización del tratamiento de biofertilizante combinado mediante el diseño de Box-Behnken**

##### **4.5.5.1. Altura de la Lechuga**

Se procedió con el estudio mediante diseño de Box-Behnken que permitió definir como optimizar el proceso experimental, a través de un análisis de regresión.

**Tabla 4-24:** Regresión de la dosis y tiempo de medición de las lechugas según la altura de la lechuga

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Estimado</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Valor p</b>	<b>Significancia</b>
<b>Intercepto</b>	1.45	91.13	0.00	
<b>Dosis de Fertilizante</b>	0.31	16.06	0.00	Variable significativa
<b>Tiempo de medición</b>	0.15	7.83	0.00	Variable significativa
R2 múltiple = 0.37				
Valor p del modelo = 0.00				

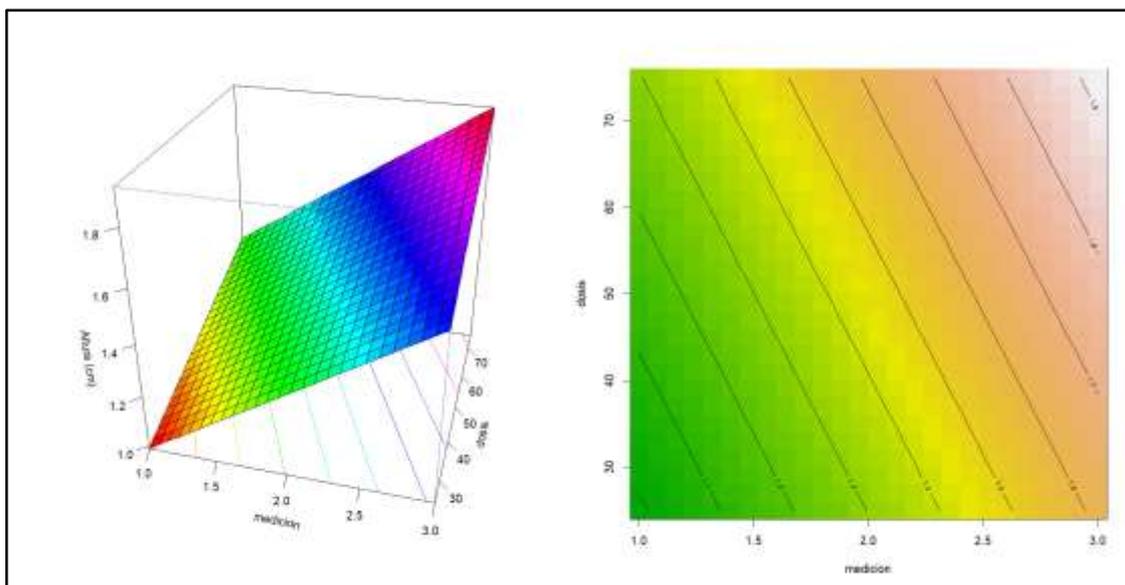
**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El análisis de regresión ha corroborado que las tres dosis de fertilizante vienen siendo significativas para explicar la altura de las lechugas, mientras que el tiempo en el cual se realiza la medición si resulta representativo. Además, se ha determinado que el modelo si es significativo para explicar la altura de las lechugas, aunque el coeficiente de determinación indica una explicación del 37% de la variabilidad del modelo para ajustar la altura de la lechuga basado en la dosis de fertilizante y los tiempos de medición utilizados en el experimento.

**Tabla 4-25:** Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de las lechugas

	<b>Dosis de Fertilizante</b>	<b>Medición</b>
<b>Direccionamiento ascendente en escala de 1</b>	0.44	0.089
<b>Direccionamiento ascendente en escala original</b>	10.97 %	Frecuencia poco menor a 3 días para rábano y poco menor que 4 días para lechuga

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.



**Ilustración 4-23:** Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la altura de las lechugas

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la tabla 4-25 y la ilustración 4-23 se pudo observar que los tiempos de medición son adecuados para el estudio del experimento y la dosis de biofertilizante utilizados en las lechugas. Se observa que el diseño de Box-Behnken menciona que se pueden observar cambios significativos en la dosis de fertilizante de vicuña indicando una optimización de los recursos cuando la medición es mayor, pero la cantidad de dosis del biofertilizante es menor al 50% (tratamiento intermedio).

#### 4.5.5.2. Longitud de la raíz de la lechuga

Se procedió con el análisis de regresión y el diseño de Box-Behnken para optimizar los valores de crecimiento de la planta con respecto a la longitud de la raíz de las lechugas.

**Tabla 4-26:** Regresión de la dosis y tiempo de medición de las plantas según la longitud de la raíz de la lechuga

Fuente de Variación	Estimado	Estadístico t	Valor p	Significancia
Intercepto	6.53	177.12	0.00 **	
Dosis de Fertilizante	-0.03	-0.71	0.48	Variable no significativa
Tiempo de medición	0.83	18.46	0.00 **	Variable significativa
R2 múltiple = 0.39				
Valor p del modelo = 0.00				

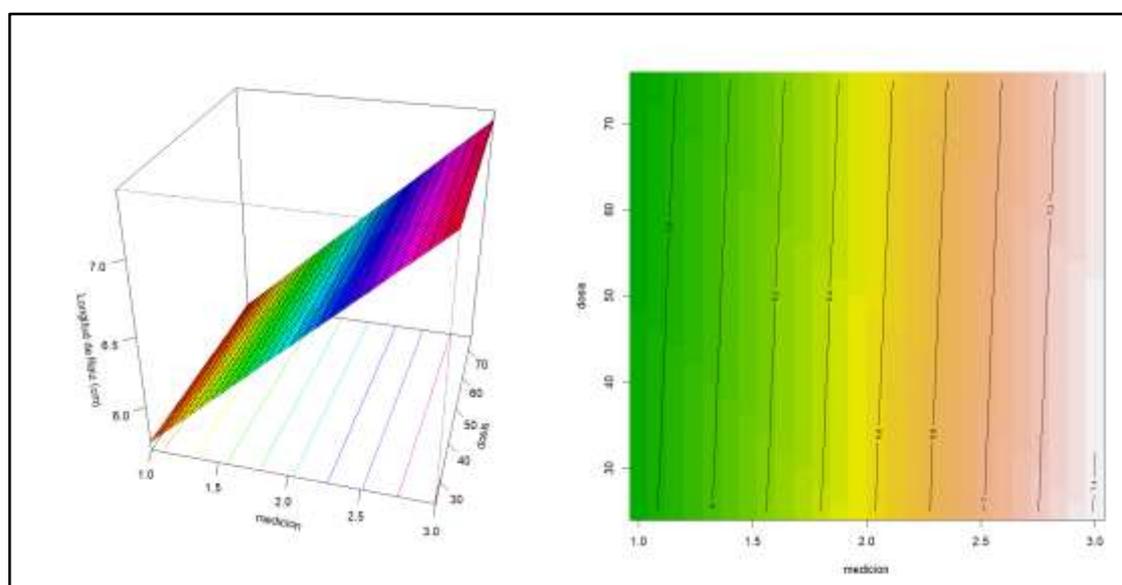
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

De acuerdo con la tabla 4-26, el análisis de regresión presenta resultados similares a lo ocurrido con la altura de la lechuga, donde se pudo verificar que las tres dosis de fertilizante utilizadas en el experimento no son significativas para explicar la longitud de las raíces de las lechugas, aunque, nuevamente, el tiempo en el cual se realiza la medición si resulta significativo para explicar la longitud de la raíz. Con estas conclusiones previamente mencionadas, se ha establecido que el modelo si es significativo para explicar la longitud de las raíces de las lechugas, aunque el coeficiente de determinación indica una explicación del 39% de la variabilidad de la longitud de las raíces de lechuga del modelo experimental con dosis de fertilizante y el tiempo de medición.

**Tabla 4-27:** Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la longitud de la raíz de las lechugas

	Dosis de Fertilizante	Medición
<b>Direccionamiento ascendente en escala de 1</b>	- 0.03	1.000
<b>Direccionamiento ascendente en escala original</b>	- 0.95%	Cada 3 días para rábano Cada 4 días para lechuga

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.



**Ilustración 4-24:** Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la longitud de la raíz

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Según la tabla 4-27 y la ilustración 4-24 se definió que los tiempos de medición son pertinentes para el estudio del presente experimento, no obstante, de acuerdo con la regresión y el

direccionamiento ascendente se recomienda optimizar los tratamientos en base a la dosis de fertilizante utilizados, puesto que se observó que la recomendación del diseño de Box-Behnken menciona que se mantienen prácticamente invariante ante la longitud de raíz de las lechugas.

#### 4.5.6. *Altura del tallo del rábano (Raphanus sativus L.) a los 9 días después de la siembra*

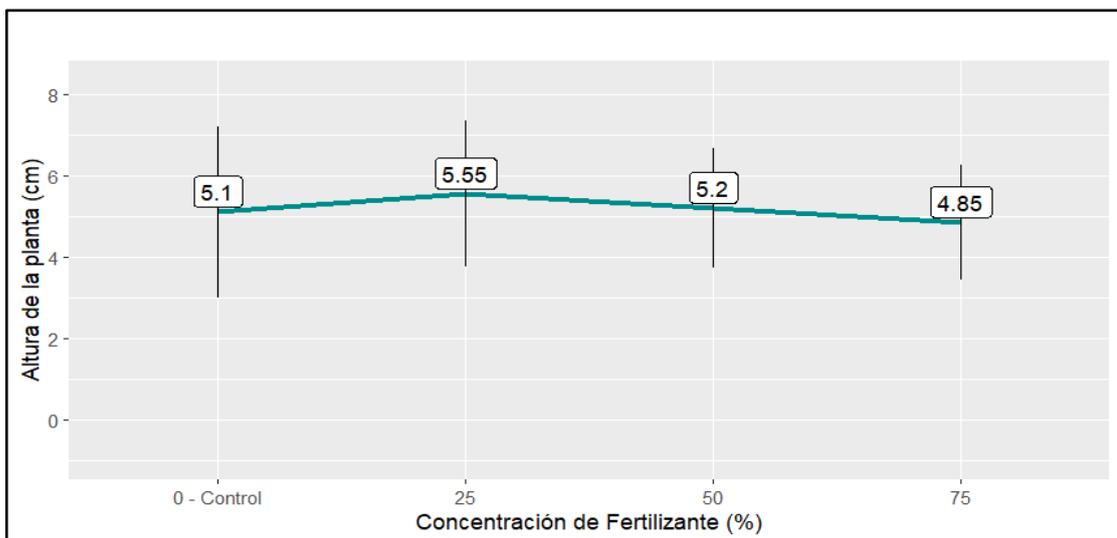
Al igual que en el análisis general, en este caso se empieza por el desarrollo a través de una prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis.

**Tabla 4-28:** Prueba de Kruskal-Wallis para la altura del tallo del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>5.36</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.15</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El resultado de la prueba de comparación de muestras indica un valor p de 0.15 ( $p > 0.05$ ), con lo que se pudo determinar que no se rechaza la hipótesis nula, y se infiere que en cualquier caso la dosis de fertilizante en rábanos no produce cambios significativos.



**Ilustración 4-25:** Efectos en la altura del tallo del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

De acuerdo con la ilustración 4-25, se determinó que el tratamiento con una dosis de 25% es el que mejores resultados presenta en cuanto a altura (5.55cm) en el rábano, seguido de cerca por estadísticamente todos los demás tratamientos al no definirse una real diferencia entre las muestras analizadas.

#### 4.5.7. Longitud de la raíz del rábano (*Raphanus sativus* L.) a los 9 días después de la siembra

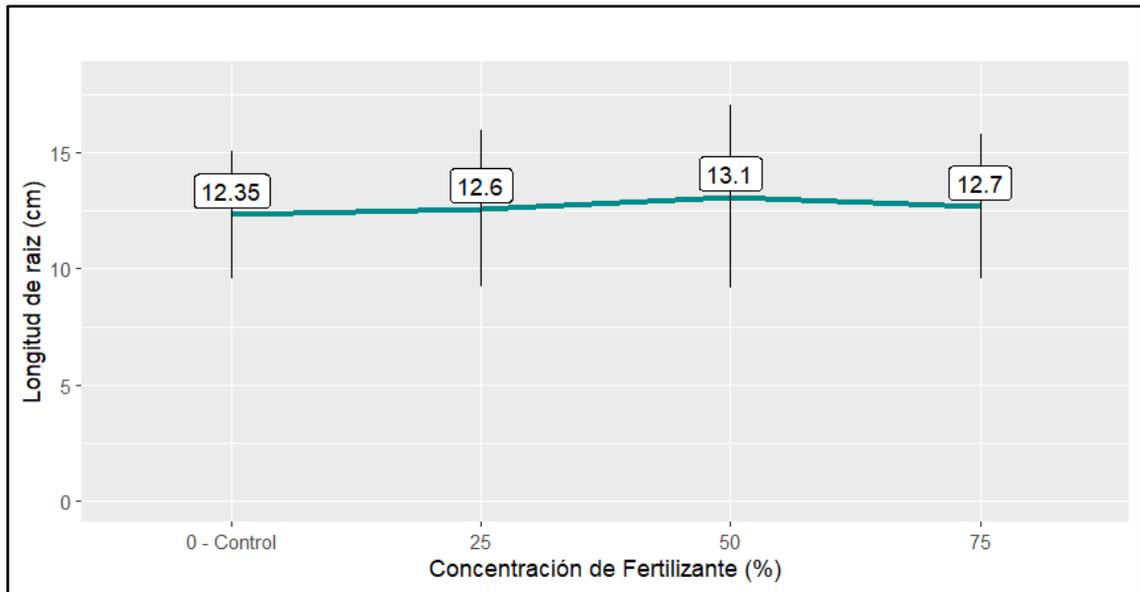
A continuación, se desarrolla el contraste de hipótesis se realizó a través de pruebas de hipótesis de Kruskal-Wallis, en este caso para contrastar las dosis de biofertilizante de vicuña con relación a la longitud de la raíz de los rábanos.

**Tabla 4-29:** Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de la raíz del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>4.67</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.19</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El estadístico calculado en la prueba de comparación de muestras mostró un valor p de 0.19 ( $p > 0.05$ ), razón por la que se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula, y se puede decir que, en todos los casos, la dosis de fertilizante no produce diferencias significativas en la longitud de las raíces de los rábanos analizados.



**Ilustración 4-26:** Efecto en la longitud de la raíz del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la ilustración 4-26, se observó que, claramente existen igualdades significativas entre los grupos, donde no se puede apreciar tratamientos de biofertilizante que producen longitudes de raíces con un claro margen de diferencia.

#### 4.5.8. *Peso fresco del rábano (Raphanus sativus L.) a los 9 días después de la siembra*

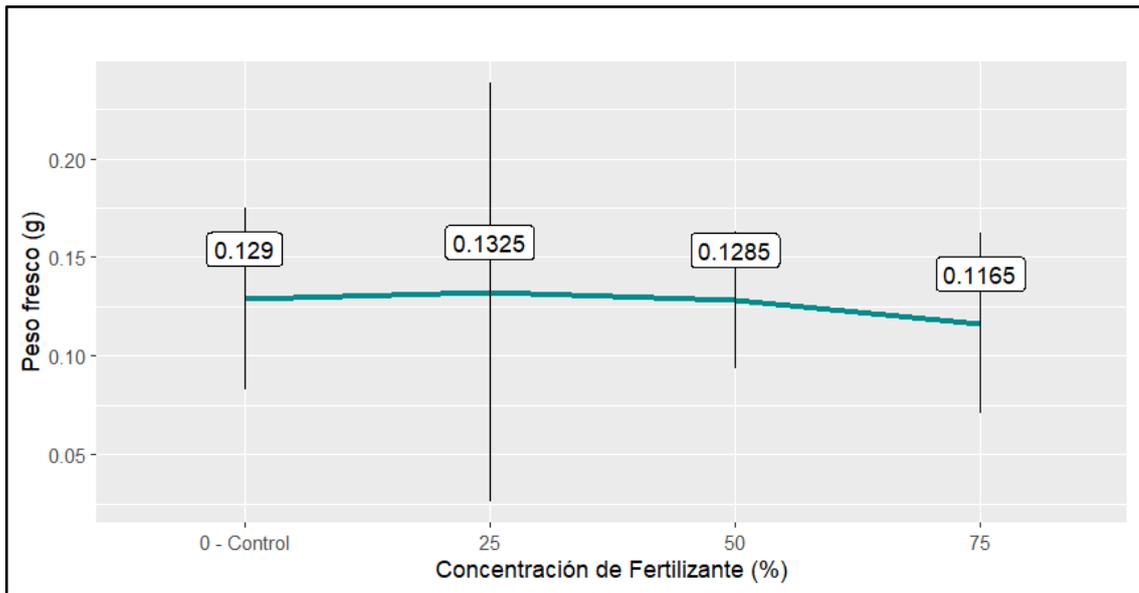
Se procedió a realizar el análisis de las diferentes proporciones de fertilizante utilizadas en el estudio con respecto al peso fresco de los rábanos.

**Tabla 4-30:** Prueba de Kruskal-Wallis para el peso fresco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>4.15</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.25</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Según la prueba de Kruskal-Wallis se ha determinado un valor p de 0.25 ( $p > 0.05$ ), el cual resulta ser un valor mayor a la significancia del estudio, con lo que se define un no rechazo de la hipótesis nula, y por ende se puede decir que el peso de los rábanos frescos no presenta cambios significativos por las diferentes dosis de fertilizante utilizadas.



**Ilustración 4-27:** Efecto en el peso fresco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

En la ilustración 4-27, se determinó que, al igual que para las características anteriores, el peso fresco de los rábanos no establecen diferencias estadísticas entre los grupos de fertilizantes en estudio, y se puede concluir que el tratamiento, indiferente de la concentración de dosis de biofertilizante no permite una optimización en el peso fresco.

#### 4.5.9. *Peso seco del rábano (Raphanus sativus L.) a los 9 días después de la siembra*

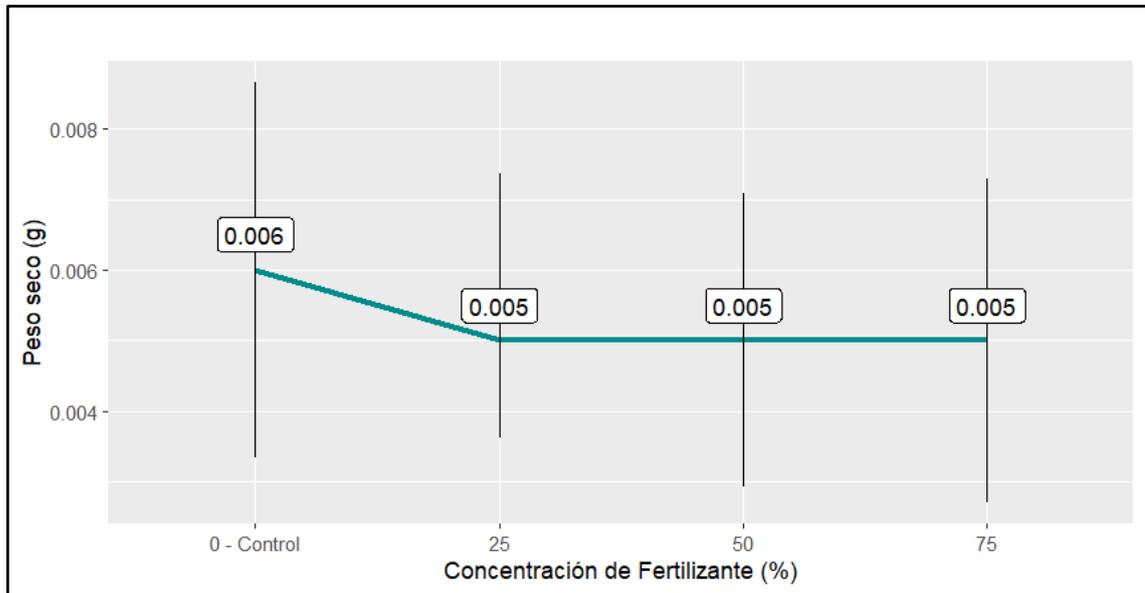
Posteriormente, se procedió con el análisis pertinente para el contraste entre las diferentes dosis de fertilizante y el peso seco de los rábanos que se han estudiado.

**Tabla 4-31:** Prueba de Kruskal-Wallis para el peso seco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

<b>Estadístico</b>	<b>4.58</b>
<b>Grados de Libertad</b>	<b>3</b>
<b>Valor p</b>	<b>0.20</b>

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

La prueba de Kruskal-Wallis en este caso ha calculado un valor p de 0.20 ( $p > 0.05$ ), el cual resulta ser un valor mayor al de la significancia del estudio, por lo que se ha determinado un no rechazo de la hipótesis nula, y por tal motivo se concluyó que el peso seco de los rábanos no ha presentado diferencias estadísticamente significativas por las tres dosis de fertilizante utilizadas y el grupo control del estudio.



**Ilustración 4-28:** Efectos en el peso seco del rábano a los 9 días con diferentes dosis de biofertilizante combinado

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la ilustración 4-28, se pudo definir con claridad las similitudes estadísticas entre los pesos de los rábanos en seco, de acuerdo con la dosis de fertilizante utilizadas. En este caso, se determinó que, a pesar de las igualdades entre grupos, el tratamiento que optimiza el peso en seco de los rábanos presenta el grupo control y la dosis de biofertilizante podría estar afectando para mal este factor en rábanos.

#### ***4.5.10. Optimización de un mejor tratamiento de fertilizante mediante por diseño de Box-Behnken en los rábanos***

##### ***4.5.10.1. Altura de los rábanos***

Se procedió con el estudio mediante diseño de Box-Behnken que permitió definir como optimizar el proceso experimental, a través de un análisis de regresión.

**Tabla 4-32:** Regresión de la dosis y tiempo de medición de los rábanos según la altura

Fuente de Variación	Estimado	Estadístico t	Valor p	Significancia
<b>Intercepto</b>	4.28	67.70	0.00	
<b>Dosis de Fertilizante</b>	-0.19	-2.48	0.00	Variable significativa
<b>Tiempo de medición</b>	1.02	13.46	0.01	Variable significativa
R2 múltiple = 0.26				
Valor p del modelo = 0.00				

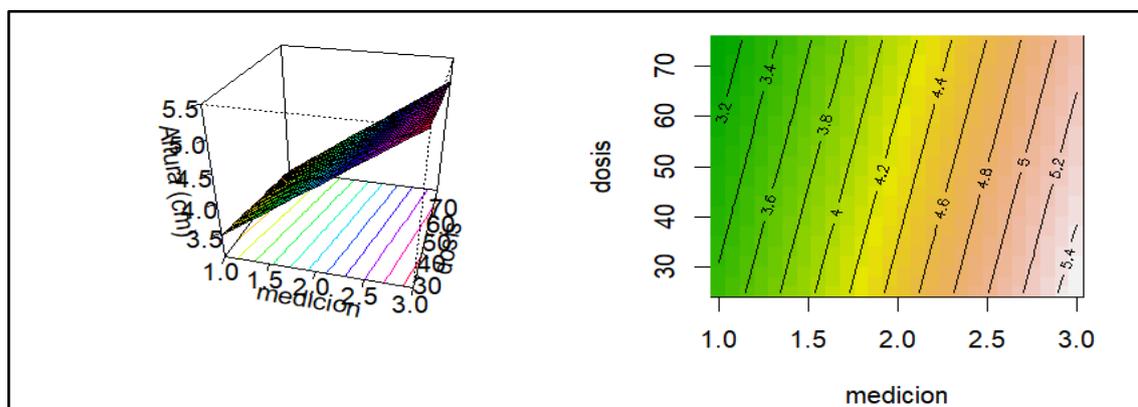
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

El análisis de regresión ha corroborado que las tres dosis de fertilizante vienen siendo significativas para explicar la altura de los rábanos, mientras que el tiempo en el cual se realiza la medición también resulta representativo. Además, se ha determinado que el modelo si es significativo para explicar la altura de los rábanos, aunque el coeficiente de determinación indica una explicación del 26% de explicación conjunto entre la dosis de fertilizante y los tiempos de medición de los tratamientos, sobre los valores observados de la altura de los rábanos.

**Tabla 4-33:** Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de los rábanos

	Dosis de Fertilizante	Medición
<b>Direccionamiento ascendente en escala de 1</b>	0.44	1.0000
<b>Direccionamiento ascendente en escala original</b>	-4.54%	Frecuencia de medición de cada 3 días para rábano y cada 4 días para lechuga

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.



**Ilustración 4-29:** Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la altura de los rábanos

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Con respecto a la tabla 4-33 y la ilustración 4-29 se pudo observar que los tiempos de medición son adecuados para el estudio del experimento y la dosis de biofertilizante utilizados en los rábanos. Se observa que el diseño de Box-Behnken menciona que se pueden observar cambios significativos en la dosis de fertilizante de vicuña indicando una optimización de los recursos cuando la medición es mayor, mismo comportamiento que se recomienda analizar en las dosis de fertilizante, donde se determinó que más dosis pueden presentar mejores resultados (aunque poco significativos).

#### 4.5.10.2. Longitud de la raíz de los rábanos

Se procedió con el análisis de regresión y el diseño de Box-Behnken para optimizar los valores de crecimiento de la planta de rábano con respecto a la longitud de la raíz de los rábanos.

**Tabla 4-34:** Regresión de la dosis y tiempo de medición de las plantas según la longitud de la raíz de los rábanos

Fuente de Variación	Estimado	Estadístico t	Valor p	Significancia
<b>Intercepto</b>	10.67	76.65	0.00 **	
<b>Dosis de Fertilizante</b>	-0.08	-0.456	0.48	Variable no significativa
<b>Tiempo de medición</b>	1.81	10.67	0.00 **	Variable significativa
R2 múltiple = 0.17				
Valor p del modelo = 0.00				

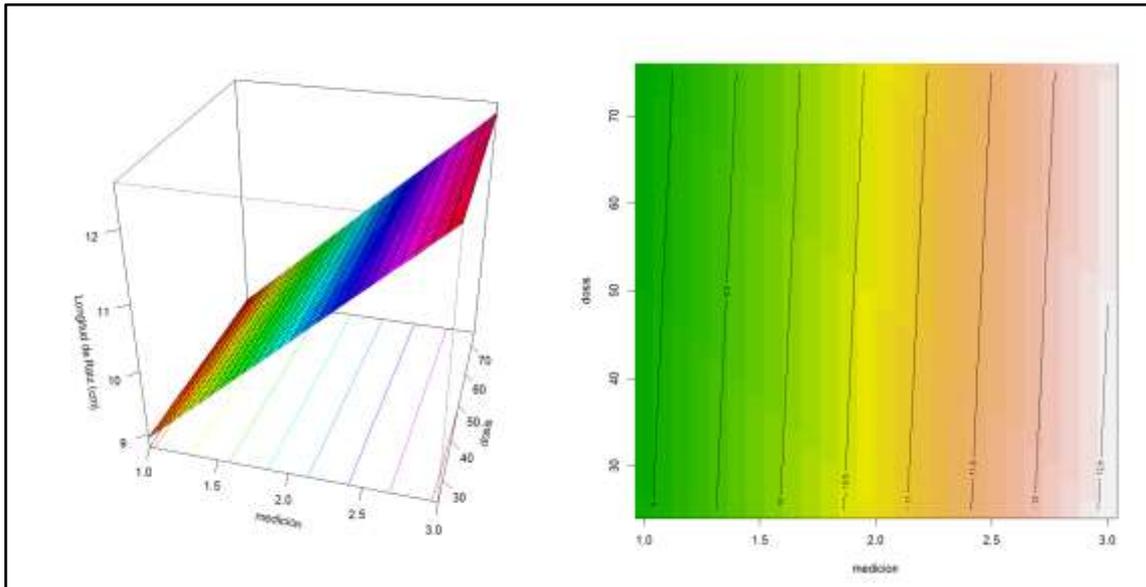
Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

De acuerdo con la tabla 4-34, el análisis de regresión indica que las tres dosis de fertilizante utilizadas en el experimento no son significativas para explicar la longitud de las raíces de rábanos, aunque, por otra ocasión, el tiempo en el cual se realiza la medición si resulta significativo para explicar la longitud de la raíz. Con estas conclusiones previamente mencionadas, se ha establecido que el modelo si es significativo para explicar la longitud de las raíces de los rábanos, aunque el coeficiente de determinación indica una explicación del 17% de las longitudes de raíces observadas (por la concentración de biofertilizante y el tiempo de medición).

**Tabla 4-35:** Dirección de ascenso pronunciado para optimización de la altura de los rábanos

	Dosis de Fertilizante	Medición
Direccionamiento ascendente en escala de 1	- 0.04	1.0000
Direccionamiento ascendente en escala original	- 1.06%	Cada 3 días para rábano Cada 4 días para lechuga

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.



**Ilustración 4-30:** Superficie de respuesta según la dosis del fertilizante y las mediciones realizadas en base a la longitud de la raíz de los rábanos

Realizado por: Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Según la tabla 4-35 y la ilustración 4-30 se definió que los tiempos de medición son adecuados para el estudio del presente experimento, no obstante, de acuerdo con la regresión y el direccionamiento ascendente se recomienda optimizar los tratamientos en base a la dosis de fertilizante utilizados en los rábanos no producen diferencias visibles, incluso en el diseño de Box-Behnken, determinando que se pueden mantener prácticamente invariante ante la longitud de raíz de los rábanos ante los cambios presentados por las dosis de fertilizante, aunque se recomienda modificarlo en proporciones bajas.

#### 4.6. Análisis económico

Se realizó el análisis mediante la relación beneficio/costo para establecer que tratamiento posee mayor rentabilidad.

La comunidad Corazón de Jesús, ubicada en la parroquia de San Luis en el Cantón Riobamba, posee una superficie de 117,12 ha de las cuales 86,17 ha, están destinadas al sector agropecuario y el 30,95 ha pertenece a la vegetación arbustiva. Los suelos de esta comunidad son fértiles de textura franca o franco-arenosa, poca materia orgánica, buena retención de humedad, pH ligeramente ácido, suelos de poca pendiente aptos para la mecanización (Delli, 2022, págs. 1-86).

**Tabla 4-36:** Análisis económico de fertilizante orgánico

	<b>Costo producto</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>Ganancia unidad</b>
<b>FVD25%</b>	0,08725	\$0,35	\$0,26
<b>FVD50%</b>	0,1025	\$0,41	\$0,31
<b>FVD75%</b>	0,11775	\$0,47	\$0,35

**Realizado por:** Barahona, L.; Rojas, E., 2023.

Como se puede apreciar en la tabla 4-36 que el tratamiento del biofertilizante FVD25% (dosis de 10 ml/L) obtuvo un precio de venta de 0,35 centavos de dólar, con una ganancia neta de 0,26 centavos de dólar; el tratamiento FVD50% (dosis de 10 ml/L) obtuvo un precio de venta de 0,41 centavos de dólar, con una ganancia neta de 0,31 centavos de dólar; el tratamiento FVD75% (dosis de 10 ml/L) obtuvo un precio de venta de 0,47 centavos de dólar, con una ganancia neta de 0,35 centavos de dólar, lo que equivale a un 75% de rentabilidad en todos los tratamientos.

Se pudo apreciar que el tratamiento que el tratamiento FVD50% refleja un mayor beneficio costo.

## **Discusión**

- En la evaluación fisicoquímica del biofertilizante como fuente de nutrientes para las plantas se obtuvo un pH ligeramente ácido de 5,1. Según Larco (2005, págs. 1-136), al aplicar un fertilizante orgánico el nitrógeno se convierte en amoníaco en suelos con pH neutros o alcalinos y se perderá por lixiviación, por lo que es necesario mantener un rango óptimo de pH (4,8 – 5,5). La conductividad eléctrica, la densidad y la humedad también son indicadores clave de la calidad del fertilizante y los valores obtenidos (2,23 mS/cm, 0,9908 mg/L y 78,9%, respectivamente) siguieron una composición que beneficia el desarrollo vegetal. La conductividad eléctrica refleja la concentración de sales solubles (nitritos, nitratos, carbonatos, sulfitos y sulfatos, etc.) en el fertilizante, los biofertilizantes suelen tener un rango de 1 a 3 mS/cm; a mayor rango de conductividad eléctrica disminuye la toma de nutrientes esenciales y aumentar la concentración de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> (Verma et al., 2019, págs. 1-8).

- El contenido de micronutrientes, esenciales para las plantas lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.). Según lo establecido en la norma INEN 211:98 permite una tolerancia de  $\pm 0.15\%$  para el magnesio. En este caso, el valor obtenido del biofertilizante es de 0,423% cumple con lo establecido; para el hierro permite una tolerancia de  $\pm 0.02\%$ . En este caso, el valor obtenido de  $<0.00004\%$  cumple con lo establecido, ya que es menor que el límite inferior de detección; para el calcio permite una tolerancia de  $\pm 0.2\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.193% cumple con lo establecido; para el sodio permite una tolerancia de  $\pm 0.15\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.0331% cumple con lo establecido; para el boro permite una tolerancia de  $\pm 0.05\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.13% cumple con lo establecido; para el cobre permite una tolerancia de  $\pm 0.05\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.04% cumple con lo establecido; para el manganeso permite una tolerancia de  $\pm 0.05\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.04% cumple con lo establecido; para el azufre permite una tolerancia de  $\pm 0.1\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.031% cumple con lo establecido.
- El contenido de macronutrientes, esenciales para las plantas lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.). Según lo establecido en la norma INEN 211:98 permite una tolerancia de  $\pm 0.2\%$  nitrógeno total. En este caso, el valor obtenido de 0.59% cumple con lo establecido; para el fósforo total permite una tolerancia de  $\pm 0.2\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.73% cumple con lo establecido; para el potasio total permite una tolerancia de  $\pm 0.2\%$ . En este caso, el valor obtenido de 0.23% cumple con lo establecido.
- Dado que la fuente principal del biofertilizante es estiércol de vicuña, el contenido de materia orgánica Según Cajamarca, (2012, págs. 1-118) es esencial ya que actúa como amortiguador disminuyendo la acidez generada. El valor de 0.92% sugiere una proporción significativa, lo que es eficaz para el enriquecimiento del suelo. El carbono orgánico total, contribuye a la actividad microbiana del suelo y promueve la descomposición de materia orgánica. Según Marquez et al., (2007, págs. 1-16) la relación C/N es importante ya que influyen en la velocidad del proceso; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye debido a que los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono ralentizando el proceso. En el biofertilizante la relación C/N fue de 36,31.
- En la ilustración 4-17 se pudo apreciar la cantidad de microorganismos en el medio de cultivo de bacterias en dilución  $10^{-4}$ , se obtuvo un promedio con menor presencia de UFC con valor de  $6 \times 10^5$  y el promedio con mayor presencia de UFC un valor de  $1.2 \times 10^6$ . Para la dilución  $10^{-5}$  se obtuvo un promedio con menor presencia de UFC con valor de  $2,4 \times 10^6$  y el

promedio con mayor presencia de UFC un valor de  $6.7 \times 10^6$ . Según Castellanos, (2015, pág. 72) en el medio de cultivo de microorganismos las bacterias son más numerosas, ya que desempeñan un papel crucial en los procesos biológicos que sustentan la fertilidad del suelo.

- De acuerdo con Rojas et al., (2010, págs. 1-17) las bacterias son capaces de producir ácido indolacético, una hormona vegetal que ayuda a estimular el crecimiento de las plantas. Además, también puede solubilizar nutrientes en el suelo y fijar nitrógeno atmosférico. Según Ahmad et al., (2005, págs. 1-29) Dentro de los géneros de bacterias de este tipo se tienen *Clostridium*, *Leuconostoc*, *Raouletlla* y *Acinetobacter*, que se ha demostrado que promueve el crecimiento vegetal
- Según Castellanos et al., (2015, págs. 1-14) la presencia de hongos en la materia orgánica es fácilmente aprovechable. Los hongos filamentosos como *Sordaria fimicola* y *Fusarium incarnatum* puede actuar como promotores de crecimiento vegetal mediante la absorción de nutrientes, especialmente fosfato, además de, mejora la tolerancia a factores estresantes como la sequía y las altas temperaturas. De acuerdo con Syla et al., (2005, pág. 6) los hongos filamentosos son importantes porque son fuente de alimento para otros organismos, en algunos casos actúan como fitopatógenos, sin embargo, crean relaciones benéficas como la simbiosis con la planta que le permiten, son saprofitos, degradan residuos de las cosechas y son agentes bióticos de mejora de la estructura y aireación del suelo
- El análisis revela que la lechuga (*Lactuca sativa* L.) responde de manera significativa a las diferentes dosis de biofertilizante en términos de altura del tallo, longitud de la raíz, peso fresco y peso seco. La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas entre las dosis, con la dosis del 25% destacándose como óptima para la longitud de la raíz, peso fresco y peso seco. Sin embargo, Chávez, (2020, págs. 1-14) sugieren que dosis más bajas pueden ser eficientes para potenciar el crecimiento y rendimiento de la lechuga. El análisis de regresión respalda la influencia significativa de las dosis y el tiempo de medición en las características de crecimiento de la lechuga. Se observa que la frecuencia de medición tiene un impacto en la altura del tallo, mientras que las dosis afectan la longitud de la raíz, el peso fresco y el peso seco. Esto destaca la importancia de considerar tanto la concentración del biofertilizante como la frecuencia de aplicación para optimizar el rendimiento de la lechuga. los resultados indican que la lechuga exhibe respuestas específicas a las dosis de biofertilizante, y se recomienda la aplicación de dosis bajas, especialmente del 25%, para mejorar el crecimiento y rendimiento de esta especie vegetal.

- El rábano (*Raphanus sativus* L.) no mostró diferencias significativas entre las dosis de biofertilizante en términos de altura del tallo, longitud de la raíz, peso fresco y peso seco. La prueba de Kruskal-Wallis no reveló variaciones estadísticamente significativas entre los grupos, sugiriendo que la respuesta del rábano a diferentes concentraciones de biofertilizante es más homogénea. El análisis de regresión no demostró una influencia significativa de las dosis en las características de crecimiento del rábano, lo que refuerza la conclusión de que las variaciones en la concentración de biofertilizante no afectan de manera considerable el desarrollo de esta especie. Los resultados sugieren que, a diferencia de la lechuga, el rábano no responde significativamente a las variaciones en las dosis de biofertilizante utilizadas en este estudio. Según Tercero y Portillo (2012, págs. 1-33) destaca la importancia de considerar las necesidades específicas (cantidad de potasio, fósforo y calcio) de cada especie vegetal al implementar estrategias de fertilización. Además, en las primeras etapas de desarrollo, la plántula depende principalmente de las reservas nutricionales almacenadas en el endospermo. La aplicación de fertilizantes resulta ineficaz porque la plántula aún no ha establecido completamente sus sistemas de absorción y transporte de nutrientes.
- La rentabilidad de tratamientos con diferentes dosis de un biofertilizante en suelos fértiles de una comunidad en el Cantón Riobamba. Los resultados muestran que los tres tratamientos (FVD25%, FVD50%, y FVD75%) son rentables, con una ganancia neta que representa una rentabilidad del 75%. Sin embargo, el tratamiento FVD50%, resultó tener mayor ganancia neta, y por lo tanto, mayor rentabilidad, en comparación con los otros dos tratamientos y que un aumento en la dosis no necesariamente proporcionaría mayores ganancias netas. Según Delli, (2022, págs. 1-86) es importante tener en cuenta que este resultado se aplica específicamente a la comunidad Corazón de Jesús y a las condiciones de suelos y cultivos existentes en ese lugar, y puede variar en otras ubicaciones y condiciones diferentes.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El biofertilizante evaluado muestra propiedades fisicoquímicas tuvo un pH ligeramente ácido de 5,1.
- La concentración de micronutrientes y macronutrientes en el biofertilizante cumple con tolerancias establecidas en la norma NTE INEN 211:98, garantizando un equilibrio adecuado de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.
- La presencia significativa de materia orgánica, proveniente del estiércol de vicuña, actúa como un amortiguador que reduce la acidez del suelo, y la relación C/N equilibrada favorece la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica.
- El biofertilizante exhibe una rica diversidad microbiológica, con bacterias y hongos filamentosos que desempeñan funciones cruciales para el crecimiento vegetal, como la producción de hormonas, solubilización de nutrientes y fijación de nitrógeno.
- La lechuga responde positivamente a las dosis de biofertilizante, destacándose la dosis del 25% como la óptima para su crecimiento y rendimiento. En cambio, el rábano muestra una respuesta más homogénea a las diferentes concentraciones
- El análisis de beneficio/costo demuestra que los tratamientos con biofertilizante son rentables, con una ganancia neta del 75%. El tratamiento FVD50% se destaca por su mayor rentabilidad, indicando que dosis más altas no necesariamente generan mayores ganancias netas
- Se destaca que las conclusiones son específicas para la comunidad Corazón de Jesús y sus condiciones particulares de suelo y cultivos. Es esencial reconocer la variabilidad y adaptabilidad del biofertilizante en otros contextos y condiciones

#### 5.2. Recomendaciones

- Explorar la posibilidad de desarrollar biofertilizantes específicos para diferentes cultivos o condiciones del suelo
- Realizar análisis de suelo en áreas donde se aplique el biofertilizante para ajustar la dosis de aplicación según las necesidades del suelo
- Realizar pruebas de campo controladas para evaluar el rendimiento del biofertilizante en diferentes condiciones
- Se recomienda probar el biofertilizante en otras especies vegetales.

## **GLOSARIO**

**Bacterias:** Son organismos unicelulares que pertenecen al grupo de los procariontes, presentan una gran diversidad de formas conocidas como filamentos, cocos, bacilos, vibrios y espirilos, miden entre 0.5 y 5  $\mu$  de longitud (Sanchez, 2017, págs. 1-8).

**Hongos:** Son organismos eucariotas que presentan esporas y no presentan clorofila ni cloroplastos, pueden reproducirse sexual y asexualmente, presentan estructuras somáticas, filamentosas y ramificadas, los cubren paredes de celulosa o quitina (Cuevas, 2016, págs. 1-10).

**Biofertilizante:** Producto que contiene nutrientes junto con microorganismos vivos o latentes, que se agregan al suelo con el objeto de aumentar la disponibilidad y absorción de minerales por parte de las plantas (Cardozo et al., 2021, págs. 1-15).

**Estercoleros:** Deposito de excremento de camélidos y otros animales (Narváz y Benitez, 2010, págs. 1-31).

**Hojarasca:** Material vegetal que se acumula sobre el suelo e importante para la descomposición de la materia orgánica (Huber y Oyarzún, 1983, págs. 1-11).

## BIBLIOGRAFÍA

**AHMAD, F.; et al.** “Indole Acetic Acid Production by the Indigenous Isolates of Azotobacter and Fluorescent Pseudomonas in the Present Pseudomonas in the Presence and Absence of Tryptophan”. *Turkish Journal of Biology* [en línea], 2005, vol. 29(1), págs. 1-29. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: <https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=2147&context=biology>

**ARMENTA, A. D.; et al.** “Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México”. *Ra Ximhai* [en línea], 2010, vol. 6(1), págs. 51–56. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46112896007.pdf>

**BAROJA, G.; et al.** *Hablemos de riego* [en línea]. Quito - Ecuador: El Telégrafo EP. 2014. [Consulta: 3 noviembre 2023]. ISBN: 978-9942-11-054-1. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>

**BAUDOIN, A.** *Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas* [en línea]. Ecuador: Ediciones Publicas, 2017. [Consulta: 27 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/b7d6528c-66de-3c1d-bb00-22c57a1034b8/4fb10878-f578-e41b-69d2-c5353ccc2219>

**BIZZOZERO, F.** *Biofertilizantes. Nutriendo cultivos sanos* (CEUTA.). Montevideo: Framtidsjorden, 2006, págs. 5-47.

**BONFIGLIO, F. & HERNÁNDEZ, R.** Caracterización nutricional de tres cultivares de tomate industria [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación). Universidad de la República, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Montevideo-Uruguay. 2013. págs. 1-78. [Consulta: 21 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/fead8a37-2fe5-3f85-b7f0-6493f7e9b2e4/1dc610f0-fbaf-b431-23ff-ab23f8d7f7b5>

**CABIESES, F. & LOZANO, N.** *La historia del tomate* [en línea]. Ecuador: Imprenta Libre, 2023. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/a0ebfe3a-e24c-3a5a-bf5c-99dfb1624e4a/4a452444-ef34-be4f-5f8c-71eeaadcd6b5>

**CAJAMARCA, D.** Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuenca, Ecuador. 2005. págs. 1-118. [Consulta: 8 enero 2024]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>

**CANNA.** Influencia de la temperatura ambiental en las plantas. *Canna* [en línea]. 2018. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.canna.es/influencia\\_temperatura\\_ambiental\\_en\\_las\\_plantas](https://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas)

**CARDOZO, A.; et al.** *Manual para la elaboración de biofertilizante a partir de desechos agropecuarios* [en línea]. S.l.: FONTAGRO. 2021. [Consulta: 18 enero 2024]. Disponible en: [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16680\\_-\\_Producto\\_5.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16680_-_Producto_5.pdf)

**CASTELLANOS, J.; et al.** “Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], 2015, vol. 9(1), págs. 1-29. [Consulta: 8 enero 2024]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a07.pdf>

**CASTRO, L. et al.** “Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero” *Revista Agraria* [en línea], 2011, vol. 35(2), págs. 1-12. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/97853aaf-f594-3de7-b014-cf37181b12bb/3a061f99-b98f-7939-71d2-a75eef943ea9>

**CHÁVEZ, I.** “Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agrobiotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México”. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* [en línea], 2020, vol. 11(6), págs. 1-33. [Consulta: 15 enero 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n6/2007-0934-remexca-11-06-1423.pdf>

**CHEMONICS.** *Manual del cultivo de tomate* [en línea]. Ecuador: Che-Inter, 2008. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/0ab851d9-fee-361d-91a4-6aba3090a159/3262a6dd-e795-c03b-358b-dd61ac3847f5>

**CUESTA TREJO, A.** El cultivo del Tomate [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buena vista-México. 2007. págs. 1-82. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference->

manager/reader-v2/f1dfe992-37c1-3482-81ea-68b9b10d827e/6e077e8f-1055-7bd5-3f95-b740ac9dbcdd

**CUEVAS, J.** “Los hongos: Héroes y villanos de la prosperidad humana”. *Revista digital universitaria* [en línea], 2016, vol.17(9). págs. 1-10. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/vol.17/num9/art69/art69.pdf>

**DELLI, B.** Caracterización físico-química del suelo en cultivos de ciclo corto comunidad, Corazón de Jesús [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador. 2022. págs. 1-86. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10246/1/Delli%20B%2C%20%282022%29%20Caracterización%20físico-química%20del%20suelo%20en%20cultivos%20de%20ciclo%20corto%20comunidad%2C%20Corazón%20de%20Jesús..pdf>

**FERTIMAX.** *Ficha técnica DAP 18-46-00*. México: Fertimax. 2019. págs. 1-2.

**FINCK, A.** *Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*. (M. T. Pardo, Ed.). Barcelona: Reverté. 1988. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.uchile.cl/permalink/56UDC\\_INST/25canv/alma991004687179703936](https://bibliotecadigital.uchile.cl/permalink/56UDC_INST/25canv/alma991004687179703936)

**FLORES, A.** *Biofertilizantes microbianos*. México: Plaza y Valdés S.A. 2014. ISBN 9786074021771. págs. 2-432.

**FRANCO, M.** “Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización”. *Rev. Peruana de Biología* [en línea], 2010, 19(3). págs. 1-13. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>

**GONZALES, J. et al.** “Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía”. *Rev. Ingeniería y Región* [en línea], 2015, 13(1). Págs. 1-10. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/2d052fda-9ea8-3828-a7f4-570d3912aa02/61ce7bd3-2cbc-3d93-7beb-3b5a6c48ab7d>

**GONZALES, P. & ZEPEDA, A.** Rendimiento de cinco variedades de lechuga *Lactuca sativa* L. Tipo gourmet ciclo primavera-verano [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México DF-México. 2013. págs. 1-45. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/8d64a911-3e6d-3929-b5fa-eac8bcf009ea/702fdf4d-2c3e-440d-6ead-b2f171a2ca95>

**GONZALES, Paco.** “Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes”. *Asesoría Técnica Parlamentaria* [en línea], 2019, vol. 1(2). págs. 1-5. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/1178746c-e3d0-3f26-beab-ccb8f7626685/18de27e6-5989-fbd1-750b-03a87418bab9>

**GRANVAL, N. & GAVIOLA, J.** *Lechuga, manual de producción de semillas hortícolas*. Buenos Aires: Ediciones INTA. 2011. pág. 83.

**GUAMAN, A.** Efecto de la aplicación de tres bioformulados en el desarrollo de 2 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. Coolguard y gentilina a campo abierto, en el cantón riobamba, provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. págs. 1-104. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/bb9d85c8-01f5-3211-990f-aca55dd63690/2c8bc2d0-2a84-fa19-6e5e-ce9821b8b3b1>

**GUAMAN, R.** Estudio bioagronómico de 10 cultivares de lechuga de cabeza (*Lactuca sativa*), utilizando dos tipos de fertilizantes orgánicos, en el cantón riobamba, provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2010. págs. 1-157. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/8d60b4e8-6187-3c1d-8f19-572569354feb/12f6e498-e1ae-d151-0943-a57b1108b98d>

**HIGUITA, F. et al.** El cultivo del tomate, Colombia: Biblioteca Nacional, 1969, págs. 1-6

**HUBER, A. & OYARZÚN, C.** “Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológico en un bosque de *Pinus Radiata*”. *Bosque* [en línea], 1983, vol. 5(1). págs. 1-11. [Consulta: 18 enero 2024]. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v5n1/art01.pdf>

**IBÁÑEZ, J.** *Botánica agronómica, forestal y de jardín*. España: Editorial Síntesis S.A. 2014. págs. 4-290.

**ILLESCAS, J.; et al.** *Frutas y Hortalizas* [en línea]. Madrid: Empresa Nacional Mercasa. 2008. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2022/03/Guia\\_practica\\_frutas\\_y\\_hortalizas.pdf](https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2022/03/Guia_practica_frutas_y_hortalizas.pdf)

**INFOAGRO.** Guía para el cultivo de rábano. *Infoagro* [en línea]. 2011. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

**INIAP.** Guía Técnica de Cultivos. Quito-Ecuador: MAGAP, 2023, págs. 1-406.

**INTAGRI.** Disponibilidad de nutrimentos y el pH del suelo. *Intagri* [en línea]. 2019. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo>

**JULCA, A.; et al.** “La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura”. *IDESIA* [en línea], 2006, vol. 24 (1), págs. 1-13. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>

**LALATTA, F.** *Fertilización de árboles frutales*. Barcelona, España: Ediciones CAC. 1988. págs. 5-6.

**LARCO, H.** Evaluación de dos fertilizantes orgánicos formulados y su efecto en tres variedades de blueberry (*Vaccinium corymbosum l.*) [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 2005. págs. 1-136. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54920/1/T-34549%20%20Larco%20Erazo.pdf>

**LEVEAU, R.** Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. 2023. págs. 1-120. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/1123/1/ITEM%4011458-385.pdf>

**LÓPEZ, L.** *Manual técnico del cultivo de tomate* [en línea]. Quito-Ecuador: Secto AGRO, 2016. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference->

manager/reader-v2/8b654310-f62a-3199-81f3-78dda10c15db/3e6ee378-9613-2fe1-6b73-05dbdbdf25cd

**MAROTO, J.** *Horticultura herbácea especial*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Valencia. 1983.

**MARQUÉZ, P.; et al.** *Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de compostajes* [en línea]. Sevilla: Universidad de Huelva. 2007. [Consulta: 5 enero 2024]. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

**MEDINA JIMÉNEZ, F.** “Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga”. *Revista Agropecuaria*. 2017. págs. 1-9. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <http://revistas.grancanaria.com/index.php/GRANJA/issue/archive>

**MELLENDEZ, Néstor.** Comportamiento agronómico del cultivo de acelga (*beta vulgaris* L.) Con diferentes abonos orgánicos en la finca experimental la maría, año 2014 [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. 2015. págs. 1-76. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/d235e671-e618-3e43-88cc-349275575d8f/408e7122-0412-431f-60d2-61d5d728bbe5>

**MUÑOZ, C.** Identificación morfológica de los hongos causantes de la pudrición radicular en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el valle de Tumbaco [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2018. págs. 1-61. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15114/1/T-UCE-0004-A78-2018.pdf>

**NARVÁEZ, S. & BENITEZ, F.** *Plan de manejo de la alpaca lama pacos en la comunidad Espiga de Oro del cantón Cayambe* [en línea]. Ecuador: FHACS. [Consulta: 7 enero 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/155/11/03%20REC%2066%20%20Anexo%20propuesta%20espiga%20de%20oro.pdf>

**NTE-INEN 211:98.** *Fertilizantes o abonos, tolerancias*.

**OCHOA, M.; et al.** “Fertilización orgánica y su impacto en la calidad del suelo”. *Biotecnia* [en línea], 2018, vol. 21(1). págs. 87-92. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/817>

**OVIEDO, Elsa.** Evaluación bioagronómica de ocho cultivares de lechuga iceberg (*Lactuca sativa* L.) con abonos orgánicos y químicos en el cantón chamo provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador. 2013. págs. 1-89. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/ef9eb080-5ace-3d13-9bd9-cd3e7c9eafc4/18140d92-662e-5bdb-5a26-2cc584c8b4dd>

**PALMA, J.** *Manual de uso del boro nutrición vegetal de especialidad* [en línea]. S.l.: SQM INDUSTRIAL S.A. 2019. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: [https://sqmnutrition.com/wp-content/uploads/NutrientKit\\_Boro\\_Español.pdf](https://sqmnutrition.com/wp-content/uploads/NutrientKit_Boro_Español.pdf)

**PLAZA, G. et al.** *III Censo Nacional Agropecuario* [en línea]. Ecuador: Ediciones públicas, 2002. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/6912c246-1432-3b24-85d9-d12dcf0aa170/0daf9013-a778-848f-0297-706abea8b285>

**RODRÍGUEZ, E.; et al.** *La contaminación del suelo: una realidad oculta* [en línea]. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

**ROJAS, A.; et al.** “Evaluación de la promoción del crecimiento de *Cynodon Dactylon* L. Por rizobacterias productoras de fitohormonas aisladas de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo”. *Polibotánica* [en línea], 2010, vol. 1(29). págs. 1-17. [Consulta: 18 enero 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n29/n29a6.pdf>

**ROMERO, D. et al.** “Determination of cadmium and lead in tomato (*Solanum lycopersicum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) consumed in Quito, Ecuador”. *Scielo* [en línea], 2020, vol. 1(1). págs. 1-17. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/12136aa5-da0d-3c25-819a-0dc78a54f7f4/15443466-4967-0385-31b4-e9204ae8b735>

**RUIZ, J.; et al.** *Requerimientos agroecológicos de cultivos* [en línea]. 2da edición. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2013. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223\\_REQUERIMIENTOS\\_AGROECOLOGICOS\\_DE\\_CULTIVOS\\_2da\\_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf)

**SAAVEDRA, G.; et al.** *Manual de producción de lechuga*. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2017. págs. 9-146. [Consulta: 6 marzo 2023]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA\\_Libro\\_0051.pdf?sequence=1](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA_Libro_0051.pdf?sequence=1)

**SALINAS TOAPANTA, C. D.** Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el barrio de Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato, Ecuador. 2013. págs. 1-74. [Consulta: 13 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6491/1/Tesis-63%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20204.pdf>

**SÁNCHEZ, M.** “¿Qué son los microbios?”. *Ciencia* [en línea], 2017, vol. 68(2). págs. 1-8. [Consulta: 18 enero 2024]. Disponible en: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf)

**SEMBRALIA.** Fertilizantes NPK: ¿Qué son y para qué sirven? *Sembralia* [en línea]. 2020. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://sebralia.com/blogs/blog/fertilizantes-npk>

**SUEREZ GUATO, Darío.** Determinación de los cambios físicosquímicos, sensoriales y microbiológicos en la lechuga, variedad capitata sometida a tratamiento con luz ultravioleta de onda corta [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2013. págs. 1-141. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/c17c37f2-2b7f-3f61-b415-09aef49eee74/631999f5-8205-d227-1d7c-474dadf8b861>

**SYLIA, D; et al.** “Principles and Applications of Soil Microbiology”. *Upper Saddle River* [en línea], 2005, vol. 1(1), págs. 6. [Consulta: 6 enero 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/265885976\\_Principles\\_and\\_Applications\\_of\\_Soil\\_Microbiology\\_Edited\\_by](https://www.researchgate.net/publication/265885976_Principles_and_Applications_of_Soil_Microbiology_Edited_by)

**TAIPE, J.** Caracterización morfológica de las especies de nematodos fitoparásitos asociadas en el cultivo de tomate riñón en la provincia de Cotopaxi cantón salcedo [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2018. págs. 1-68. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/920749f0-7733-3c71-9566-a7c2db481fb4/5413829f-9ab9-b597-030b-8114db7a3529>

**TEJADA, Kevin.** Producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y acelga (*Beta vulgaris L. var. cicla*) bajo un sistema de jardines verticales [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Nacional Agraria “La Molina,” Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 2022. págs. 1-167. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA->

**TERCERO, R. & PORTILLO, K.** Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de Rábano (*Raphanus sativus, L*) en diferentes fases lunares en la unidad de producción Las Mercedes, UNA, Managua 2010 [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 20012. págs. 1-33. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35166008.pdf>

**UGAS, Roberto. et al.** Hortalizas datos básicos [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 2000. págs. 1-5. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/8f88ba80-ee50-3662-add6-39df33d8a58d/0826dd54-5796-459f-6c78-5d2cdd5dc431>

**VALERO, Gaspar.** *Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta* [en línea]. Madrid-España: Editorial FEN, 2018. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/9d709afb-7399-38ac-bae2-5cf81d76ae25/52f7b939-f7ff-7ccd-16d0-123d5b98b159>

**VERMA, A.; et al.** “Conditioning effects of biodegradable superabsorbent polymer and vermiproducs on media properties and growth of gerbera”. *Ecological Engineering* [en línea],

2019, vol. 132(1). págs. 1-8. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/29459/1/Conditioning%20effects%20of%20biodegradable%20superabsorbent%20polymer%20and%20vermicomposts.pdf>

**VESSEY, K.** “Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como biofertilizantes”. *Avances en Microbiología* [en línea], 2003, vol. 5(1), págs. 1–17. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026037216893>

**WORLD FERTILIZER MANUAL.** *Los fertilizantes y su uso* [en línea]. París: Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. 1992. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>

**ZSCHIMMERR & SCHWARZ.** Fertilizantes agrícolas: tipos de fertilizantes, usos y beneficios. *Zschimmer & schwarz ESPAÑA, S.L.U.* [en línea]. 2021. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/fertilizantes-agricolas-tipos-de-fertilizantes-usos-y-beneficios/#:~:text=Fertilizante%20radicular%20o%20al%20suelo,más%20cerca%20de%20sus%20raíces>

## ANEXOS

### ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DE ESTIÉRCOL DE VICUÑA

	
<p>A1: Reconocimiento de muestras en la parroquia de San Juan, cantón Riobamba–Provincia de Chimborazo.</p>	<p>A2: Medición de latitud y Altitud de la zona.</p>
	
<p>A3: Recolección de estiércol de vicuña.1</p>	<p>A4: Empaquetado de muestras en fundas herméticas.</p>

**ANEXO B: PRODUCCIÓN DEL BIOFERTILIZANTE – MÉTODO JADAM**



B1: Colocación de estiércol de vicuña en un calcetín.



B2: Adición hoja rasca en el calcetín con estiércol de vicuña.



B3: Colocación de 10gr de sal marina en el balde que contiene agua destilada.



B4: Biofertilizante después de 72 horas.

**ANEXO C: DETERMINACIÓN FÍSICO QUÍMICO EN EL LABORATORIO GIDAC –  
ESPOCH**

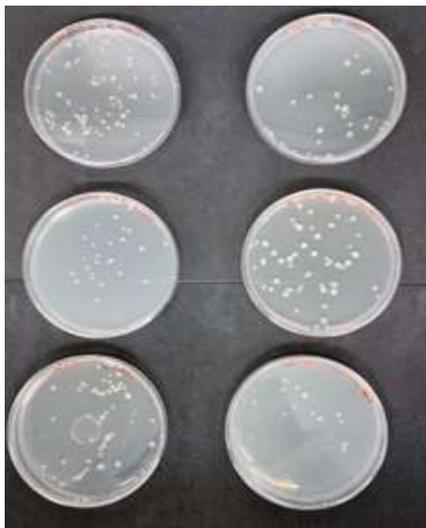
	
<p>C1: Rotulación de muestras.</p>	<p>C2: Secado de muestras.</p>

**ANEXO D: DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICO EN EL LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES – ESPOCH**



D1: Pesaje de los diferentes tipos de Agar.

D2: Dilución seriada para determinar la concentración microbiológica del fertilizante orgánico.



D3: Crecimiento de Bacterias en Agar Nutritivo.

D4: Crecimiento de Hongos en Agar Papa Dextrosa.



D5: Siembra de bacterias y hongos sobre medios de cultivo en cajas Petri.



D6: Siembra de bacterias y hongos sobre medios de cultivo en tubos de ensayo.

**ANEXO E: DILUCIÓN DE DAP 18-46-00**



E1: Peso de DAP 18-46-00 para dilución.

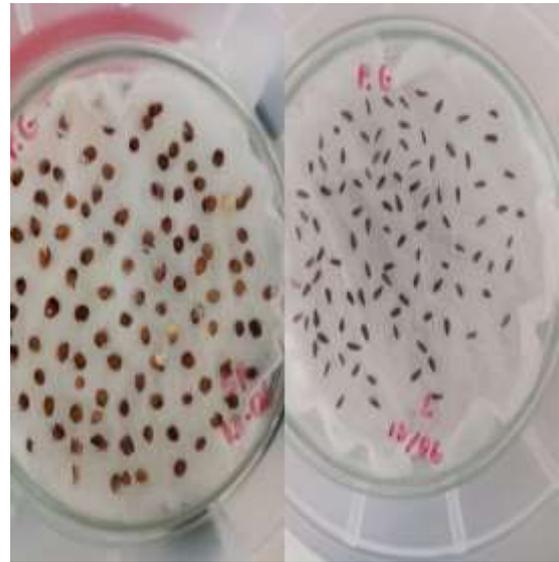


E2: Dilución de DAP 18-46-00.

**ANEXO F: DESARROLLO DE PLANTAS EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE RECURSOS NATURALES – ESPOCH**



**F1:** Conteo de semillas para germinación.



**F2:** Germinación de semillas de las especies vegetales (Rábano y Lechuga).



**F3:** Perforación de cajas Petri



**F4:** Estriado del fertilizante combinado en diferentes dosis y siembra de semillas.



**F5:** Cajas herméticas para crecimiento de las especies vegetales.



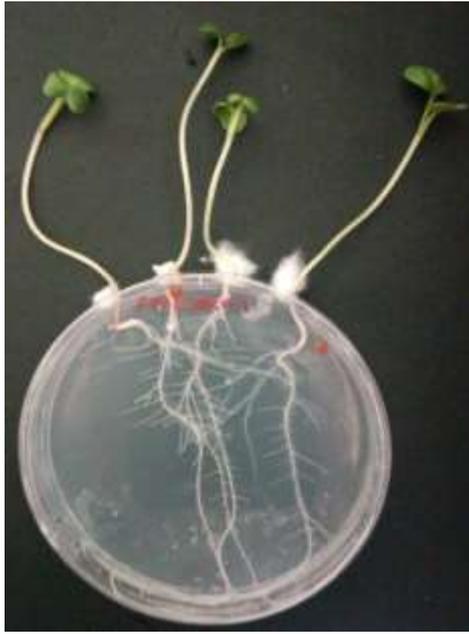
**F6:** Mediciones de altura de tallo y longitud de raíz de las especies vegetales (*Raphanus sativus* L y *Lactuca sativa* L).



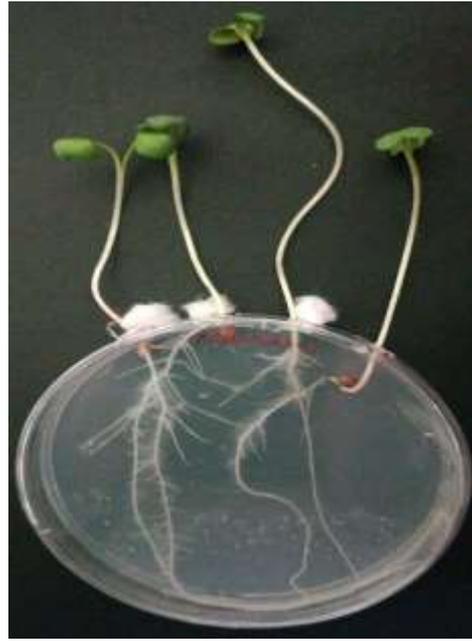
**F7:** Registro de datos de la longitud de raíz y tallo de las especies vegetales.



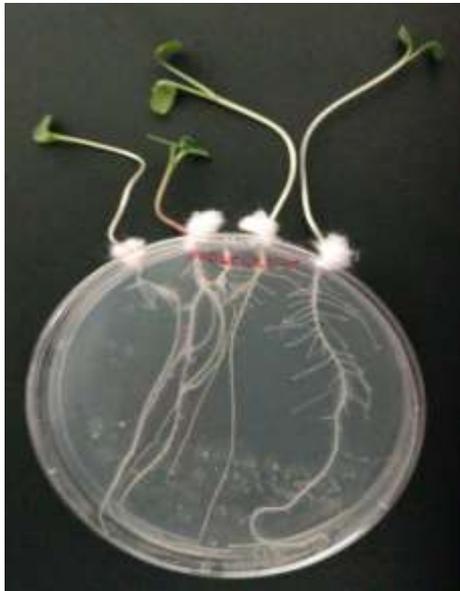
**F8:** Peso fresco y seco de las especies vegetales.



**F9:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 25%, primera repetición.



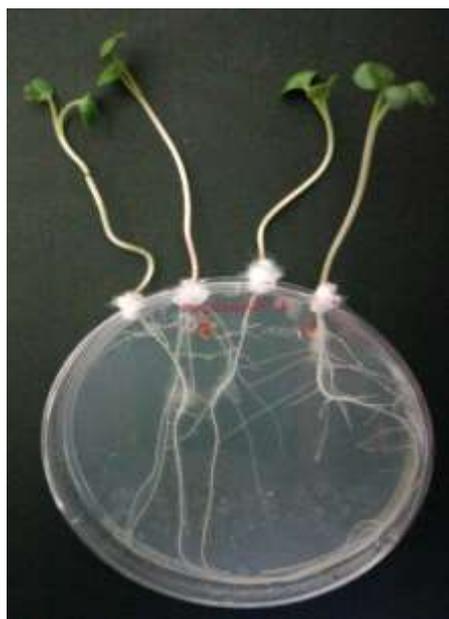
**F10:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 25%, segunda repetición.



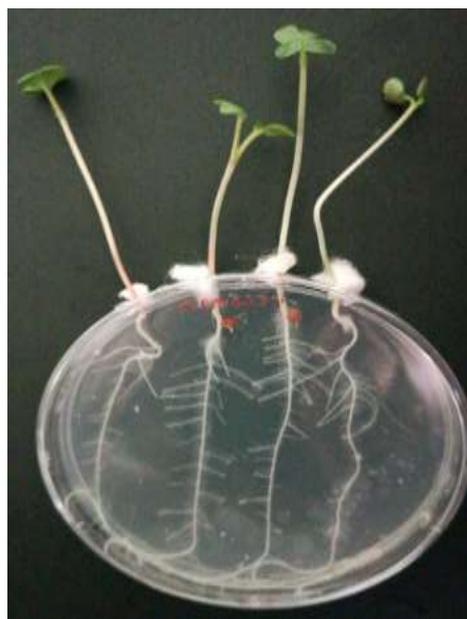
**F11:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 25%, tercera repetición.



**F12:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 50%, primera repetición.



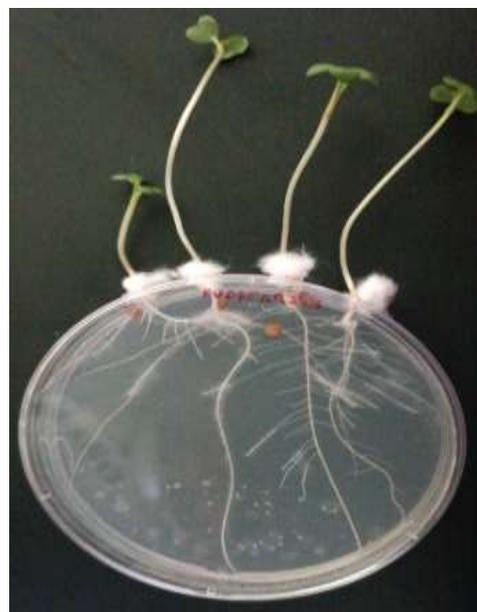
**F13:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 50%, segunda repetición



**F14:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 50%, tercera repetición



**F15:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 75%, primera repetición.



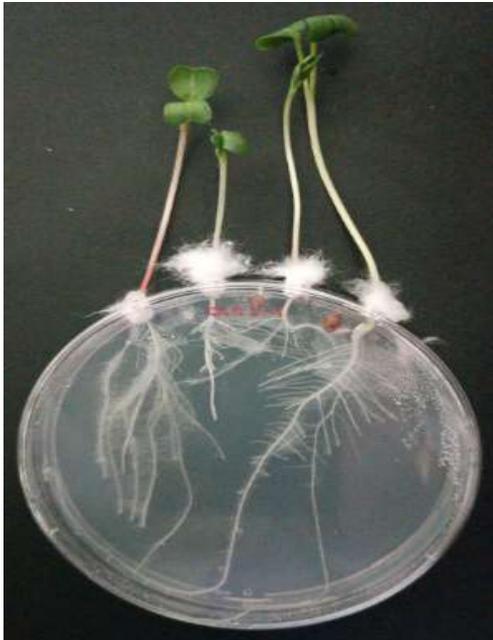
**F16:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 75%, segunda repetición.



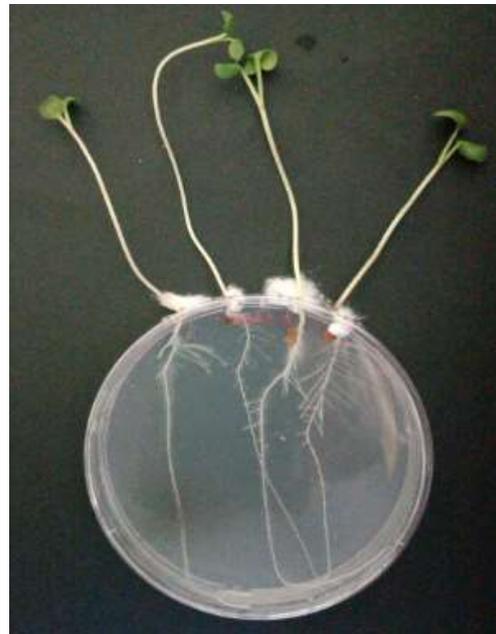
**F17:** Promoción de desarrollo de Rábano con fertilizante orgánico combinado al 75%, tercera repetición.



**F18:** Promoción de desarrollo de controles de Rábano, primera repetición.



**F19:** Promoción de desarrollo de controles de Rábano, segunda repetición.



**F20:** Promoción de desarrollo de controles de Rábano, tercera repetición.



**F21:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 25%, primera repetición.



**F22:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 25%, segunda repetición.



**F23:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 25%, tercera repetición.



**F24:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 50%, primera repetición.



**F25:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 50%, segunda repetición.



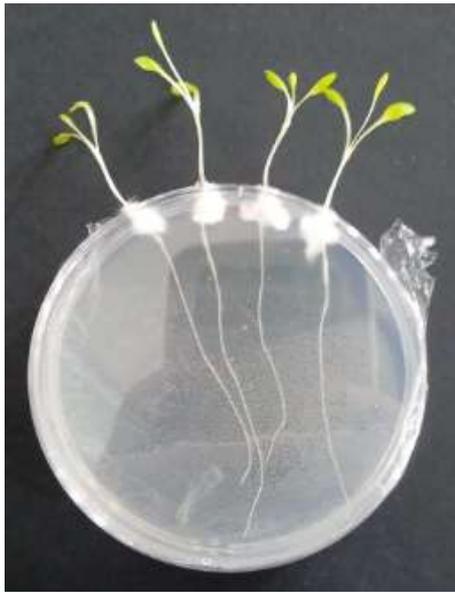
**F26:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 50%, tercera repetición.



**F27:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 75%, primera repetición.



**F28:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 75%, segunda repetición.



**F29:** Promoción de desarrollo de Lechuga con fertilizante orgánico combinado al 75%, tercera repetición.



**F30:** Promoción de desarrollo de controles de Lechuga, primera repetición



**F31:** Promoción de desarrollo de controles de Lechuga, segunda repetición



**F32:** Promoción de desarrollo de controles de Lechuga, tercera repetición

# ANEXO G: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**

**ÁREA DE QUÍMICA FARMACEÚTICA**  
**SUPLEMENTO DE INFORME DE RESULTADOS**

INF. No. 2023-0300-1\*

SOLICITADO POR: <sup>3</sup>	BARAHONA LLUMQUINGA LILIANA JACQUELINE
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: <sup>3</sup>	PICHINCHA/QUITO/GUATEMALA Oe10-607 Y EL PINAR
MUESTRA DE: <sup>3</sup>	FERTILIZANTE LÍQUIDO
DESCRIPCIÓN: <sup>3</sup>	FERTILIZANTE LÍQUIDO DE ORIGEN ORGÁNICO
LOTE: <sup>3</sup>	-----
FECHA DE ELABORACIÓN: <sup>3</sup>	-----
FECHA DE VENCIMIENTO: <sup>3</sup>	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	16/06/2023
HORA DE RECEPCIÓN:	11:08
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 17 AL 29/06/2023
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	30/06/2023
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA:	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	1 GALÓN
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME			
PARÁMETROS (HOJA DE CONTROL CUANTITATIVA)	UNIDAD	RESULTADO	METODO
pH		5.1	POTENCIOMETRÍA
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	mS/cm	2.23 (19.2°C)	ELCTROMETRÍA
DENSIDAD	mg/L	0.9908	PICNOMETRO
HUMEDAD	%	78.9	GRAVIMETRÍA
MAGNESIO	%	0.423	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ABSORCIÓN ATÓMICA
HIERRO	%	<0.00004	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ABSORCIÓN ATÓMICA
CALCIO	%	0.193	DIGESTIÓN ÁCIDA Y GENERACIÓN DE HIDRUROS
SODIO	%	0.0331	DIGESTIÓN ÁCIDA Y GENERACIÓN DE HIDRUROS
BORO	%	0.13	ESPECTROFOTOMETRÍA
COBRE	%	0.04	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ABSORCIÓN ATÓMICA
MANGANESO	%	0.04	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ABSORCIÓN ATÓMICA
AZUFRE	%	0.031	OXIDACIÓN Y FOTOMETRÍA
MATERIA ORGÁNICA	%	0.92	WALKLEY Y BLACK
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	0.535	WALKLEY Y BLACK /CALCULO
RELACION C/N		36.31	CALCULO
<b>MACRONUTRIENTES</b>			
NITRÓGENO TOTAL	%	0.59	KJELDAHAL
FOSFORO TOTAL	%	0.73	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ESPECTROFOTOMETRICO
POTASIO TOTAL	%	0.23	DIGESTIÓN ÁCIDA Y ABSORCIÓN ATÓMICA

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.

NOTA: El presente suplemento reemplaza al INF. No. 2023-0300-1 debido a que al cliente solicita se cambien las unidades de algunos parámetros.



**B.F. DARWIN ROLDÁN ROBLES – Msc.**  
**RESPONSABLE AREA QUÍMICA FARMACEÚTICA**



1 / 11

R-GO-01-17

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
 Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec