



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja



# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agronómica

**Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, provincia de Loja.**

Trabajo de Titulación  
previa a la obtención  
del título de Ingeniero  
Agrónomo.

**AUTOR:**

Stiwart Rigoberto Correa Peña

**DIRECTOR:**

Ing. Freddy Tinoco

Loja - Ecuador

2022

## Certificación del Trabajo de Titulación



**unl** | Universidad  
Nacional  
de Loja



Loja, 19 de mayo del 2022

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

### **DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente **CERTIFICO** que eh revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación Titulado: **“Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, provincia de Loja”** de autoría del estudiante **Stiwart Rigoberto Correa Peña** con número de identidad 1105914764, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente,

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## Autoría

Yo, Stiwart Rigoberto Correa Peña, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:  Firmado digitalmente por  
STIWART RIGOBERTO CORREA PENA  
Fecha:  
2022.06.01  
08:24:10 -05'00'

**Cédula de identidad:** 1105914764

**Fecha:** 1 de junio del 2022

**Correo electrónico:** [stiwart.correa@unl.edu.ec](mailto:stiwart.correa@unl.edu.ec)

**Celular:** 0983676939

**Carta de autorización del Trabajo de Titulación por parte del autor para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo.**

Yo, Stiwart Rigoberto Correa Peña, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación: **Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, provincia de Loja;** autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los dos días del mes de junio del dos mil veintidós.

Firma:  STIWART RIGOBERTO CORREA PENA  
Firmado digitalmente por STIWART RIGOBERTO CORREA PENA  
Fecha: 2022.06.01 08:18:50 -0500

**Autor:** Stiwart Rigoberto Correa Peña.

**Número de cédula:** 1105914764

**Dirección:** Barrio Daniel Álvarez, Loja, Ecuador

**Correo electrónico:** stiwart.correa@unl.eu.ec

**Celular:** 0983676939

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Freddy Tinoco Mg. Sc.

**Tribunal de grado:** Dr. Tulio Fernando Solano Castillo Mg. Sc. **Presidente**

Dr. Jorge Isaac Armijos Rivera PhD. **Vocal**

Dra. Marina Mazón Morales PhD. **Vocal**

## **Dedicatoria**

*De corazón dedico a Dios, esta tesis por permitirme llegar a culminar una de mis metas profesionales, dándome fuerzas para seguir adelante día tras día ante todas las adversidades durante este transcurso. Con mucho cariño y amor a mi madre: Luisa Aurora Peña Barragán por su apoyo incondicional, motivación ante los obstáculos presentados en mi formación académica; a mi esposa: Elizabeth Moraima Mejía Vélez por el apoyo incondicional en toda mi carrera profesional, de igual manera, a mi hija: Amelia Valentina Correa Mejía por la motivación que me brindó al ser un pilar muy importante en mi vida, infinitas gracias. Así mismo, a mi hermano Jaren David Correa Peña, por su cariño y sacarme una sonrisa en los momentos difíciles. Gracias a todos mis familiares, amigos, compañeros y personas quienes han aportado en brindarme el apoyo necesario y estar pendientes para cumplir esta meta.*

*Gracias a todos.*

**Stiwart Rigoberto Correa Peña**

## **Agradecimiento**

*En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría y valentía, para poder culminar esta etapa académica.*

*Agradecer a mi amada esposa Elizabeth Moraima Mejía Vélez, por ofrecerme su ayuda y la posibilidad de seguir adelante en todas las situaciones posibles, por su apoyo infinito y paciencia durante todo el proceso investigativo.*

*De igual forma un agradecimiento a todas las autoridades de la Universidad Nacional de Loja, al personal docente, administrativo de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por permitir que este sueño se haga realidad y permitirme dar un paso fuerte en mi formación profesional.*

*Así mismo, agradecer al Ing. Freddy Tinoco, director de mi tesis y al Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD, por brindarme su ayuda y apoyo para desarrollar la presente investigación que, gracias a sus asesoramientos y aporte de sus conocimientos y experiencias fue posible avanzar en todo el proceso investigativo.*

*A los miembros del tribunal calificador, Ing. Tulio Solano presidente del tribunal, Dra. Marina Mazón e Ing. Jorge Armijos. vocales del tribunal, quienes con sus conocimientos permitieron mejorar este trabajo investigativo.*

*A todos mis amigos y compañeros de clase con quienes compartí muchas experiencias en mi vida estudiantil, gracias por su apoyo y su amistad que perdurará por toda la vida. Finalmente agradezco a mi madre, hermano, y familiares que en los momentos más difíciles supieron brindarme la amistad, confianza, pero sobre todo ese espíritu de lucha constante y perseverancia, a fin de ser uno de los mejores ingenieros agrónomos.*

**Stiwart Rigoberto Correa Peña**

## Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación del Trabajo de Titulación .....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de Contenidos .....	vii
Índice de Tablas .....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Anexos.....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. ABSTRACT .....	3
3. Introducción .....	4
4. Marco teórico.....	6
4.1. Generalidades del cultivo de lechuga y brócoli.....	6
4.1.1. Clasificación taxonómica.....	7
4.1.2. Características morfológicas del cultivo de lechuga y brócoli.....	8
4.1.3. Condiciones edafoclimáticas.....	10
4.1.4. Requerimientos nutricionales de la lechuga y brócoli.....	11
4.2. Generalidades de los bioabonos.....	12
4.2.1. Concepto de bioabonos.....	12
4.2.2. Características de los bioabonos.....	13
4.2.3. Propiedades de los abonos orgánicos.....	13

4.2.4.	Composición nutricional de los bioabonos. ....	14
4.2.5.	Proceso de descomposición y mineralización en bioabonos. ....	14
4.2.6.	Procedimiento para elaborar un bioabono. ....	15
4.2.7.	El compost. ....	16
4.2.8.	Humus. ....	17
4.2.9.	Factores que intervienen en el proceso. ....	18
4.3.	Industria Cervecera. ....	19
4.3.1.	Proceso de elaboración del mosto. ....	19
4.3.2.	Residuos de industria cervecera. ....	21
4.3.3.	Características del bagazo cervecero. ....	22
4.3.4.	Composición del bagazo cervecero. ....	22
4.3.5.	Utilización del bagazo de cerveza. ....	23
4.3.6.	Antecedentes en la reutilización del bagazo de malta cervecera en el Ecuador y en el mundo	23
5.	Metodología. ....	25
5.1.	Localización del estudio. ....	25
5.1.1.	Ubicación política. ....	25
5.2.	Características edafoclimáticas. ....	25
5.3.	Diseño experimental. ....	25
5.3.1.	Descripción de los tratamientos. ....	27
5.3.2.	Análisis estadístico. ....	27
5.4.	Metodología general. ....	27
5.4.1.	Preparación del suelo. ....	27
5.4.2.	Trazado de parcelas. ....	27
5.4.3.	Evaluación de los tratamientos. ....	28

5.4.4.	Establecimiento de los cultivos.....	28
5.4.5.	Preparación del sustrato. ....	29
5.5.	Metodología específica.....	30
5.5.1.	Caracterizar el bioabono proveniente de los desechos de cervecería a nivel molecular. 30	
5.5.2.	Evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) y brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica). ....	34
5.5.3.	Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de Lechuga variedad repollo ( <i>Lactuca sativa</i> ) y Brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica). ...	36
6.	Resultados.....	36
6.1.	Resultado para el primer objetivo: Caracterizar el bioabono proveniente de los desechos de cervecería artesanal a nivel molecular. ....	36
6.2.	Resultado para el segundo objetivo: evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) y brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica).....	40
6.2.1.	Cultivo de lechuga.....	40
6.2.2.	Cultivo de brócoli.....	42
6.3.	Resultado para el tercer objetivo: Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) y brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica). ....	45
6.3.1.	Cultivo de lechuga.....	46
6.3.2.	Cultivo de brócoli.....	50
7.	Discusión.....	52
7.1.	Caracterización el bioabono proveniente de los desechos de cervecería a nivel molecular. 52	
7.2.	Evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) y brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica).....	55

7.2.1. Peso y diámetro de la cabeza o pella.....	56
7.3. Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) y brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> Var. Itálica).....	57
7.3.1. Altura de la planta .....	57
7.3.2. Diámetro del tallo.....	58
8. Conclusiones.....	60
9. Recomendaciones. ....	61
10. Bibliografía.....	62
11. Anexos.....	67

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la lechuga _____	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica del brócoli _____	8
Tabla 3. Parámetros del compostaje. _____	17
Tabla 4. Descripción de los tratamientos referente a los diferentes niveles de dosis del bioabono _____	27
Tabla 5. Parámetros de análisis químicos para el bagazo de malta. _____	34
Tabla 6. Aplicación de dosis de compostaje para los tratamientos. _____	34
Tabla 7. Resultados de los análisis del bagazo de malta en sus dos estados (BMF y BMD). ____	37
Tabla 8. Resultados de los análisis del bagazo de malta en estado fresco. _____	38
Tabla 9. Resultados de los análisis del bagazo de malta en compost _____	38
Tabla 10. Resultados del análisis de suelo de la quinta experimental docente "La Argelia" ____	39
Tabla 11. Prueba estadística ANOVA del peso de la cabeza cultivo lechuga. _____	40
Tabla 12. Prueba estadística ANOVA del diámetro de la cabeza cultivo lechuga _____	41
Tabla 13. Prueba estadística ANOVA del rendimiento cultivo lechuga. _____	41
Tabla 14. Prueba estadística ANOVA del peso de la pella, cultivo brócoli. _____	43
Tabla 15. Prueba estadística ANOVA del diámetro de la pella, cultivo brócoli. _____	43
Tabla 16. Prueba estadística ANOVA del rendimiento, cultivo brócoli. _____	44
Tabla 17. Prueba estadística ANOVA del Área Foliar, cultivo brócoli _____	45
Tabla 18. Prueba estadística ANOVA de altura de la planta. cultivo lechuga. _____	47
Tabla 19. Prueba estadística ANOVA del diámetro del tallo, cultivo lechuga. _____	49
Tabla 20. Prueba estadística ANOVA de la altura de la planta, cultivo brócoli. _____	51
Tabla 21. Prueba estadística ANOVA del diámetro del tallo, cultivo brócoli. _____	52

## Índice de Figuras.

Figura 1. Representación del diseño experimental para cultivo de lechuga variedad repollo. ____	26
Figura 2. Representación del diseño experimental para cultivo de brócoli. _____	26
Figura 3. Diseño de las parcelas netas. _____	28
Figura 4. Muestreo de las plantas centrales de la parcela neta _____	35
Figura 5. Regresión lineal para dosis del compost versus rendimiento (lechuga). _____	42
Figura 6. Regresión lineal para dosis del compost versus rendimiento (brócoli). _____	44
Figura 7. Altura de la planta de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de lechuga. _____	46
Figura 8. Diámetro del tallo de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de lechuga. _____	48
Figura 9. Altura de la planta de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de brócoli. _____	50
Figura 10. Diámetro del tallo de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de brócoli. _____	51

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Análisis químico del suelo de la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, sector los molinos, en la ciudad de Loja.....	67
<b>Anexo 2.</b> Preparación del terreno para la implementación de los cultivos. ....	69
<b>Anexo 3.</b> Descomposición del bagazo de malta cervecero .....	69
<b>Anexo 4.</b> siembra del cultivo de brócoli .....	69
<b>Anexo 5.</b> Manejo agrotécnico en los cultivos de lechuga y brócoli .....	70
<b>Anexo 6.</b> Cosecha de brócoli y lechuga .....	70
<b>Anexo 7.</b> Mediciones de las variables morfológicas en el cultivo de lechuga.....	71
<b>Anexo 8.</b> Medición de variables morfológicas del cultivo de brócoli .....	71
<b>Anexo 9.</b> Caracterización bromatológica del bagazo de malta fresco y en compost.....	72
<b>Anexo 10.</b> Caracterización molecular del bagazo de malta fresco y en compost. ....	73
<b>Anexo 11.</b> Certificado de traducción. ....	75
<b>Anexo 12.</b> Oficio de designación de director del trabajo de Titulación. ....	76

## **1. Título**

**Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, provincia de Loja**

## 2. Resumen

La cerveza artesanal es una de las bebidas alcohólicas más consumidas y elaboradas en el Ecuador, para su producción consta de una serie de fases tales como: malteado del cereal, molienda y maceración, filtración, cocción, fermentación, maduración, clarificación y finalmente envasado. Por otro lado, la industria cervecera, generan grandes cantidades de desperdicios industriales que causan problemas de contaminación, sin embargo, la búsqueda de nuevas alternativas que permitan avanzar en la gestión ambiental y económico es una de las prioridades actuales, ya que estos residuos pueden ser un sustrato favorable para elaborar abonos orgánicos e incorporarlos en los cultivos agrícolas, ya que los fertilizantes químicos son objeto de polémica por los efectos negativos medioambientales que producen.

El ensayo fue realizado en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el cantón Loja con el objetivo de evaluar el efecto del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) en la provincia de Loja, para ello se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un tipo de bioabono y 4 dosis, con 3 repeticiones. Los resultados indicaron que la aplicación del bioabono al suelo en el cultivo de brócoli y lechuga fueron positivos, en la variable altura de la planta, en brócoli a los 90 días alcanzó 45,33 cm, en el diámetro de la pella, en etapa de cosecha con 15,66 cm, en el peso de la pella con 434 g, y el rendimiento más alto se obtuvo 0,43 kg/tratamiento.

En el caso de la lechuga especialmente a los 75 días después del trasplante alcanzó 14,77 cm, en el diámetro de la cabeza en etapa de cosecha con 9,34 cm, en el peso de la cabeza con 458,75 g. y el rendimiento más alto se alcanzó 0,46 kg/tratamiento. De las dosis del bioabono evaluados, la dosis T3D3 (3 kg/m<sup>2</sup>) y T2D3 (2 kg/m<sup>2</sup>) tuvieron los mayores efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas tanto como en altura, diámetro y peso notándose los mejores rendimientos por tratamiento.

**Palabras claves:** desechos, cervecería, efecto. brócoli, lechuga, bioabono, alternativas, rendimiento.

## 2.1.ABSTRACT

Artisanal beer is one of the most produced and consumed alcoholic beverages in Ecuador, its production requires a variety of steps such as: Cereal malting, grinding, maceration, filtration, cooking, fermentation, maturation, clarification and finally packing.

On the other hand, the beer industry generates large amounts of industrial waste that cause pollution problems. However, the research for new alternatives that allow progress in environmental and economic management is one of the current priorities. Indeed, these residues can be a favorable substrate for making organic fertilizers and incorporating them into agricultural crops. Since chemical fertilizers are object of controversy due to the environmental negative effects they produce.

The testing procedure was carried out at the Quinta Experimental Docente "La Argelia", of the Faculty of Agricultural Engineering of Universidad Nacional de Loja, located in Loja city with the objective of evaluating the effects of biofertilizer from brewery waste on the yield and growth of crops of lettuce (*Lactuca sativa*) and broccoli (*Brassica oleracea* Var. Italica) in the province of Loja, for this purpose a completely randomized design was used with a type of biofertilizer and 4 doses, with 3 repetitions. The results indicated that the application of biofertilizer to the soil in the cultivation of broccoli and lettuce were positive, in the variable height of the plant, the broccoli reached 45,33 cm at 90 days. In the diameter of the pellet, at harvest stage with 15,66 cm. In the weight of the pellet with 434 g, and the highest yield obtained was 0,43kg/treatment.

In the case of lettuce, specially at 75 days after the transplant it reached 14,77 cm, in the diameter of the head in the harvest stage with 9,34 cm, in the weight of the head with 458,75 g and the highest yield reached was 0,46 kg/treatment. Of the doses of the biofertilizer evaluated, the dose T3D3 (3 kg/m<sup>2</sup>) and T2D3 (2 kg/m<sup>2</sup>) had the greatest effects on the growth and development of the plants as well as on height, diameter and weight, noting the best yields per treatment.

**Keywords:** waste, brewery, effect, broccoli, lettuce, biofertilizer, alternatives, performance.

### 3. Introducción.

La importancia de los bioabonos radica en que son fuentes de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas, y permiten la asimilación de nutrientes de mejor manera lo cual incide en el desarrollo óptimo de los cultivos, aumentando las condiciones nutritivas del suelo, mejorando su condición física (estructura), incrementando la absorción del agua y manteniendo la humedad en el suelo. Su acción es extensa y duradera, pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico. El contenido de macroelementos y microelementos en los bioabonos está en función de las concentraciones de residuos utilizados para su elaboración (Mosquera, 2010).

Antes del descubrimiento de los fertilizantes químicos, los bioabonos constituían la fuente principal de nutrientes de los vegetales con el fin de incrementar la producción agrícola y han sido usados desde tiempos ancestrales debido a su influencia sobre la fertilidad de los suelos. La elaboración de un bioabono eficaz en el aporte de nutrientes hacia los cultivos agrícolas va a depender de la procedencia del material, edad, manejo y contenido de humedad (Cruz *et al.*, 2018).

El potencial de los bioabonos producto de la descomposición de la materia orgánica por acción de microorganismos aeróbicos, anaeróbicos y del proceso de compostaje que transforma los desechos orgánicos en compuestos estables, se usa para recuperar suelos erosionados, dado que mejora las condiciones biofísicas gracias a su alta actividad microbiana; además, la aplicación de enmiendas orgánicas favorece el desarrollo de los cultivos agrícolas y por ende, el aumento de la producción debido a sus macro y micro nutrientes que se encuentran incorporados tales como: Carbono orgánico, Nitrógeno, Azufre y Fósforo, y Calcio, Magnesio y Potasio respectivamente (Combatt *et al.*, 2016).

Los bioabonos se encuentran incorporados al modelo de la agricultura orgánica ya que es una forma de producir de manera sostenible, y así reducir el uso de fertilizantes químicos para evitar la degradación ambiental (Ramos y Terry, 2014).

El reemplazo de bioabonos por agroquímicos significó un egreso adicional a las precarias economías campesinas, debido a que eran mucho más costosos a comparación de los abonos orgánicos que son fabricados de los desechos de hogares familiares o de cosechas anteriores (Tamayo, 2009).

La consecuencia a largo plazo por el uso intensivo de agroquímicos fue: la pérdida acelerada de especies vegetales nativas para dar paso a las variedades mejoradas o a aquellas que eran comercializables en el mercado, también perjudica los sistemas de producción agrícolas, causa el deterioro en la salud de las personas, impacto negativo al medio ambiente y la eliminación de todo tipo de organismo incluyendo a los controladores naturales de los insectos plaga lo que conlleva a utilizar mayores cantidades de plaguicidas, causando el surgimiento de nuevas plagas (Tamayo, 2009).

El aumento de la población, causa el agotamiento drástico de recursos energéticos, alimentos y combustibles, lo cual incide en el deterioro de recursos naturales por el aumento de desperdicios que perjudican el medio ambiente y la contaminación del mismo. Una alternativa frente a la presente problemática es aprovechar estos residuos industriales para mejorar el medio ambiente, el factor económico y causar el bienestar social (Arancon *et al.*, 2013).

En lo que corresponde al sector agrícola, a partir de los desechos orgánicos industriales se pueden obtener diversidad de productos que pueden ser beneficiosos en varios aspectos como: socioeconómico, ya que al adquirir un producto derivado de los desechos orgánicos podría tener un buen precio en el mercado a la comodidad del productor o agricultor, y ambiental, debido a que se reduce el consumo de insumos agroquímicos favoreciendo la conservación y recuperación de suelos productivos (Sheldon, 2016).

La presente tesis contribuyó a solucionar los problemas de los desechos industriales de cervecería para poder aprovechar los recursos en la producción agrícola ya que, en la industria cervecera, se producen grandes cantidades de desperdicio durante la elaboración de la cerveza. Morales (2017), menciona que en “Ecuador se producen aproximadamente 120 000 t anuales de bagazo cervecero”, los mismos que ocasionan un alto impacto ambiental y para tratar de minimizar se han buscado alternativas con un beneficio orgánico que pueda compensar la fertilización de cultivos agrícolas mediante macromoléculas que se encuentran incorporadas en el bagazo de la cebada cervecera.

Con lo mencionado anteriormente, a los residuos se le pueden dar un uso adecuado para la producción de compost o bioabonos, en vista que a la malta se extrae solo azúcares para la fermentación, quedando en su mayoría sustancias como aminoácidos tales como: leucina, valina, alanina, serina, glicina, tirosina, lisina, prolina, treonina, arginina, cistina, histidina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, glutámico y ácido aspártico y vitaminas como: biotina, colina, ácido fólico, niacina ácido pantoténico, ribflavina, tiamina y vitamina B6 que aportarían al

crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas de ciclo corto (Ministerio de Agricultura Ganadería y pesca, 2019).

La presente tesis tiene la finalidad de aprovechar los residuos industriales de cervecerías de la provincia de Loja, para elaborar bioabono que tiene todas las características potencialmente favorables para los cultivos agrícolas ayudando al rendimiento de los mismo, por este motivo se necesita estudiar y aprovechar estas características de macromoléculas para la elaboración de productos con base biológica bajo concepto de agricultura orgánica. Este trabajo corresponde a la línea de investigación académica, “Alternativas de aprovechamiento y conservación de los recursos para la producción agrícola”, que pertenece a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja promoviendo el desarrollo y elevada capacidad científica, técnica y humanista que permita aportar al desarrollo integral de la Región Sur y del país mediante el conocimiento y aplicación de tecnologías.

A fin de cumplir el propósito del presente trabajo de titulación se planteó el siguiente objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) en la provincia de Loja, y los siguientes objetivos específicos: 1. Caracterizar el bioabono proveniente de los desechos de cervecería a nivel molecular, 2. Evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica), y 3. Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica).

#### **4. Marco teórico.**

##### **4.1. Generalidades del cultivo de lechuga y brócoli.**

En el cultivo de lechuga se puede identificar una gran variedad de especies diferenciadas esencialmente por el tipo de hojas y por su forma de crecimiento, esto ha llevado a varios profesionales botánicos a diferenciar cada una de las variedades de lechugas ya que son importantes como cultivos hortícolas en diferentes partes del mundo (Saavedra, 2017).

El brócoli, es una crucífera la cual se desarrolló a partir de un repollo silvestre que, mediante procesos de mejoramiento genético se transformó en el que hoy se conoce. El brócoli, presenta un

elevado valor nutricional y medicinal con altas cantidades de vitamina C, beta carotenos, contenido de cromo y sulforafano (sustancia anticancerígena) (Puenayan *et al.*, 2012).

Es originario del Mediterráneo Oriental y aunque se conocía en Europa, en el Ecuador el cultivo de brócoli se inicia hace poco tiempo, siendo introducido como cultivo de carácter comercial en la década de los ochenta y rápidamente se ha constituido en una hortaliza de exportación ya que está generando ingresos económicos y fuentes de trabajo (Zamora, 2014).

#### 4.1.1. Clasificación taxonómica.

La lechuga pertenece a la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal, la Asteraceae, conocida anteriormente como Compositae, su clasificación detallada se muestra en la tabla 1 (Saavedra, 2017).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la lechuga

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	Asteraceae
<b>Subfamilia:</b>	Cichorioideae
<b>Tribu:</b>	Lactuceae
<b>Género:</b>	<i>Lactuca</i>
<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa L.</i>

**Fuente:** (Saavedra, 2017)

Según Rosero (2015), El brócoli tiene la clasificación taxonómica indicada en la tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica del brócoli

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Brassicales
<b>Familia:</b>	Brassicaceae
<b>Género:</b>	<i>Brassica</i>
<b>Especie:</b>	<i>Brassica oleracea</i>

**Fuente:** (Rosero, 2015)

#### **4.1.2. Características morfológicas del cultivo de lechuga y brócoli.**

##### **4.1.2.1. Raíz.**

La lechuga contiene un sistema radicular pivotante y esta se encuentra muy ramificada que en un sistema de riego por goteo no sobrepasa los 35 cm de profundidad (González y Zepeda, 2013).

Sin embargo, Zamora (2014), Expresa que las raíces del brócoli son profundas y amplia que le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y de nutrientes. Los cultivos hortícolas, prefieren suelos muy ligeros sino uniformes y profundos con buen drenaje. Existen raíces que alcanzan hasta 80 cm de profundidad. Las raíces secundarias, terciarias y raicillas se encuentran entre los 20 y 60 cm según la textura del suelo.

##### **4.1.2.2. Tallo.**

En la lechuga es muy corto, pequeño y cilíndrico, no se ramifica cuando la planta alcanza el punto de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la fase comercial, el tallo puede alcanzar incluso hasta los 1,2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia (Fajardo, 2016).

Sin embargo, Telenchana (2015), Señala que el tallo del brócoli es herbáceo y cilíndrico; con una altura que puede estar entre 20 a 50 cm; es respectivamente grueso (3 a 6 cm diámetro), sobre el tallo las hojas se disponen en forma helicoidal, con entrenudos cortos.

##### **4.1.2.3. Hojas.**

En el cultivo de lechuga son lisas y sin pecíolos con una disposición alternadamente en forma de roseta a partir de un corto tallo que no se ramifica, el borde de la hoja de forma redondeada, rizada

o aserrado, formando según la variedad un cogollo más o menos apretado en fases vegetativas avanzadas. El borde de los limbos puede ser ondulado o aserrado, liso, su tallo es cilíndrico y ramificado (González y Zepeda, 2013).

Disponen de una forma que pueden ser lanceoladas, oblongas o redondas, el borde de los limbos puede ser liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad, presenta un color verde claro u oscuro hasta amarillento, dependiendo del tipo y el cultivar (Fajardo, 2016).

En el brócoli son de tamaño grande de 30 X 50 cm puede variar en números de hojas ente 15 a 30 según el cultivar. Presenta un peciolo más pronunciado que la col, alcanzando un tercio de la longitud total de la hoja. La lamina es entera y tiene borde ondulado con un color verde grisáceo. (Telenchana, 2015).

#### ***4.1.2.4.Flor e inflorescencia.***

En la lechuga las flores se encuentran agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, lo cual están compuestos por 10 a 25 floretes con un receptáculo plano que contiene a su alrededor brácteas imbricadas. El florete tiene pétalos periféricos ligulados que pueden ser de color amarillo o blancos. En la parte interior de la flor presenta una corola tubular de borde dentado. El androceo está formado por 5 estambres que se encuentran adheridos en la base de la corola, con presencia de cinco anteras soldadas que forman un tubo polínico, que rodea el estilo. El cáliz es filamentosos y al madurar, la semilla forma el vilano, que actúa como un órgano para la diseminación de la semilla a través del viento (anemófila). Los pétalos se encuentran soldados (gamosépalos) (Fajardo, 2016).

En el brócoli son de color amarillo que se disponen en inflorescencias racimosas de polinización alógama. (Rosero, 2015).

Presenta cuatro pétalos en forma de cruz, las flores debido a su gran número, son completas, regulares e hipogeas, que tienen 28 sépalos de color amarillo y cuatro sépalos, que se disponen en ángulo agudo. Existen seis estambres, cuatro más largos y los otros dos más cortos, el pistilo simple se compone de dos carpelos y tienen dos lóculos (Telenchana, 2015).

#### ***4.1.2.5.Cabeza o pella.***

En la lechuga es una roseta densa de hojas que se forma una bola apretada del tamaño de una cabeza humana. es un vegetal básico favorito por su textura y dulzura que prefiere el clima fresco y mucha agua durante la temporada de crecimiento, el grado de compactación se determina presionando con

la mano la cabeza de la lechuga y cuando se requiera de una fuerza moderada para comprimirla, es porque ya se encuentra lista para la cosecha.

En lo que respecta al brócoli la pella es la parte comestible que consta de una masa densa de yemas florales de color verde morado o grisáceo, que alcanza un diámetro de 20 a 35 cm; dependiendo de la variedad o cultivar. No obstante, los rebrotes de la pella o cabeza solamente llegan a tener 10 cm (Rosero, 2015).

#### ***4.1.2.6. Fruto y semilla***

En el cultivo de la lechuga el tipo de fruto corresponde a un aquenio común y la semilla es plana picuda y ex albuminosa, lo cual es un fruto que dispone de una forma aovada, achatada, que puede ser de color blanco, amarillo o negro, es muy pequeña mide alrededor de 2 a 5 mm. El vilano se encuentra en su base, que facilita la diseminación por el viento; lo cual se desprende fácilmente, quedando el aquenio de la semilla limpio (Fajardo, 2016).

En cambio, en el brócoli el fruto es una silicua que contiene más de 10 semillas de forma dehiscentes en estado de maduración, las semillas son pequeñas, redondas (2 mm de diámetro) y de color marrón oscuro, un gramo de semilla puede llegar a tener entre 180 y 250 semillas (Rosero, 2015).

### **4.1.3. Condiciones edafoclimáticas.**

#### ***4.1.3.1. Temperatura.***

En el cultivo de lechuga la temperatura para el desarrollo óptimo esta entre 15 y 18 °C, prefiriendo temperaturas frescas para formar una cabeza más compacta en el momento de la cosecha; la mínima que puede tolerar el cultivo es de 12 °C, bajo esta temperatura la planta no crece; y la máxima temperatura sería entre 18 y 24 °C, a temperaturas superiores producen deterioro de la lechuga ya que forman cabezas más sueltas y con tendencia a emisión de tallo floral. Sin embargo, cada tipo de lechuga e inclusive variedad tiene sus propios requerimientos de temperatura para su crecimiento (Saavedra, 2017).

En cambio, el cultivo de brócoli se adapta mejor a temperaturas promedio de 16 °C, aunque el rango óptimo está entre 15 y 25 °C. También, soporta temperaturas bajas hasta de -2 °C siempre y cuando no se formó la inflorescencia. La semilla germina aproximadamente en 7 días a temperaturas entre 7 y 35 °C. A temperaturas altas, las plantas se desarrollan en menor tamaño,

cabezas deformes o cabezas normales, pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad (Zamora, 2016).

#### ***4.1.3.2.Humedad relativa.***

El cultivo de lechuga presenta la raíz en tamaño reducida en comparación a la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y no soporta la sequía, aunque este sea por un periodo corto. Para la lechuga la humedad relativa favorable es del 60 al 80 %, aunque en momentos determinados puede tolerar menos del 60 %. Los problemas que presenta este cultivo bajo invernadero es que se incrementa la humedad ambiental provocando más la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que es recomendable su cultivo al aire libre cuando las condiciones climáticas lo permitan (Barreno, 2019).

Sim embargo, el brócoli se desarrolla mejor en los valles interandinos de la Sierra, progresa en climas moderados, frescos y húmedos; con un ajuste climático muy amplio lo que hace posible su cultivo durante todo el año. La temperatura media anual óptimo para el crecimiento y el desarrollo de la pella es de 13 a 15 °C. La humedad relativa óptima oscila entre un 40 % y un 60 %. Humedades relativas muy elevadas benefician al desarrollo de enfermedades, con precipitaciones de 500 a 1000 mm/año las crucíferas se desarrollan sin limitaciones, mientras que precipitaciones menores a 500 mm/año afectan su crecimiento. Prefiere altitudes que van de los 1800 hasta 2800 m.s.n.m. (Martínez, 2015).

#### ***4.1.3.3.Suelo.***

Los suelos óptimos para el cultivo de lechuga son ligeros, arenosos-limosos, con un buen drenaje, con un pH óptimo de 6,7 a 7. Los suelos con materia orgánica el cultivo se desarrolla muy bien, pero si son excesivamente ácidos se perjudica en su desarrollo lo que hay que encalar para contrarrestar el pH ácido, es muy sensible a la sequía (Barreno, 2019).

En el cultivo de brócoli como todos los vegetales prefieren suelos no muy ligeros, uniformes, profundos con buen drenaje y con un pH óptimo de 6 a 7,5 puede soportar de 5 a 5,5 de pH si no existe deficiencia de algún elemento esencial. (Martínez, 2015).

#### **4.1.4. Requerimientos nutricionales de la lechuga y brócoli.**

Las necesidades por hectárea del cultivo de la lechuga durante su ciclo son Nitrógeno con 190 kg/ha, fósforo con 150 kg/ha y potasio con 275 kg/ha (Jiménez, 2017).

El ciclo comercial del cultivo de lechuga se desarrolla exclusivamente durante su etapa vegetativa donde la absorción de los nutrimentos se orienta hacia la producción de materia seca en hojas y tallo. Los elementos más importantes de la lechuga son el nitrógeno y el potasio, es muy sensible a deficiencias de calcio (Valverde, 2013).

Los nutrientes que necesita después de los 21 días después del trasplante son: Nitrógeno con 27 kg/ha, fósforo con 3 kg/ha y potasio con 39 kg/ha (Valverde, 2013).

En el primer mes de trasplante el cultivo necesita entre el 5 y 10 % del total de nutrientes y la máxima asimilación tiene lugar durante la formación de la cabeza o pella. El brócoli principalmente es muy sensible a las deficiencias de nutrientes minerales, requiere de 120 a 140 kg/ha de nitrógeno y 50 a 210 Kg/ha de fósforo, como se muestra en la tabla 5 (Calvache, 2004).

Puenayan *et al.* (2012), menciona que el cultivo de brócoli presenta un requerimiento por hectárea de 100 kg de N, 100 kg de P, 80 kg de K.

#### **4.2.Generalidades de los bioabonos.**

Los bioabonos para el mantenimiento o control de diversos procesos es un elemento transcendental relacionado con la productividad agrícola; son bien conocidos por sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, o como coberturas vegetales, aumentando los niveles originales de materia orgánica del suelo siendo este un componente de reemplazo para los fertilizantes químicos o sintéticos, también son de vital importancia debido a que su implementación o utilización en sistemas productivos se realiza con un punto de vista ecológica y limpia (Ramos y Terry, 2014).

##### **4.2.1. Concepto de bioabonos.**

El bioabono es el material que se obtiene por medio de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, para obtener productos finales que aportan nutrientes al suelo y, por tanto, a las plantas. Es un proceso acelerado y controlado por la descomposición de los residuos, cuyos microorganismos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, dando lugar a un producto estable que mejora la estructura del suelo (Ramos y Terry, 2014).

Es un fertilizante proveniente de residuos que pueden ser animales o restos vegetales e incluso de alimentos considerados como fuente orgánica natural que genera cambios beneficiosos en el suelo como la fijación de carbono y la absorción de agua, entre otras (Arango, 2017).

#### **4.2.2. Características de los bioabonos.**

- ✓ Los bioabonos puede causar un equilibrio ambiental y de seguridad alimentaria, siempre y cuando se identifiquen y se transfieran a los microorganismos útiles
- ✓ Los bioabonos se basan en microorganismos que son utilizados para incrementar los nutrientes del suelo y suplir las necesidades nutricionales de las plantas.
- ✓ Su principal objetivo es movilizar la disponibilidad de nutrientes con base en su actividad biológica, ayudar a recuperar la microbiota perdida del suelo
- ✓ Han mostrado un gran potencial como recurso renovable y respetuoso del medioambiente y son una fuente importante de nutrientes para las plantas.
- ✓ Proyecta el desarrollo económico sostenible para los agricultores y el país donde se produce.
- ✓ Son fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato y movilizadores de potasio (Afanador, 2017)

#### **4.2.3. Propiedades de los abonos orgánicos.**

##### ***4.2.3.1. Propiedades físicas.***

El abono orgánico puede absorber las radiaciones solares debido a su color oscuro, favoreciendo al suelo a adquirir más temperatura para la mayor absorción de los nutrientes. También mejora la estructura del suelo incrementando los microorganismos benéficos y aumentando la capacidad de intercambio catiónico. Permite mejorar la permeabilidad del suelo ya que influye en el drenaje y aireación debido al aumento de macro y micro poros. Aumenta la retención de agua en el suelo y contribuye a disminuir el uso de agua para riego por la mayor absorción del terreno; además, disminuye la erosión ya sea por efectos de escorrentía o gota de lluvia (Márquez, 2016).

##### ***4.2.3.2. Propiedades químicas.***

El abono orgánico facilita la absorción de nutrientes en el suelo y reduce las oscilaciones de pH, lo que permite mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad (Márquez, 2016).

##### ***4.2.3.3. Propiedades biológicas.***

El abono orgánico optimiza la aireación y oxigenación del suelo por lo que hay mayor actividad de parte del sistema radicular para su crecimiento y desarrollo así mismo existe una participación activa de los microorganismos aerobios. También producen sustancias inhibitoras y activadoras

de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo (Márquez, 2016).

#### **4.2.4. Composición nutricional de los bioabonos.**

Los bioabonos presentan contenidos de nitrógeno mineral elevado y cantidades de elementos nutritivos óptimos para las plantas. Dependiendo de la concentración, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH, también aumentan el potasio disponible, el calcio y el magnesio. Con respecto a las propiedades físicas, beneficia la filtración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, reduce el ataque de plagas y enfermedades promoviendo un mejor estado fitosanitario de las plantas (Ramos y Terry, 2014)

La calidad de los bioabonos se califica por su viabilidad y potencial de vida a largo plazo, y no tanto por su contenido de nutrientes medidos químicamente. Constan de numerosas sustancias esenciales como aminoácidos, hormonas, ácidos especialmente húmicos y fúlvicos, enzimas y en general quelantes que, como los organismos, ceden lentamente los nutrientes, protegiéndolos de la erosión como la lixiviación por lluvias. Todas estas sustancias vitales no constan en los análisis químicos, que solo muestran contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

Los diferentes elementos se dividen en dos grupos: micro, y macro elementos primarios y secundarios.

- Los Microelementos son: Fe, Zn, Mn, Mo, Bo, Cl, Cu, etc.
- Los Macroelementos primarios son: N, P y el K.
- Los Macroelementos secundarios son: Ca, Mg, S (Cajamarca, 2012).

#### **4.2.5. Proceso de descomposición y mineralización en bioabonos.**

El proceso de compostaje se enfoca en la actividad de microorganismos benéficos que viven en el ambiente, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica, para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollarse la descomposición su actividad necesita de condiciones adecuadas de temperatura, humedad y oxigenación. El compost se origina de residuos vegetales y animales, el producto final obtenido de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y contiene un importante contenido de materia orgánica y nutrientes para el suelo y las

plantas pudiendo ser aprovechado como un bioabono o como sustrato en viveros (Ramos y Terry, 2014).

Los residuos orgánicos pasan por un proceso de descomposición o mineralización que realizan los microorganismos del suelo es claramente un proceso oxidativo, una vez oxidada se obtiene un producto llamado humus, que es un material de color negro, coloidal y heterogéneo, responsable de aumentar la capacidad de intercambio catiónico de los suelos. La energía liberada por el bioabono una gran parte es utilizado por microorganismos y el restante se queda entre los residuos o es disipada como calor. Los elementos nutricionales liberados son esenciales para el crecimiento de las plantas y son absorbidos a través de su sistema radical (Cajamarca, 2012).

#### **4.2.6. Procedimiento para elaborar un bioabono.**

##### ***4.2.6.1. Materias primas del compost:***

- ✓ **Fuentes de materia carbonada:** corresponde a materiales ricos en lignina azúcares y celulosa como, por ejemplo: Ramas, aserrín de madera, hojas, arbustos, caña de maíz, malezas secas conseguidas de las deshieras, paja de cereales como: cebada, avena y trigo, basuras urbanas como desechos de cocina.
- ✓ **Fuente de materia nitrogenada:** corresponde a materiales orgánicos como desechos de animales o estiércol que pueden ser de vaca, oveja, cabra, caballo, cuy, conejo, llama, aves y se puede mezclar con hierba tierna.
- ✓ **Fuente de materia mineral:** Son aquellos materiales que pueden aportar una serie de elementos esenciales tanto micro y macro nutrientes como por ejemplo cal agrícola, ceniza, roca fosfórica, tierra común y agua. Al elaborar el compost es necesario hacer las mezclas tomando en cuenta la relación carbono: nitrógeno de los materiales que se tienen a disposición en la finca. Para hacer el compost se necesita cualquier mezcla de promedio 30:1, es decir 30 partes de carbono por 1 de nitrógeno, en peso, no en volumen.
- ✓ **Herramientas manuales de labranza:** se utilizan palas, barretas, rastrillos, machetes, carretilla, regadera o manguera, y cuatro estacas de 60 cm de largo, una piola de nylon.

##### ***4.2.6.2. Proceso para la elaboración del compost.***

- ✓ Primero se debe delimitar el terreno con cuatro estacas y una piola: ancho: 1,20 m, largo: 2 a 10 m, alto: 1 m.

- ✓ Dentro del espacio donde se elaborará la compostera, coloque en el suelo cada 1,20 m una estaca de 1,50 m de alto por 10 cm de diámetro.
- ✓ Para facilitar el drenaje y aireación colocar en la base una capa de caña de maíz de 2,5 cm.
- ✓ Luego colocar una capa de hierba tierna seca y fresca: maleza del deshierbe, leguminosas, etc. (20 cm) y aplique agua hasta llegar al punto de saturación.
- ✓ Coloque una capa de estiércol de cualquier animal antes mencionado de 10 cm.
- ✓ Coloque una mezcla elaborada en tres partes iguales de tierra, cal o ceniza vegetal y roca fosfórica (2,5 cm).
- ✓ Repita la operación comenzando con hierba tierna seca y fresca, hasta conseguir un metro de altura.
- ✓ Al concluir la elaboración de la compostera, para guardar humedad y temperatura, así como para evitar la fuga del elemento nitrógeno, se cubre el montón formado, con: paja, hoja de plátano o simplemente con un pedazo de plástico.
- ✓ Al día siguiente de elaborada la compostera quitar los palos que coloco a fin de que por ahí también circule el aire (Suquilanda, 1996).

#### **4.2.7. El compost.**

El compostaje es una técnica que comprende la transformación aeróbica de compuestos orgánicos para producir el compost. El lombricompost es un proceso que se considera para elaborar abono, con el empleo de las lombrices y de microorganismos (Román *et al.*, 2013)

El compostaje es indispensable para evitar daños como las altas concentraciones de nitratos en hojas de remolacha, rábanos y el incremento de sales en el suelo además de impedir la contaminación de las capas freáticas con nitratos. En este proceso se debe elaborar para conseguir en la fermentación temperaturas aproximadamente de 65 °C por 4 a 5 días, y así evitar presencia de plagas insectiles, fitopatógenos y patógenos humanos, para más detalles de los parámetros del compost se detalla en la tabla 3 (Garro, 2016).

La descomposición de residuos orgánicos ya sea de origen vegetal o animal se considera abono orgánico y va a depender de factores como la humedad y temperatura (Cajamarca, 2012).

**Tabla 3.** Parámetros del compostaje.

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2–5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50 % - 60 %	45 % – 55 %	30 % – 40 %
Concentración de oxígeno	10 %	10 %	10 %
Tamaño de partícula	< 25 cm	15 cm	< 1,6 cm
pH	6,5 - 8		6,5 – 8,5 cm
Temperatura	45 – 60 °C	45 °C – Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250 – 400 kg/m <sup>3</sup>	< 700 kg/m <sup>3</sup>	< 700 kg/m <sup>3</sup>
Materia orgánica (Base seca)	50 % - 70 %	> 20 %	> 20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5 – 3 %	1 – 2 %	1 %

**Fuente:** (Garro, 2016).

#### 4.2.8. Humus.

Se obtiene a través la transformación de residuos orgánicos, los mismos que al pasar por el tracto digestivo de la lombriz Roja Californiana (*Eiseneafóetida*), estos son asimilados y degradados a su último estado de descomposición, presentando en su contenido una producto balanceado con todos los elementos y microorganismos esenciales para reactivar los procesos biológicos de los suelos (Cajamarca, 2012).

##### 4.2.8.1. Procedimiento en la elaboración del humus.

Las cunas tienen que tener un sistema de drenaje para el agua, es decir, si es una pecera, hay que hacerle pequeños orificios en las esquinas inferiores (1,5 cm en diagonal aprox., desde la esquina). A continuación, se le coloca el estiércol, alrededor de tres cuartas partes de la cuna, dependiendo la cantidad de lombrices que se coloquen en esta. Luego del estiércol ya colocado se procede a insertar las lombrices en la superficie de ésta, ellas solas comenzarán a meterse en el estiércol. Cuando ya estén todas adentro, se riegan las cunas teniendo en cuenta que hay que dejar la cuna inclinada de modo que el agua pueda salir para así evitar podredumbres, las lombrices no pueden vivir sin el agua, pero tampoco pueden vivir con demasiada humedad. Retirarlas del lombricompost es un proceso muy fácil, solo hay que dejarlas uno o dos días sin alimento, y después poner alimento nuevo a un lado del lugar donde se encuentran, las lombrices en busca de alimento irán a su nuevo lugar rápidamente (el 50 % de las lombrices llegará en solo unas horas).

Pero quedarán en el lombricompuesto los capullos y las pequeñas lombrices, para que lleguen a trasladarse las pequeñas lombrices y las que nacerán después es necesario esperar al menos 30 días. Si solo se desea vender lombrices, se lo puede realizar con solo colocando alimento nuevo y extraerlo al día siguiente y se podrá notar bastante cantidad de lombrices acumuladas en el lugar donde se colocó el alimento. De esa manera te quedaran capullos, pequeñas lombrices, y un porcentaje de adultos para continuar con la producción. La lombricultura es un oficio que está en expansión, y en un futuro será necesario para la supervivencia de los campos agrícolas (Cajamarca, 2012).

#### **4.2.9. Factores que intervienen en el proceso.**

##### ***4.2.9.1.Nutricionales.***

Por parte de los microorganismos beneficiosos se puede manejar el grado y la facilidad de obtención de factores nutricionales, así como también el balance de los mismos que se encuentran dispersos en el sustrato a compostar

##### ***4.2.9.2.pH.***

Los rangos de pH para bacterias más óptimos son de 6 a 7,5 y para algunos tipos de hongos es ideal de 5,5 a 8, a comparación con la temperatura este factor no se recomienda que sea alterado.

##### ***4.2.9.3.Temperatura.***

La temperatura es un factor importante debido que depende la velocidad del proceso, así como la presencia o ausencia de microorganismos biodegradadores como hongos y bacterias.

##### ***4.2.9.4.Aireación.***

Tiene relación con la presencia de oxígeno en el material orgánico, para lo cual es importante que este material orgánico debe estar en contacto con el oxígeno en toda si área de superficie, este proceso servirá para controlar la humedad y la temperatura.

##### ***4.2.9.5.Humedad.***

La humedad es relevante ya que tiene relación con la presencia de malos olores si esta se encuentra mayor al 100 %, pero en rango de 45 a 50 % puede controlar la temperatura haciendo que disminuya, la cantidad óptima de humedad está en un rango de 50 a 60 % (Cajamarca, 2012).

### **4.3. Industria Cervecera.**

El alimento proveniente de la fermentación mediante levadura seleccionada es la cerveza, a partir de un mosto cervecero elaborado por materias primas naturales. Se fabrica mediante agua y levaduras previamente seleccionadas, de un mosto procedente de malta que es el producto final obtenidos de los granos de cebada una vez sometido al proceso de malteo que son transformados en azúcares por digestión enzimática, lúpulo que es una especie de planta de la cual se aprovecha su flor hembra, sin fecundar para facilitar amargura a la cerveza, y aditivos o coadyuvantes tecnológicos, sometidos a un proceso de filtración y pasteurización (Torrente, 2019).

#### **4.3.1. Proceso de elaboración del mosto.**

##### ***4.3.1.1. Molienda.***

Consiste en realizar el molido de la malta, que debe fraccionar el grano lo suficiente como para que se pueda extraer su contenido, pero sin desmenuzarlo, para que la cáscara actúe como filtro natural. Antes de la elaboración se lo debe de realizar para evitar la oxidación de los ácidos grasos (García, 2017).

##### ***4.3.1.2. Maceración.***

Una vez pasado el proceso de molienda se procede a la maceración en agua caliente, los parámetros del macerado como temperatura, tiempo, pH y la relación agua-malta deben controlarse para asegurar la acción de las enzimas deseadas. Las más importantes son la  $\alpha$  y  $\beta$ -amilasas, ya que son responsables de la transformación del almidón de la malta en azúcares fermentables. Sin embargo, si no se toma en cuenta la acción del resto de enzimas se obtendrá un mosto que, aun siendo fermentable, no tendrá unas características de turbidez adecuadas y generará problemas en etapas posteriores del proceso (García, 2017).

##### ***4.3.1.3. Bagazo de malta.***

En esta etapa una vez finalizado el macerado, se procede a separar el grano previamente utilizado a través de un filtro debido a que se le han extraído sus azúcares quedando un subproducto que ocupa su análisis en trabajos de investigación, también es conocido por sus siglas BSG (Brewer's Spent Grain) (García, 2017).

##### ***4.3.1.4. Filtración.***

Tras la maceración, se procede a la separación del mosto líquido a partir de los restos de la malta. Para ello se filtra el mosto a través de un filtro prensa, separando el líquido del sólido, a este último

le llamamos bagazo de cebada y normalmente es reaprovechado para alimentación animal (García, 2017).

#### ***4.3.1.5.Cocción.***

Una vez que el mosto este filtrado se procede a su cocción. En este proceso se trata de hervir el mosto durante una hora, aunque para cervezas con alto grado de alcohol es habitual que las cocciones sean más prolongadas aproximadamente de una hora y media o incluso hasta dos horas. El objetivo es esterilizar el mosto, precipitando compuestos no deseados como proteínas y taninos para así poder procesar las sustancias presentes en el lúpulo, que es añadido durante esta etapa (García, 2017).

#### ***4.3.1.6.Enfriamiento.***

Se trata de enfriar rápidamente el líquido, para poder reducir el tiempo en que el mosto se contamine por cualquier microorganismo externo. Utilizando intercambiadores de calor que bajan la temperatura hasta las condiciones óptimas de fermentación es decir por debajo de los 20 °C y se inyecta aire filtrado para poder oxigenar el mosto (García, 2017).

#### ***4.3.1.7.Fermentación.***

Finalmente, se adiciona la levadura que tiende a crecer exponencialmente hasta agotar el oxígeno disperso. A partir de este momento, cambia su metabolismo a una fase anaerobia, realizando la fermentación alcohólica para producir CO<sub>2</sub> y etanol. Durante esta fase, el proceso es exotérmico por lo que se requiere de sistemas de refrigeración para mantener la temperatura apropiada. Cuando se terminan los azúcares fermentables, la gran mayoría de las células de levadura floculan y se retiran. Para ello es útil el uso de fermentadores cilindro cónicos, ya que la forma cónica de su parte inferior facilita enormemente la retirada de la levadura floculada (García, 2017).

#### ***4.3.1.8.Maduración.***

Una vez completado el proceso de fermentación y la levadura retirada, se obtienen un producto denominado cerveza verde o incompleta cuyo sabor debe ser mejorado en aroma y aspecto deben ser también ajustados antes de la distribución a los diferentes consumidores (García, 2017)

El líquido deseado requiere de un periodo de maduración, donde la cerveza es sometida a temperaturas bajas para que el sabor y aroma se estabilicen y se consiga el balance entre los diferentes matices (Asociación de Cervezerías del Ecuador, 2017).

#### ***4.3.1.9. Envasado.***

Una vez filtrada se obtiene la cerveza brillante ya con el sabor y aroma adecuado, envasa en diferentes formatos para su consumo y en muchos casos se pasteuriza para luego poner a disposición de los consumidores, que podrán disfrutar de una buena bebida (Asociación de Cervecerías del Ecuador, 2017).

#### **4.3.2. Residuos de industria cervecera.**

El aprovechamiento de estos subproductos trae consigo una disminución del impacto ambiental y a su vez, la disminución del coste del tratamiento de residuos y el aumento de beneficio por la generación de una nueva fuente de ingresos.

Los principales subproductos generados en la industria cervecera son: las raicillas de malta, el bagazo y la levadura cervecera (Torrente, 2019).

##### ***4.3.2.1. Las raicillas de malta.***

Son los brotes separados de la semilla de la cebada ya germinada en condiciones controladas de temperatura y humedad en el proceso de malteado y son obtenidas mediante el cribado del grano germinado, tiene una forma de una masa blanda y gruesa, formado por filamentos de color pardo-amarillo, con una longitud de 5-8 mm y un grosor de décimas de milímetros, el olor es similar al de la malta y su sabor es un poco amargo, por término medio se obtienen 5 kg de raicillas por cada 100 kg de cebada (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2019).

##### ***4.3.2.2. El bagazo.***

Es resultante del proceso de filtrado y prensado del mosto, obtenido a partir del grano de cebada rico en proteínas y fibra. El bagazo es el subproducto que se produce en mayores cantidades en la elaboración de la cerveza con un 85 % de todos los residuos producidos en la industria cervecera. La reutilización del bagazo conlleva un proceso previo de prensado, que reduce su humedad del 80 % del que sale de fábrica a un 60 %, incrementando de esta forma su tiempo de conservación (Torrente, 2019).

##### ***4.3.2.3. La levadura cervecera.***

Las levaduras están conformadas por su mayoría de células de *Saccharomyces cerevisiae*, que se obtiene de la filtración del mosto fermentado, después del fermentado, las levaduras son separadas por centrifugación y respectivamente lavadas, lo cual se pasan por filtros para reducir el contenido

de agua, hasta obtener el producto con un 68 a 70 % de humedad, conocido como levadura prensada, se envasa en forma granulada en sobres de nylon y se almacena bajo refrigeración (Torrente, 2019).

#### **4.3.3. Características del bagazo cervecero.**

El bagazo cervecero es producto de la maceración de la cebada cuyo endospermo de la cebada malteada es sometido a una degradación enzimática resultando un 70 – 80 % del contenido de polipéptidos, aminoácidos, carbohidratos fermentables como glucosa, maltosa y maltotriosa y no fermentables como las dextrinas. Este residuo corresponde a aproximadamente el 85 % del total de desechos generados en el proceso de elaboración de la cerveza y su volumen de producción es entre 16 a 22 kg por hectolitro de cerveza elaborada. El bagazo cervecero es considerado una biomasa lignina-celulosa porque está conformado por cáscara del grano, pericarpio y fragmentos de endospermo (Morales, 2017).

#### **4.3.4. Composición del bagazo cervecero.**

Su composición química en seco es principalmente de carbohidratos de celulosa y hemicelulosa (17-25 %) y no celulósicos (25-35 %), proteína (10-30 %), lignina (8-28 %); y en menores cantidades por lípidos (< 11 %) y cenizas (5 %). Cada una de estas macromoléculas presentan aprovechamiento en casi todos los campos industriales. El Bagazo cervecero contiene una alta cantidad de proteína al poseer tres grupos que están clasificados por el medio en el que se extraen: hordeínas (alcohol), glutelinas (detergentes) y globulinas (soluciones salinas). Esta fracción es generalmente utilizada como alimento para ganado. Sin embargo, tiene el potencial de servir como alimento humano porque contiene aproximadamente el 30 % de los aminoácidos esenciales, siendo la lisina la más abundante (14,3 %) y en menor cantidad leucina (6,12 %) y fenilalanina (4,64 %) (Morales, 2017).

Otro autor menciona que el bagazo de cerveza puede estar compuesto de proteínas en un 15 – 26 % de proteínas y fibras en un 70 %, que incluyen celulosa entre 15,50 y 25 % y hemicelulosa entre 28 a 35 % también contiene lignina aproximadamente el 28 %. Puede contener lípidos (entre 3,9 y 18 %, de los cuales el 67 % son triglicéridos), cenizas (2,50 a 4,50 %), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales contiene el calcio, fósforo y selenio. También contiene: ácido fólico, niacina, colina, biotina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6. Entre los aminoácidos los más presentes son: la valina, leucina, alanina, serina,

glicina, tirosina, lisina, prolina, treonina, arginina, cistina, histidina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, glutámico y ácido aspártico (Ministerio de Agricultura Ganadería y pesca, 2019).

#### **4.3.5. Utilización del bagazo de cerveza.**

El bagazo de cerveza cuenta con un amplio espectro en destinos posibles como, por ejemplo:

- ✓ El cultivo de microorganismos.
- ✓ Para la alimentación humana.
- ✓ Su manejo como material adsorbente de procedimientos químicos
- ✓ La producción de energía por combustión directa.
- ✓ La elaboración de biogás por fermentación anaeróbica.
- ✓ La fabricación de carbón.
- ✓ La preparación de bioproductos de fermentación (Ministerio de Agricultura Ganadería y pesca, 2019).

#### **4.3.6. Antecedentes en la reutilización del bagazo de malta cervecera en el Ecuador y en el mundo**

El bagazo de malta de cebada es un residuo resultante de la elaboración de cerveza artesanal de alta disponibilidad y bajo costo, es un producto potencial dentro de la alimentación y la industria, por su composición y materia prima de alto valor biológico y nutricional. Es así, que la demanda de la cerveza artesanal exige implementar un sistema de gestión en aprovechar los residuos y buscar diferentes alternativas o tratamientos.

Por ejemplo, en la Universidad Técnica del Norte perteneciente en la provincia de Ibarra, llevaron a cabo la propuesta “Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra” en la que se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con arreglo factorial en donde se evaluó la sustitución de hojuelas de trigo por bagazo de malta de cebada en la barra de cereales y la temperatura óptima para el horneado obteniendo como resultado que el bagazo de malta tiene altos valores nutricionales en la alimentación humana por su elevada cantidad de proteína, azúcares y fibra que superan a la harina de trigo (Jurado, 2018).

Por otra parte, en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense Madrid, España se realizó un estudio del aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera en

donde demuestran que los subproductos se emplean hasta el momento para alimentación animal o como biocombustible pero que también presentan otros usos en la actualidad como en el campo de la salud humana. El bagazo cervecero, es el que se produce en mayor cantidad, con elevadas proporciones de ácidos fenólicos como el ácido ferúlico con propiedades antioxidantes, y arabinosilanos con actividad prebiótica, antioxidante e inmunitaria. La levadura cervecera residual tiene  $\beta$ -glucanos que disminuyen el colesterol LDL y la respuesta a la glucemia, mananos con efecto prebiótico, y una alta proporción de vitaminas hidrosolubles del complejo B. Las raicillas de malta poseen elevadas cantidades de hemicelulosas pudiendo utilizarse en la prevención del estreñimiento. También contienen inulina y fructooligosacáridos (FOS), que se han empleado por su capacidad prebiótica (Torrente, 2019).

Finalmente, en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador perteneciente a la ciudad de Quito con la propuesta de realizar el fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de la biorrefinería se realizó la caracterización de las macromoléculas con el objetivo de diseñar y ensayar cinco bioprocesos de fraccionamiento que maximicen la extracción de proteínas, lípidos y carbohidratos como almidón y celulósicos en base al uso principalmente de enzimas. En donde identificaron que el segundo bioproceso de fraccionamiento extrajo 72,41 % de las macromoléculas del bagazo cervecero, logrando extraer el 93,79 % y 86,77 % del total de carbohidratos y proteínas respectivamente. Finalmente ejecutaron un análisis financiero que demostró la viabilidad económica del proyecto en una escala industrial, con una Tasa de Retorno de Inversión de 98,92 %. siendo muy rentable. (Morales, 2017).

Es así, que la búsqueda de nuevas alternativas que permitan avanzar en la gestión de la agricultura sustentable y cuidado del medio ambiente, se dirige a la acción de la reducción, la reutilización y el reciclaje de residuos.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos, como el bagazo, para incorporarlo como materia prima en la elaboración del compost es uno de los aspectos más relevantes y en el que se viene trabajando en futuras investigaciones.

## **5. Metodología.**

### **5.1. Localización del estudio.**

La investigación se llevó a cabo en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, de la Universidad Nacional de Loja ubicada en el cantón Loja, provincia de Loja.

#### **5.1.1. Ubicación política.**

La implementación del estudio se realizó en el país Ecuador en la provincia de Loja, cantón Loja en la parroquia de San Sebastián en el sector La Argelia con coordenadas: Latitud: 4°01'40.0"S y Longitud: 79°12'03.1"W en altitud de 2 135 msnm.

### **5.2. Características edafoclimáticas.**

La Estación Experimental “La Argelia Loja”, corresponde a una Zona de vida conocida como bosque seco montano bajo bs-Mb. (Holdridge, 1982)

Las condiciones climáticas según la estación meteorológica “La Argelia”, 2015 son las siguientes: una precipitación de 906,9 mm/año, temperatura media anual de 15,5 °C, temperatura máxima de 27,8 °C, temperatura mínima 3°C, humedad relativa máxima de 78 %, humedad relativa mínima de 72 %, humedad relativa media 74 % y una velocidad del viento media 3,1 m/s.

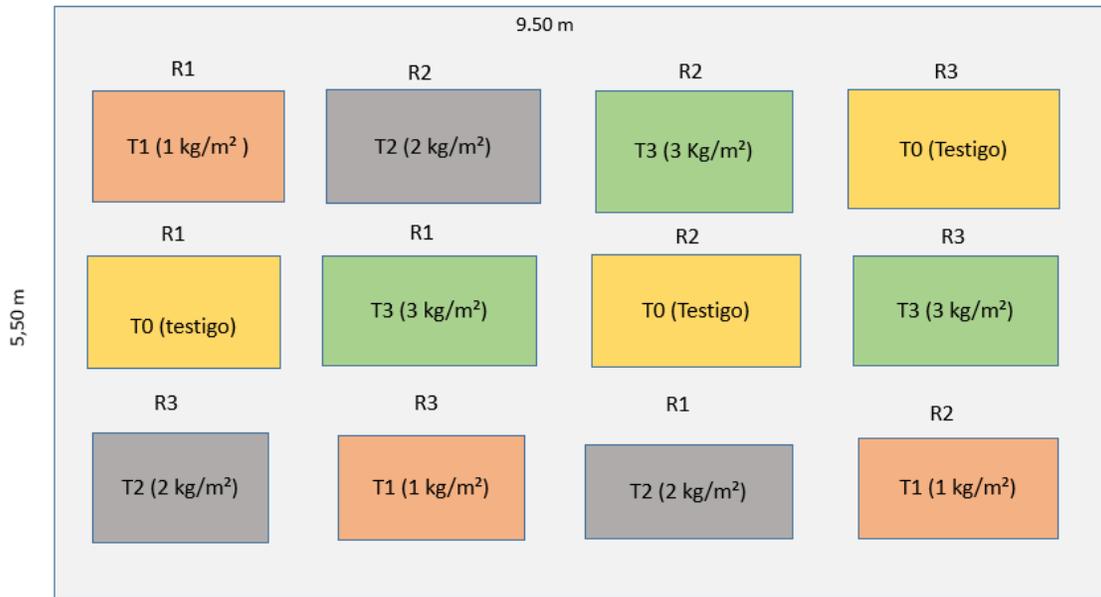
### **5.3. Diseño experimental.**

La presente investigación es de carácter experimental.

Experimental, puesto que durante el proceso de elaboración del abono orgánico se realizará un seguimiento a varias características físicas y químicas, teniendo en cuenta los factores que requiere el abono para ser elaborado y es observativo, puesto que el producto final se aplicó en el campo para determinar si existen o no beneficios en el rendimiento de los cultivos planteados.

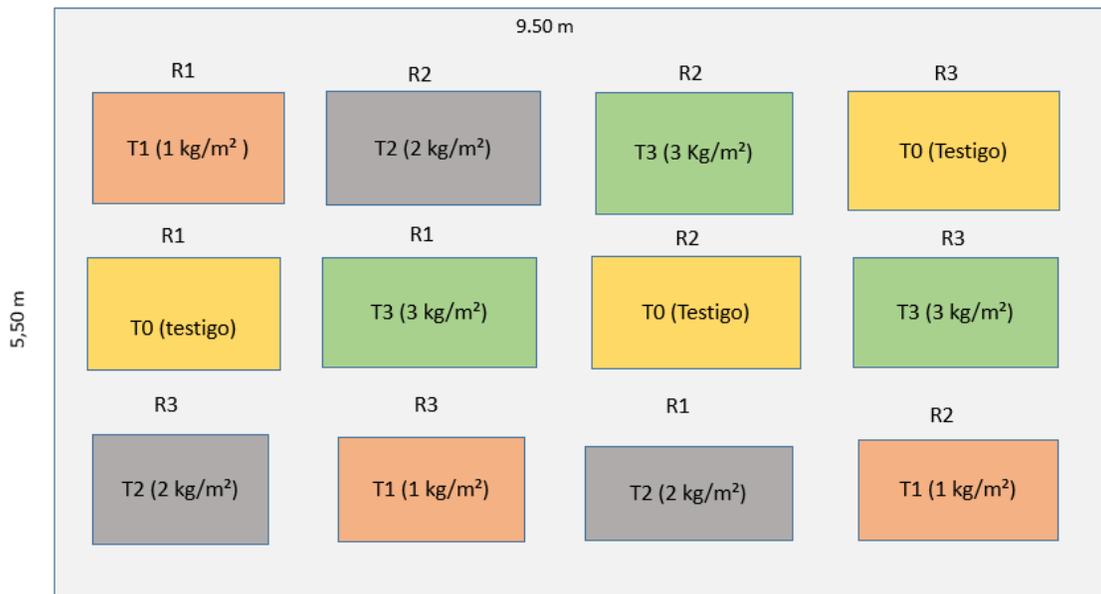
Se utilizó un DCA (diseño completamente aleatorizado), con 4 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 12 unidades experimentales como se muestra en la fig. 1 y 2, incluyendo el testigo absoluto (T0). Cada tratamiento obtuvo diferentes dosis del bioabono en kg/m<sup>2</sup>, es decir el tratamiento 1 (T1) tuvo 1 kg/m<sup>2</sup>, el tratamiento 2 (T2) tuvo 2 kg/m<sup>2</sup> y el tratamiento 3 (T3) tuvo 3 kg/m<sup>2</sup>, el testigo (T0) no incluiría la aplicación del bioabono cuyos resultados serán obtenidos por el muestreo aleatorizado que representará para toda la población, (tabla 7). La población del diseño experimental fue de 240 plantas por cada cultivo con un total de 480 plantas, que fueron distribuidas en parcelas netas con su respectivo tratamiento.

El residuo industrial no contaminante de origen vegetal 100 % bagazo de cebada fueron proporcionados por ASOCERV (Asociación de Cervecerías del Ecuador), aproximadamente entre 45 a 100 kg para la elaboración del bioabono



**Figura 1.** Representación del diseño experimental para cultivo de lechuga variedad repollo.

**Fuente:** Elaboración del autor



**Figura 2.** Representación del diseño experimental para cultivo de brócoli.

**Fuente:** Elaboración del autor

### 5.3.1. Descripción de los tratamientos.

**Tabla 4.** Descripción de los tratamientos referente a los diferentes niveles de dosis del bioabono

Nº	Tratamiento	Código
0	Sin aplicación del bioabono	T0D0
1	Aplicación de 1 kg/m <sup>2</sup> del bioabono	T1D1
2	Aplicación de 2 kg/m <sup>2</sup> del bioabono	T2D2
3	Aplicación de 3 kg/m <sup>2</sup> del bioabono	T3D3

**Fuente:** Elaboración del autor

La implementación de los tratamientos mencionados en la tabla 4 está en función en que la dosis del bioabono se relaciona con la cantidad del abastecimiento de nutrientes en el suelo y la densidad de siembra de ambos cultivos determinando la cantidad de plantas en total y por metro cuadrado en proporción a las tres dosis planteadas (baja, media y alta).

### 5.3.2. Análisis estadístico.

Los datos de las variables agronómicas se sometieron al método de análisis de varianza (ANOVA) del programa INFOSTAT lo cual se comprobaron los supuestos de la normalidad para la aceptación del modelo, se realizó la comparación de las medias de los tratamientos y factores, se usó la prueba de significancia de Tukey al 5 %, y análisis de correlación en el rendimiento de ambos cultivos.

## 5.4. Metodología general.

### 5.4.1. Preparación del suelo.

La roturación del suelo se realizó manualmente con la ayuda de un pico, azada y lampa, actividad que permitirá dejarlo de manera más suelta y de esa forma facilitar el prendimiento y desarrollo de las plántulas posteriormente con la ayuda de lampa, piola, estacas y rastrillo se construyeron las parcelas.

### 5.4.2. Trazado de parcelas.

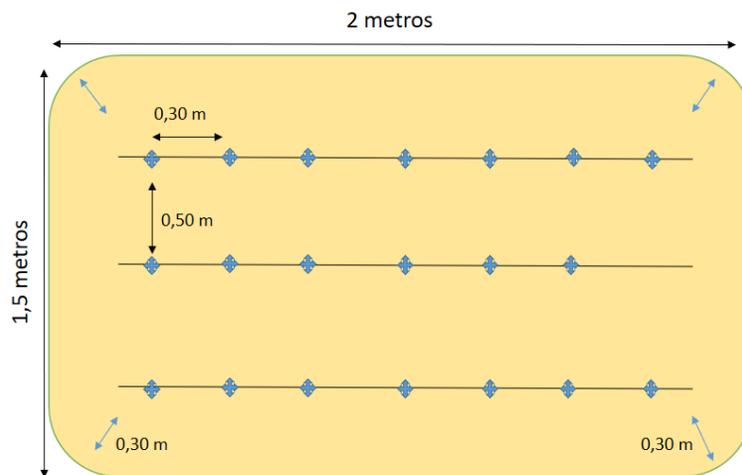
Con la ayuda de piola y estacas se cuadró el terreno a través del método del triángulo 3, 4, 5; luego se procedió a medir el ancho de las parcelas y caminos, colocando estacas en los vértices, que permitió templar la piola, que con la ayuda de palas y rastrillos se construyó de 5,50 m de ancho y 9,50 m de largo.

### 5.4.3. Evaluación de los tratamientos.

En cada cultivo al ser de ciclo corto se van a tomar datos de las variables morfológicas correspondientes cada 30 días hasta finalizar su ciclo fenológico, es decir que para el cultivo de la lechuga se lo realizó a los 30, 60 y 75 días después del trasplante y en el cultivo del brócoli se lo realizó a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

### 5.4.4. Establecimiento de los cultivos.

Se delimitó el terreno en 52,25 m<sup>2</sup> para ambos cultivos (5,50 m de ancho y 9,50 m de largo), para lo cual se diseñaron parcelas netas (figura 3) con dimensiones de 1,5 m de ancho y 2 m de largo, cada parcela neta tuvo un total de 20 plantas, con una densidad de siembra de 0,30 m entre planta y 0,50 m entre surco cada parcela fue separada con una distancia de 0,50 m entre sí.



**Figura 3.** Diseño de las parcelas netas.

**Fuente:** Elaboración propia

El bioabono se aplicó una vez construidas las parcelas, para lo cual se procedió a pesar y enfundar la cantidad de abono de acuerdo a las concentraciones planteadas, así mismo se distribuyó uniformemente en cada parcela y se colocó en cada planta de manera localizada.

Para el análisis de suelo fue proporcionado por Villavicencio, (2021) realizó en la misma localidad de la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, los cuales sirvieron como referencia para poder determinar los nutrientes deficientes en el suelo y poder contrarrestar con las dosis del bioabono.

Las plántulas del brócoli y lechuga fueron adquiridas por la agropecuaria “La Chacra”, el trasplante en el sitio definitivo se realizó con la ayuda de una tola, el riego se efectuó en sistema manual, cada

dos días en el primer mes, y cada cinco días el resto del ciclo vegetativo. El control de malezas fue ejecutado manualmente.

#### **5.4.5. Preparación del sustrato.**

La preparación del sustrato se basa en el procedimiento para la elaboración de un compost o bioabono propuesto por Suquilanda, (2006), con la siguiente adaptación de incorporar residuos industriales de cervecería tales como el bagazo de cebada y levaduras que se detallará a continuación.

##### ***5.4.5.1. Proceso para la elaboración del compost:***

Se colocaron 45 kg de bagazo de malta cervecera dispuestas en dos pilas de 22,5 kg no se colocó levaduras puesto a que el bagazo ya contiene levadura cervecera por la elaboración de la misma, por otro lado, el proceso de digestión para la producción del bioabono sería facilitado por causa del ablandamiento de la materia orgánica lo cual permite descomponerse con mayor rapidez, en vista que la malta de cebada pasa por un proceso de maceración a temperaturas promedio de 66 a 75 grados Celsius por un periodo de mínimo de 60 a 90 minutos.

Una vez distribuidos los pilares se procede a colocar agua hasta que obtengan el 60 % de humedad con temperatura ambiente de 20°C a 25°C, luego se procede a remover bien los pilares para la entrada del oxígeno al compost evitando así pudriciones o malos olores

En el proceso de la descomposición es importante mantener temperaturas de 30°C a 60°C ideal para que los microorganismos aerobios degradan la materia orgánica, durante la descomposición se mantuvo temperaturas de 30 a 45°C.

Durante la descomposición del bagazo de malta después de 4 meses hubo la presencia de la lombriz de tierra aproximadamente 50 lombrices por cada pilar de 22,5 kg de esta manera se obtiene de una forma más rápida compost maduro, para luego guardar humedad y temperatura, así como evitar la fuga del elemento nitrógeno, cubriendo con: paja, achira o simplemente con un pedazo de plástico

Al concluir la descomposición del bagazo con temperatura ambiente de 25°C y humedad del 21,88 % después de los 5 meses que presentó una coloración gris-oscuro y una textura suelta granulosa con olor a tierra de bosque, se procedió a pesar según las dosis planteadas y a enfundar para colocar a cada planta. (Suquilanda, 2006)

## **5.5. Metodología específica.**

### **5.5.1. Caracterizar el bioabono proveniente de los desechos de cervecería a nivel molecular.**

Se realizó un análisis de composición a nivel molecular para identificar el potencial y la concentración de las macro y micro moléculas presentes en el bagazo cervecero para ello la muestra a analizar fue de 500 g, con 2 diferentes estados de bagazo de malta: en estado fresco (BMF) con número de muestra 7427 y en estado compost o descompuesto (BMD) con número de muestra 7429, los análisis se realizaron con un total de 3 repeticiones que se detallan en la tabla 5. Para los macro elementos como es el potasio y fósforo se lo realizó en los laboratorios de agua y suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja, de igual manera con dos muestras en estado fresco y en compost, para así conocer la composición química del compost para la aplicación en cultivos agrícolas supliendo las carencias de nutrientes principales: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y de nutrientes secundarios para lograr un producto de aplicación en el mejoramiento y la fertilización de suelos.

Los protocolos y equipos utilizados se basan en métodos estandarizados del Laboratorio de Suelos Agua y Bromatología de la UNL de acuerdo a los protocolos de la AOAC Internacional (2019): para determinar los valores de los parámetros según el análisis químico que servirán como criterios de confianza del método analítico:

#### **Tamizado y clasificación del tamaño de agregados.**

**Principio y alcance:** Una porción de muestra, se tamiza por un tamiz de 16 mm y se determina la humedad y el contenido de sólidos en la fracción < 16 mm. Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost y de materias primas para compostaje.

**Equipos y materiales especiales:** Tamiz de acero inoxidable de 20 cm de diámetro con orificios de 16 mm, con fondo y tapa adecuados. Agitador de tamices, Bolsas de papel, o de otro material, capaces de mantener la masa a temperatura de 80°C, Bolsas de plástico Ziploc de 4 L de capacidad. Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura de 70°C ± 5°C. Desecador con un agente secante activo.

## **Molienda de la materia orgánica (Método Munter)**

**Principio y alcance:** La fracción < 16 mm seca al aire y libre de inertes, se muele en un molino diseñado para tejidos vegetales hasta polvo fino. Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost y de materias primas para compostaje y es recomendado para el análisis posterior de materia orgánica, carbono orgánico, nutrientes totales (excepto N) y metales pesados.

**Equipos y materiales especiales:** Molino diseñado para tejidos vegetales

### **Secado a $70\pm 5^{\circ}\text{C}$**

**Principio y alcance:** Una alícuota de la muestra se pesa, se seca a  $70\pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta masa constante y se vuelve a pesar. La fracción remanente corresponde al contenido de sólidos totales y la fracción evaporada al contenido de agua. Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost y de materias primas para compostaje.

**Equipos y materiales especiales:** Balanza con una capacidad de 100 g y una exactitud de 0,001 g. Vaso o cápsula de vidrio de 150 mL de capacidad. Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura de  $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Desecador con vacío con un agente secante activo.

## **Nitrógeno total**

### **Digestión Kjeldahl, destilación de $\text{NH}_3$ y titulación**

**Principio y alcance:** Una alícuota de la muestra < 16 mm, seca y molida (compost bajo en N volátil) o de la muestra tal cual se recibió y tamizada por 4 mm (compost alto en N volátil), se digiere con ácido sulfúrico, ácido salicílico y una mezcla catalítica de sulfato de potasio, sulfato de cobre y dióxido de titanio. El digerido se alcaliniza y el  $\text{NH}_3$  formado se destila por arrastre de vapor, se atrapa en ácido bórico y se titula con ácido. Este procedimiento de digestión permite determinar el nitrógeno total del compost (N-amoniaco, N-nitrato, N-nitrito y N orgánico). Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost.

### **Extracto Etéreo**

**Principio y alcance:** El porcentaje de lípidos totales fue cuantificado por el método de extracción de grasas Soxhlet, en donde en el procedimiento se colocó el dedal o cartucho en la estufa desecadora por 10 min, se retira para colocarse en un desecador de vidrio otros 10 min, con el fin

de obtener su peso constante, posteriormente se pesa el dedal o cartucho y se anota el peso en la hoja de registro, se pesan de 3 a 5 g. de la muestra ya desecada y se coloca en un dedal o cartucho, luego se lleva el dedal o cartucho a la cámara de muestras de Soxhlet, para luego agregar 400 ml de éter de petróleo. Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost, por último, se determina el porcentaje de extracto etéreo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ EE BH} = \frac{(Pcs + gr. m) - (Pc + MD)}{gr. m} \times MS$$

$$\% \text{ EE BS al 100 \%} = \frac{\% \text{ EE BH}}{MS} \times 100$$

$$\% \text{ EE BS al 90 \%} = \% \text{ EE BS al 100 \%} \times 0.9$$

Donde:

**Pcs**= Peso del cartucho solo.

**Pc+MD**= peso del cartucho más muestra desgrasada.

**gr.m**= gramos de muestra.

**MS**= materia seca.

**% EE BS al 100 %**= porcentaje de extracto etéreo en base seca al 100 %.

**% EE BS al 90 %**= porcentaje de extracto etéreo en base seca al 90 %.

**% EE BH**= porcentaje de extracto etéreo en base húmeda.

### **Cenizas**

**Principio y alcance:** Pérdida por calcinación a 550°C, se le agrega 1,5 g de muestra ya desecada al crisol y se lleva a la mufla a 550°C durante 4 horas al cumplir ese tiempo se apaga y se deja enfriar (sin sacar la muestra de la mufla). Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de compost, posteriormente pesar y aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CT BH} = \frac{(Pc + C) - Pcs}{\text{gr. m}^3} \times \text{MS}$$

$$\% \text{ CT BS al 100\%} = \frac{\% \text{ CT BH}}{\text{MS}} \times 100$$

$$\% \text{ CT BS al 90\%} = \% \text{ CT BS al 100\%} \times 0.9$$

Donde:

**Pcs**= Peso del crisol solo.

**Pc+C**= peso del crisol más cenizas.

**gr.m**= gramos de muestra.

**MS**= materia seca.

**% CT BS al 100 %**= porcentaje de cenizas totales en base seca al 100 %.

**% CT BS al 90 %**= porcentaje de cenizas totales en base seca al 90 %.

**% CT BH**= porcentaje de cenizas totales en base húmeda.

Para el análisis químico de los macronutrientes del fósforo y potasio se realizó mediante métodos estandarizados de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos, es responsable en la evaluación de cada método analítico en función de su origen, en el caso del fósforo y potasio se empleó el método EPA 3051A que corresponde al (Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils) Digestión ácida asistida por microondas de sedimentos, lodos, suelos y aceites que consiste en la extracción por microondas diseñado para imitar la extracción usando calefacción convencional con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), o alternativamente, ácido nítrico y ácido clorhídrico (HCl). También se utilizó el método SM 4500B que pertenece a los métodos estándar (standard methods) para el análisis de agua y aguas residuales por procedimientos de digestión a través del molibdato de amonio y el tartrato de antimonio y potasio reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un heteropoliácido, el ácido fosfomolibdico, que se reduce a azul de molibdeno intensamente coloreado por el ácido ascórbico.

**Tabla 5.** Parámetros de análisis químicos para el bagazo de malta.

LABORATORIO	ANÁLISIS
Bromatología	Humedad (%)
	Cenizas (%)
	Proteína y Nitrógeno (%)
	Fibra cruda (%)
	Extracto etéreo (%)
Suelo	Fósforo (mg/kg)
	Potasio (mg/Kg)

**Fuente:** Elaboración del autor

### 5.5.2. Evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).

Para el cumplimiento de este objetivo las concentraciones del bioabono a evaluarse fue con base al diseño planteado, es decir el testigo comprende el tratamiento sin bioabono y los otros tratamientos al 1 kg /m<sup>2</sup>, 2 kg /m<sup>2</sup> y 3 kg /m<sup>2</sup> respectivamente. En la tabla 6 se muestra las dosis de aplicación del compostaje.

**Tabla 6.** Aplicación de dosis de compostaje para los tratamientos.

Dosis de aplicación de compostaje		
Tratamiento	Kg /m <sup>2</sup>	g /planta
T0	0	0
T1	1	150
T2	2	300
T3	3	450

**Fuente:** Elaboración del autor

En cada tratamiento se realizó el muestreo de 4 plantas por parcela neta de forma aleatoria en la parte central de la parcela (evitando el efecto borde) por cultivo como se muestra en la (figura 4), las variables que se evaluaron en ambos cultivos son: peso de la pella o cabeza, diámetro de la pella o cabeza, área foliar y rendimiento.



#### **5.5.2.4.Área Foliar.**

Es la expresión numérica resultante de la multiplicación del largo y ancho de la hoja que determinan el área de la misma expresado en cm<sup>2</sup>, para ello se utilizará el método en la división de áreas geométricas triángulos y cuadrados con la ayuda de una regla.

#### **5.5.3. Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de Lechuga variedad repollo (*Lactuca sativa*) y Brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).**

Para cumplir con el objetivo se evaluarán las siguientes variables morfológicas en ambos cultivos:

##### **5.5.3.1. Altura de la planta.**

Es la distancia entre el límite más alto de los tejidos fotosintéticos principales de esa planta (excluyendo las inflorescencias) y el nivel del suelo su unidad de medida es en cm. Para ello se midió con la ayuda de un flexómetro según las plantas muestreadas por parcela, desde el suelo hasta el ápice de la hoja bandera, a los 30 y 60 días después del trasplante, hasta el 50 % del cultivo en estado fenológico de cosecha.

##### **5.5.3.2. Diámetro del tallo.**

Es el crecimiento en grosor por parte de los meristemas secundarios o laterales del cambium, se mide en la base del tallo por encima del nivel del suelo con la ayuda de una cinta métrica o pie de rey, expresado en cm. Se lo realizará a los 30 y 60 días después del trasplante, hasta el 50 % del cultivo en estado fenológico de cosecha.

## **6. Resultados.**

### **6.1. Resultado para el primer objetivo: Caracterizar el bioabono proveniente de los desechos de cervecería artesanal a nivel molecular.**

**Tabla 7.** Resultados de los análisis del bagazo de malta en sus dos estados (BMF y BMD).

<b>Compuesto/ material</b>	<b>Cod. Inter.</b>	<b>Parámetro</b>	<b>TCO</b>	<b>BS</b>
<b>BAGAZO MALTA 001 - BMF fresco</b>	<b>7427</b>	<b>MS</b>	24,1 %	100,00 %
		<b>H</b>	75,87 %	0,00 %
		<b>Cz</b>	0,81 %	3,36 %
		<b>EE</b>	1,58 %	6,56 %
		<b>PC</b>	4,64 %	19,23 %
		<b>FC</b>	3,27 %	13,54 %
		<b>ELN</b>	13,83 %	57,32 %
<b>ABONO - BMD descompuesto</b>	<b>7429</b>	<b>MS</b>	78,1 %	100,00 %
		<b>H</b>	21,88 %	0,00 %
		<b>Cz</b>	65,76 %	84,17 %
		<b>EE</b>	0,30 %	0,39 %
		<b>N</b>	0,44 %	0,56 %
		<b>FC</b>	3,57 %	4,57 %
		<b>ELN</b>	8,06 %	10,32 %

**Nota:** TCO = Tal Como Ofrecido, BS = Base Seca, M.S. = Materia Seca, Cz. = Cenizas, P.C. = Proteína Cruda, N = Nitrógeno Total, F.C. = Fibra Cruda, H = Humedad, EE = Extracto Etéreo, ELN = Elementos Libres de Nitrógeno.

**Fuente:** Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología UNL.

Según el análisis bromatológico del BMF (bagazo de malta descompuesto), se determinaron los porcentajes en TCO (tal como ofrecido) y en BS. El porcentaje de humedad en TCO fue de 75,87 % lo cual es alto ya que la muestra se encontraba en congelación, mientras que en BS fue de 0 % con materia seca del 100 %, por cuanto a proteína se obtuvo el 4,64 % en TCO y en BS fue de 19,23 %.

Para obtener el porcentaje de nitrógeno, primero se determinó el porcentaje de proteína. Este valor se dividió por 6,25, factor de conversión proteína- nitrógeno para bioma lignocelulósica, obteniendo el 0,74 % de nitrógeno en TCO y el 3,07 % en BS, con respecto a la fibra cruda alcanzó valores de 4,64 % en TCO y el 19,23 % en BS, por lo cual son los valores significativos encontrados en la tabla 7.

**Tabla 8.** Resultados de los análisis del bagazo de malta en estado fresco.

<b>D. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO</b>					
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		<b>MÉTODO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>			
<b>POTASIO</b>	<b>2021-09-25</b>	<b>2021-10-14</b>	<b>EPA 3051A Y SM 4500 B</b>	<b>mg/kg</b>	<b>8630,8</b>
<b>FÓSFORO</b>	<b>2021-09-25</b>	<b>2021-10-15</b>	<b>EPA 3051A Y SM 4500 B</b>	<b>mg/kg</b>	<b>575,1</b>

**Fuente:** Laboratorio de Suelos y Aguas UTPL.

**Nota:** EPA = Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency), SM = métodos estándar (standard methods)

**Tabla 9.** Resultados de los análisis del bagazo de malta en compost

<b>D. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO</b>					
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		<b>MÉTODO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>			
<b>POTASIO</b>	<b>2021-09-25</b>	<b>2021-10-14</b>	<b>EPA 3051A Y SM 4500 B</b>	<b>mg/kg</b>	<b>4094,6</b>
<b>FÓSFORO</b>	<b>2021-09-25</b>	<b>2021-10-15</b>	<b>EPA 3051A Y SM 4500 B</b>	<b>mg/kg</b>	<b>584,5</b>

Los resultados del análisis de fósforo y potasio mostraron que el bioabono de bagazo de malta presentaron la cantidad más alta de potasio en sus dos formas tanto como en estado fresco con 8630,8 mg/kg y en compost con 4094,6 mg/kg (tabla 8), mientras que en el fósforo no hubo

diferencias ya que se demostró valores entre 575,1 mg/kg en estado fresco y 584,5 mg/kg en compost (tabla 9).

**Tabla 10.** Resultados del análisis de suelo de la quinta experimental docente "La Argelia"

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0877	Quintas Argelia	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,62
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,34
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,07
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	25,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,18
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,71
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,72
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	281,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,39
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,06
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	3,0-5,0	0,15-0,30	10,0-20,0	0,20-0,38	2,0-5,0	0,5-1,5	20,0-40,0	5,0-15,0	1,0-4,0	3,0-7,0
ALTO	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA**

	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8,0

Fuente: (AGROCALIDAD, 2020)

En el análisis se encontró que existe deficiencia de minerales en los suelos de la Quinta Experimental Docente "La Argelia" por lo cual, si es necesario realizar la aplicación de bioabonos para enmendar los requerimientos nutricionales de ambos cultivos tanto en lechuga como en

brócoli, los minerales deficientes en el suelo es el nitrógeno con 0,07 % lo que corresponde a un valor bajo (< 0,15 %) en cambio, la materia orgánica consta del 1,34 % que también se encuentra en un valor bajo (< 3,0 %), en lo que respecta al fósforo este se dispone en cantidades altas (> 20,0 mg/kg) en el suelo con 25,9 mg/kg, sin embargo el potasio está con un valor del 0,18 cmol/kg por lo cual indica que es un valor bajo (< 0,20 cmol/kg), los demás micro nutrientes se encuentran en niveles medios a excepción del zinc que tiene un valor del < 1,60 mg/kg lo cual pertenece al nivel bajo requerido según la tabla de interpretación de resultados-región sierra dado por Agrocalidad (tabla 10).

## 6.2.Resultado para el segundo objetivo: evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).

### 6.2.1. Cultivo de lechuga.

#### 6.2.1.1.Peso de la cabeza

**Tabla 11.** Prueba estadística ANOVA del peso de la cabeza cultivo lechuga.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de la cabeza (gr)	12	0.66	0.53	23.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92211.80	3	30737.27	5.17	0.0282
Tratamiento	92211.80	3	30737.27	5.17	0.0282
Error	47605.05	8	5950.63		
Total	139816.84	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=201.69955  
 Error: 5950.6307 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	212.32	3	44.54	A
T2	316.88	3	44.54	A B
T1	343.00	3	44.54	A B
T3	458.75	3	44.54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Fuente:** Elaboración del autor

El peso de la cabeza en el cultivo de lechuga indicó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a través de la prueba de Tukey. En la tabla 11 se puede observar que el mejor promedio de peso de la cabeza en etapa de cosecha se logró en el tratamiento T3 con 458,75 g, significativamente mayor al promedio obtenido del tratamiento T0 con 212,32 g. Los demás tratamientos T1 y T2 no presentaron diferencias estadísticas

### 6.2.1.2. Diámetro de la cabeza

**Tabla 12.** Prueba estadística ANOVA del diámetro de la cabeza cultivo lechuga

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro de la cabeza (cm)..	12	0.69	0.57	14.38

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.56	3	7.19	5.86	0.0203
Tratamiento	21.56	3	7.19	5.86	0.0203
Error	9.81	8	1.23		
Total	31.37	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.89503

Error: 1.2259 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	5.61	3	0.64	A
T2	7.84	3	0.64	A B
T1	8.01	3	0.64	A B
T3	9.34	3	0.64	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor

El diámetro de la cabeza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la tabla 12 se puede observar que el mayor promedio de diámetro de la cabeza en etapa de cosecha se presentó en el tratamiento T3 con 9,34 cm, significativamente mayor al promedio de diámetro del tratamiento T0 con 5,61 cm.

### 6.2.1.3. Rendimiento

**Tabla 13.** Prueba estadística ANOVA del rendimiento cultivo lechuga.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento Kg/trat	12	0.66	0.53	23.22

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	3	0.03	5.14	0.0286
Tratamiento	0.09	3	0.03	5.14	0.0286
Error	0.05	8	0.01		
Total	0.14	11			

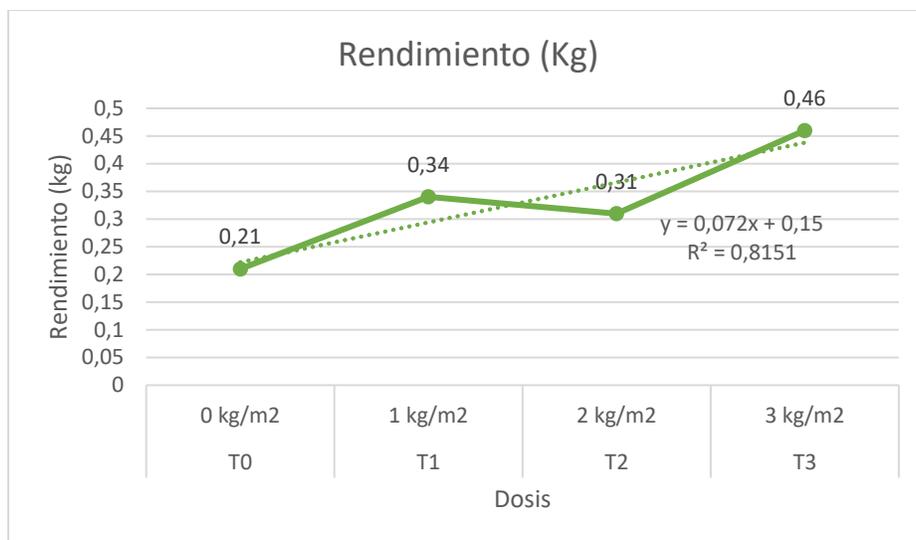
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20220

Error: 0.0060 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	0.21	3	0.04	A
T2	0.32	3	0.04	A B
T1	0.34	3	0.04	A B
T3	0.46	3	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor.



**Figura 5.** Regresión lineal para dosis del compost versus rendimiento (lechuga).

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la tabla 13, se puede observar que el tratamiento T3 presentó el mayor promedio de rendimiento con 0,46 kg/ trat al igual que los tratamientos T1 y T2 que presentaron un promedio de 0,34 y 0,32 kg respectivamente, a diferencia del T0 que mostró el menor promedio con 0,21 kg. La aplicación de abonos orgánicos (Bagazo de malta cervecera) en dosis de 3 kg/m<sup>2</sup>, tuvo el mejor efecto sobre el rendimiento en el cultivo de lechuga. En la figura 5, se observa la regresión lineal entre dosis del compost de malta versus el rendimiento. La tendencia cuadrática ubicó el mejor resultado con la aplicación de la dosis alta (D3) del tratamiento T3, con correlación altamente significativa de 0,84. Esto demuestra que con la aplicación del compost del bagazo de malta al cultivo de lechuga los rendimientos mejoraron a comparación del testigo.

## 6.2.2. Cultivo de brócoli

### 6.2.2.1. Peso de la pella.

**Tabla 14.** Prueba estadística ANOVA del peso de la pella, cultivo brócoli.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso de la pella (gr)	12	0.64	0.51	22.48	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	86653.64	3	28884.55	4.81	0.0336
Tratamiento	86653.64	3	28884.55	4.81	0.0336
Error	48043.54	8	6005.44		
Total	134697.18	11			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=202.62636					
Error: 6005.4427 gl: 8					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T0	220.17	3	44.74	A	
T1	313.58	3	44.74	A	B
T2	410.83	3	44.74	A	B
T3	434.33	3	44.74		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

**Fuente:** Elaboración del autor.

En el peso de la pella se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T3, con promedio de 434 g, y el testigo con 220,17 g, (tabla14). Con respecto a los demás tratamientos T1 (1 kg/m<sup>2</sup>) y T2 (2 kg/m<sup>2</sup>) no se observaron diferencias significativas.

### 6.2.2.2. Diámetro de la pella.

**Tabla 15.** Prueba estadística ANOVA del diámetro de la pella, cultivo brócoli.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Diámetro de la Pella (cm)	12	0.68	0.56	14.61	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60.56	3	20.19	5.64	0.0225
Tratamiento	60.56	3	20.19	5.64	0.0225
Error	28.65	8	3.58		
Total	89.21	11			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.94801					
Error: 3.5811 gl: 8					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T0	9.71	3	1.09	A	
T1	12.17	3	1.09	A	B
T2	14.27	3	1.09	A	B
T3	15.66	3	1.09		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la tabla 15, el diámetro de la pella en el tratamiento T3 se obtuvo un promedio de 15,66 cm, significativamente mayor que el tratamiento T0 con 9,71 cm. los demás tratamientos T1 y T2 no se observaron diferencias significativas en relación al T0.

### 6.2.2.3. Rendimiento.

**Tabla 16.** Prueba estadística ANOVA del rendimiento, cultivo brócoli.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento kg/ trat	12	0.64	0.51	22.48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	3	0.03	4.80	0.0337
Tratamiento	0.09	3	0.03	4.80	0.0337
Error	0.05	8	0.01		
Total	0.13	11			

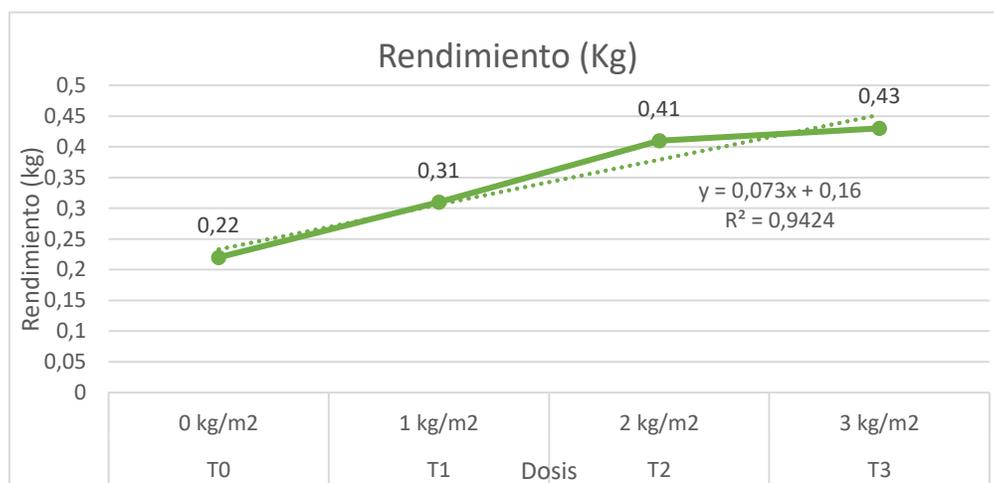
  

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20280**  
 Error: 0.0060 gl: 8  
 Tratamiento Medias n E.E.

T0	0.22	3	0.04	A
T1	0.31	3	0.04	A B
T2	0.41	3	0.04	A B
T3	0.43	3	0.04	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**Fuente:** Elaboración del autor.



**Figura 6.** Regresión lineal para dosis del compost versus rendimiento (brócoli).

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la tabla 16, los valores más altos se obtuvieron del tratamiento T3 con 0,43 kg seguido de los tratamientos T1 y T2 que fueron similares y significativamente mayor que el tratamiento T0 con 0,22 kg. En la figura 6, se observa la regresión lineal entre dosis del compost de malta versus el

rendimiento. La tendencia cuadrática ubicó el mejor resultado con la aplicación de la dosis alta (D3), con correlación altamente significativa de 0,94. Esto demuestra que con la aplicación del compost del bagazo de malta al cultivo de brócoli en general los rendimientos mejoraron.

#### 6.2.2.4. Área foliar.

**Tabla 17.** Prueba estadística ANOVA del Área Foliar, cultivo brócoli

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Area foliar (cm2)	12	0.11	0.00	23,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8384.29	3	2794.76	0.33	0.8012
Tratamiento	8384.29	3	2794.76	0.33	0.8012
Error	66907.21	8	8363.40		
Total	75291.50	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=239.11945  
 Error: 8363.4010 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T0	362.83	3	52.80 A
T3	367.00	3	52.80 A
T2	372.25	3	52.80 A
T1	427.92	3	52.80 A

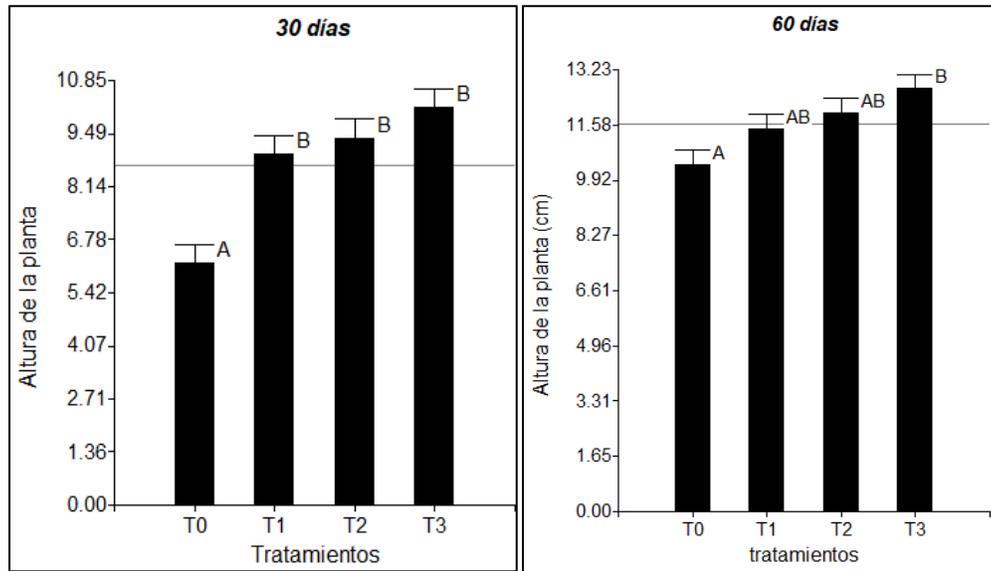
**Fuente:** Elaboración del autor.

En el área foliar, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en sus diferentes dosis. En la tabla 17, se observa promedios de 362,83 cm<sup>2</sup> para el testigo (T0), 427,92 cm<sup>2</sup> para el T1, 372,25 cm<sup>2</sup> para el T2 y 367 cm<sup>2</sup> para el T3 lo que significa que no existe variabilidad entre los tratamientos. El número de hojas en etapa de cosecha no hay diferencias estadísticas ya que se encontraban en promedio entre 16 a 18 hojas para todos los tratamientos.

### 6.3. Resultado para el tercer objetivo: Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).

### 6.3.1. Cultivo de lechuga

#### 6.3.1.1. Altura de la planta.



**Figura 7.** Altura de la planta de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de lechuga.

**Fuente:** Elaboración del autor.

En los 30 y 60 días del trasplante se registraron valores de altura promedios de 8,67 cm y 11,61 cm respectivamente. A los 30 días, las mayores alturas las presentaron los tratamientos T1, T2 y T3 con promedios de 8,98 cm, 9,38 cm y 10,15 cm; la menor altura se observó en el testigo con promedio de 6,17 cm (fig. 7).

A los 60 días, las mayores alturas presentaron los tratamientos (T1, 1 kg/m<sup>2</sup>) con promedio de 11,45 cm, así como también el tratamiento (T2, 2 kg/m<sup>2</sup>) con promedio de 11,94 cm y el tratamiento (T3, 3 kg/m<sup>2</sup>) con promedio de 12,66 cm; la menor altura de planta, se observó en el testigo, cuyo promedio en altura fue de 10,39 cm (fig. 7).

**Tabla 18.** Prueba estadística ANOVA de altura de la planta. cultivo lechuga.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de las plantas (cm) ..	12	0.66	0.53	6.08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.70	3	3.57	5.20	0.0277
Tratamiento	10.70	3	3.57	5.20	0.0277
Error	5.49	8	0.69		
Total	16.19	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.16554

Error: 0.6859 gl: 8

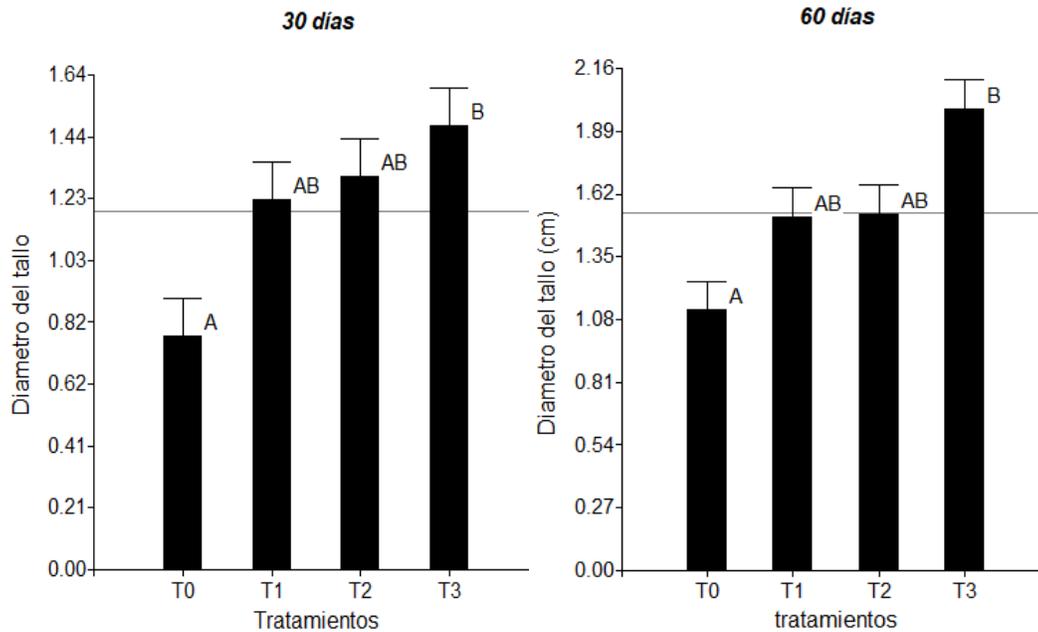
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	12.25	3	0.48	A
T1	13.31	3	0.48	A B
T2	14.15	3	0.48	A B
T3	14.77	3	0.48	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la tabla 18, indica que a los 75 días después del trasplante el cultivo de lechuga obtuvo en el tratamiento T3 un promedio de 14,77 cm, significativamente mayor que el tratamiento T0 con 12,25 cm. Los demás tratamientos T1 y T2 fueron similares al T3, pero superando también al tratamiento T0.

### 6.3.1.2. Diámetro del tallo.



**Figura 8.** Diámetro del tallo de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de lechuga.

**Fuente:** Elaboración del autor.

A los 30 días se destacó el tratamiento T3 con 1,47 cm. significativamente mayor que el tratamiento T0 con 0,77 cm siendo el más bajo a comparación de los demás tratamientos (fig. 8). A los 60 días después del trasplante el tratamiento T3 obtuvo un promedio de 1,99 cm significativamente mayor que el tratamiento T0 con 1,12 cm. al igual que los tratamientos T1 y T2 que superan el tratamiento T0 (fig. 8).

**Tabla 19.** Prueba estadística ANOVA del diámetro del tallo, cultivo lechuga.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro del tallo (cm)	12	0.73	0.63	11.26

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.28	3	0.43	7.34	0.0110
Tratamiento	1.28	3	0.43	7.34	0.0110
Error	0.46	8	0.06		
Total	1.74	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.62993

Error: 0.0580 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	1.62	3	0.14	A
T1	2.19	3	0.14	A B
T2	2.22	3	0.14	A B
T3	2.53	3	0.14	B

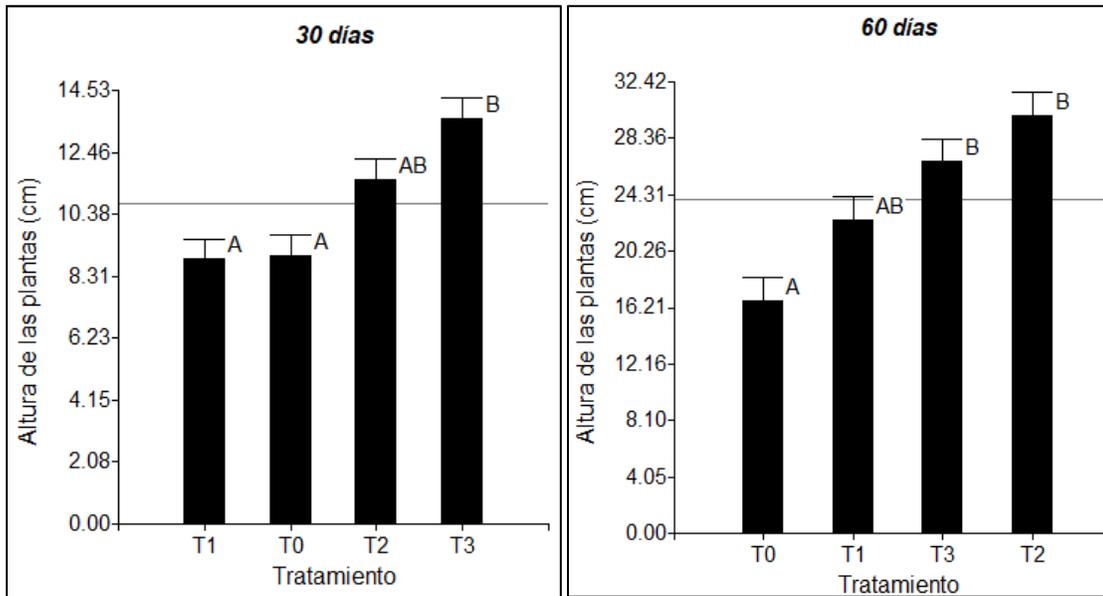
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la Tabla 19, a los 75 días se puede observar que el mejor promedio de diámetro de planta en etapa de cosecha fue el tratamiento T3 con 2,53 cm. seguido de los tratamientos T1 y T2 que obtuvieron un promedio significativamente mayor al tratamiento T0 con 1,62 cm.

### 6.3.2. Cultivo de brócoli

#### 6.3.2.1. Altura de la planta.



**Figura 9.** Altura de la planta de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de brócoli.

**Fuente:** Elaboración del autor.

A los 30 días, los tratamientos T2 y T3 presentaron alturas con promedios de 11,54 cm y 13,58 cm; lo cual son significativamente mayor que los tratamientos T0 y T1 con 9 cm y 8,88 cm respectivamente (fig. 9). A los 60 días, se observó que el tratamiento T3 con 26,67 cm, al igual que los tratamientos T1 y T2 fueron significativamente mayor que el tratamiento T0 con 16,67 cm.

**Tabla 20.** Prueba estadística ANOVA de la altura de la planta, cultivo brócoli.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de las plantas (cm) ..	12	0.90	0.86	8.32

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	656.68	3	218.89	22.89	0.0003
Tratamiento	656.68	3	218.89	22.89	0.0003
Error	76.50	8	9.56		
Total	733.18	11			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.08554**  
**Error: 9.5625 gl: 8**

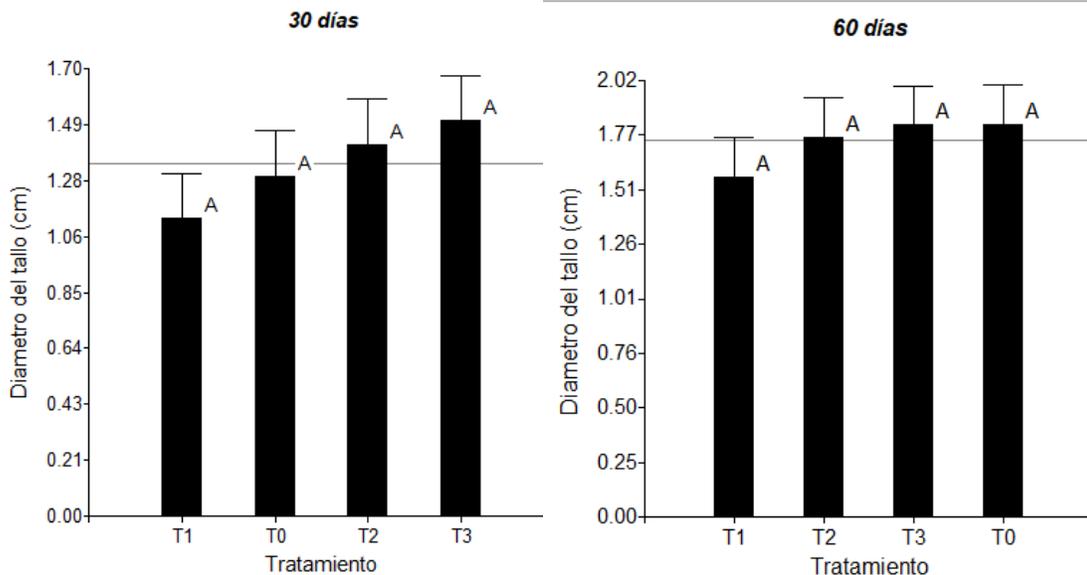
Tratamiento	Medias	n	E.E.
T0	27.33	3	1.79 A
T1	32.75	3	1.79 A
T2	43.17	3	1.79 B
T3	45.33	3	1.79 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor.

En la tabla 20, a los 90 días, se puede observar que el mayor promedio de la altura de la planta en etapa de cosecha fueron los tratamientos T2 con 43,17 cm y T3 con 45,33 cm. En cambio, el menor promedio de diámetro lo obtuvo el tratamiento T0 y T1 con 27,33 cm y 32,75 cm respectivamente.

### 6.3.2.2. Diámetro del tallo.



**Figura 10.** Diámetro del tallo de cada uno de los tratamientos a los 30 y 60 días después del trasplante en el cultivo de brócoli.

**Fuente:** Elaboración del autor

A los 30 días, no hay diferencias significativas es decir todos los tratamientos oscilaban con promedios entre 1,16 cm a 1,50 cm lo cual no hay variación entre ellos. (fig. 10) A los 60 días, no hay diferencias significativas entre los tratamientos ya que se encontraban en promedios entre 1,57 cm a 1,82 cm.

**Tabla 21.** Prueba estadística ANOVA del diámetro del tallo, cultivo brócoli.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro del tallo (cm)	12	0.52	0.33	6.62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.27	3	0.09	2.84	0.1057
Tratamiento	0.27	3	0.09	2.84	0.1057
Error	0.26	8	0.03		
Total	0.53	11			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.46895**

Error: 0.0322 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T0	2.47	3	0.10 A
T1	2.68	3	0.10 A
T3	2.83	3	0.10 A
T2	2.85	3	0.10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración del autor.

A los 90 días el diámetro del tallo no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 21).

## 7. Discusión.

### 7.1. Caracterización el bioabono proveniente de los desechos de cervecería a nivel molecular.

Se realizó un análisis bromatológico en los dos estados del bagazo tanto como en estado fresco y en compost, lo cual demostró ser óptimo como bioabono en los cultivos agrícolas, aunque no hay estudios sobre la aplicación en la agricultura, sin embargo, se dispone información sobre su contenido nutricional y mineral con fines industriales y de ganadería.

Jurado (2018), en la elaboración de barra de cereales para el consumo humano se ha realizado la caracterización del bagazo de malta el cual, presentó 78 % de humedad inicial, luego de la determinación de la pérdida por calentamiento el 90,44 % estaba constituido de MS y el 87,88 %

era materia orgánica, presentando el 14,66 % de proteína en BS, en cuanto a la fibra cruda se obtuvo el 12,86 % en BS, por lo tanto la proteína y la fibra están concentradas en el residuo, porque la mayor parte del almidón de cebada se elimina durante la trituration y la extracción de azúcares, por consecuencia los resultados pueden fluctuar dependiendo del tipo de cebada usada y por parámetros de secado, es así que los resultados ya mencionados presentan similitud a los obtenidos en la presente investigación.

Según Pantoja (2020), el bagazo de cebada es considerado una biomasa lignocelulósica porque está conformado por cáscara del grano, pericarpio y fragmentos de endospermo. Su composición química en peso seco es predominantemente de carbohidratos de celulosa y hemicelulosa (17-25 %) y no celulósicos (25-35 %), para la humedad un valor de 9,54 %. Por otro lado, para el análisis químico determinación de cenizas se obtuvo un valor de 2,2 % el cual se asemeja a los reportados en el presente estudio, el cual fue de 3,36 % en BS, los valores superiores al 2,4 % indican que existe mayor cantidad de salvado y minerales (potasio, magnesio, sodio), que se encuentran principalmente en las capas exteriores del grano.

Así mismo se han encontrados resultados similares en la caracterización del bagazo dados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2019), ya que menciona que el bagazo de cerveza puede contener un 15 – 26 % de proteínas y un 70 % de fibras, que incluyen celulosa (entre 15,5 y 25 %), hemicelulosa (28 a 35 %) y lignina (aproximadamente el 28 %). También puede contener lípidos (entre 3,9 y 18 %, de los cuales el 67 % son triglicéridos), cenizas (2,5 a 4,5 %), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales se cuentan el calcio, el fósforo y selenio. También contiene biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6. Entre los aminoácidos están presentes la leucina, valina, alanina, serina, glicina, tirosina, lisina, prolina, treonina, arginina, cistina, histidina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, glutámico y ácido aspártico.

Para las grasas, Pantoja (2020), realizó un análisis donde menciona que presenta un valor de 2,6 %, el cual es inferior que en el presente estudio ya que se registra un valor de 6,56 % en BS (esto se debe a las variedades de cebada que se utilizan para los análisis correspondientes). En cambio, la fibra obtuvo un valor de 7,8 %, lo cual es similar al valor obtenido por el presente estudio que es de 13,54 % en BS. La fibra está concentrada en el residuo, porque la mayor parte del almidón de cebada se elimina durante la trituration y la extracción de azúcares. La proteína en el bagazo de cebada de malta fue de 14,2 % este valor se asemeja a lo registrado por la presente investigación

que es de 19,23 % en BS. Navarro (2018), menciona que los aminoácidos libres contenidos en el bagazo cervecero actúan sobre el vigor de la planta; consiguen que los cultivos sean resistentes y aborden los desafíos a los que se enfrentan como las temperaturas extremas, la falta de agua, la salinidad y otros tipos de estrés relacionados con el cambio climático, de este modo se optimiza su rendimiento además de promover la resiliencia de la planta.

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2019), señala que los usos del compost del bagazo cervecero se caracterizan por: tener una rápida absorción, translocación y metabolización, facilitan la absorción de fitosanitarios y nutrientes, actúan como catalizadores de la síntesis proteica frente al estrés hídrico.

Con respecto al análisis de suelo se tomó como referencia al autor Villavicencio, (2021) que se realizó en la misma localidad de la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, los resultados se muestran en la tabla 10 lo que indica que el contenido de Nitrógeno disponible es demasiado bajo representando el 0.07 %, el fósforo se encuentra en valores altos con 25,8 mg/kg es decir, 67,1 kg/ha y en el potasio se muestra valores bajos con 0,18 cmol/kg, que corresponde a 183 Kg/ha, dicho suministro por parte del suelo no satisface los requerimientos nutricionales de lechuga y brócoli ya que ambos son cultivos muy demandantes de nitrógeno, fosforo y potasio.

Según Jiménez (2017), el cultivo de lechuga necesita 190 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha en fósforo y 275 kg/ha en potasio, elementos que inciden en el desarrollo vegetativo en donde la absorción de nutrientes se orienta a la producción de materia seca de hojas y tallo.

En cambio, el cultivo de brócoli, según Calvache (2004), necesita entre 120 a 240 kg/ha de nitrógeno, 50 a 210 kg/ha de fósforo y 80 kg/ha de potasio, es así que la máxima asimilación tiene lugar durante la formación de la cabeza o pella.

Es por ello que al aplicar el bioabono de bagazo de malta cervecero se obtuvieron buenos resultados en el rendimiento y crecimiento en ambos cultivos ya que contiene cantidades significativas en nitrógeno 0,44 % y en proteínas 2,75 % que corresponde en BMD y en TCO, lo que se justificaría según lo mencionado por el autor Peñaranda (2017), en que las proteínas son polímeros de aminoácidos que participan en el crecimiento y desarrollo de tejidos vegetales. En su forma enzimática, participan en procesos de división celular, transporte de membranas, catálisis de reacciones bioquímicas, procesos de fotosíntesis y respiración, síntesis de azúcares y almidones, que inciden en el rendimiento del cultivo.

También contiene un gran porcentaje de ceniza un 65,71 % en BMD y en TCO, lo que significaría que el abono de bagazo de malta contiene minerales tales como, magnesio, sodio y azufre. Según el autor Ventimiglia *et al.* (2015), el S es parte constituyente de tres aminoácidos esenciales (cistina, cisteína y metionina), los cuales intervienen en la formación de varias proteínas. Por otro lado, la formación de clorofila requiere de la presencia de S, participa también en la formación de aceites y síntesis de vitaminas. Esto explica por qué este elemento es tan importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

En lo que respecta al fósforo y potasio en el bioabono se presentaron valores muy aceptables con 584,5 mg/kg y 4094,6 mg/kg respectivamente, es decir que el fósforo en dosis de 1kg/m<sup>2</sup> equivale a 5,84 kg/ha y en dosis de 3 kg/m<sup>2</sup> con 17,52 kg/ha, en cambio en el potasio con dosis de 1 kg/m<sup>2</sup> pertenece a 41 kg/ha y en dosis de 3kg/m<sup>2</sup> corresponde a 123 kg/ha. (tabla 9), ayudando así a contrarrestar las deficiencias de nutrientes en el suelo ya que presentaba según el análisis de suelo bajos niveles de potasio con 0,18 cmol/kg es decir 183 kg/ha, Fernanda (2020) indica que el potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades ya que tiene un rol fundamental en la apertura y cierre estomático, regulando la absorción de CO<sub>2</sub> actuando a nivel de fotosíntesis, está involucrado en el transporte de azúcares y almidones lo cual explica que el potasio es importante para la formación de la pella en brócoli ya que contribuye a una mejora de la calidad de las cosechas en hortalizas.

La composición química del bagazo de malta lo convierte en una materia prima con gran potencial para su explotación. Por ejemplo, las proteínas y minerales, le brindan un valor agregado que le permitiría ser aprovechado tanto en el sector agrícola y de alimentos, utilizado como mecanismo de compost en la fertilización de cultivos y alimento para la ganadería.

Debido a estas características, el bagazo tiene varios destinos posibles, entre los que podemos encontrar el consumo humano, la producción de energía por combustión directa, la producción de biogás por fermentación directa, el cultivo de microorganismos y la obtención de bioproductos de la fermentación, entre otros.

## **7.2.Evaluar el rendimiento en respuesta a las distintas concentraciones del bioabono en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).**

La aplicación del bioabono es una práctica cultural y convencional en la Provincia de Loja, en este caso el uso de los residuos de los sub productos de la industria cervecera artesanal como es el bagazo de malta, no son muy usuales en la elaboración de abono orgánico. Por este motivo se

empleó estos residuos para obtener el fertilizante orgánico, con el fin de nutrir a la planta y reducir los problemas de contaminación ambiental, esta afirmación se fundamenta con Rodríguez, (2017) menciona que se produce bioabonos o compost a partir de la mezcla de los residuales del proceso de fabricación de azúcar y alcohol, lo que permite darle un uso eficiente a estos residuos, altos contaminantes de los efluentes fluviales, además de mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo y disminuir los costos en la compra de fertilizantes minerales, por el aporte de nutrientes que el compost realiza con su aplicación al suelo.

### **7.2.1. Peso y diámetro de la cabeza o pella**

El comportamiento agronómico de las plantas de lechuga y brócoli, presentó diferencias significativas de interés entre tratamientos para las variables asociadas al rendimiento. Estos resultados muestran que la aplicación de bagazo de malta de la cerveza artesanal como bioabono contribuye a mejorar el desempeño agronómico y fisiológico de las hortalizas.

De acuerdo con los resultados, en el cultivo de lechuga el T3 fue el tratamiento con mejor desempeño agronómico, ya que superó significativamente al testigo, pues presentó el mayor rendimiento en peso y en diámetro de la cabeza.

Similares resultados en cuanto a la mejora del rendimiento y del diámetro cuando se aplica compost o bioabono al suelo, fueron reportados por: Lucero (2012), quien obtuvo en su estudio un mejor valor de diámetro de la cabeza, con dosis de (15 ton/ha) perteneciente al tratamiento 4 con 20,05 cm/repollo; mientras que, en el segundo rango se observa al tratamiento 1 (testigo) con el menor valor con 15,03 cm/repollo, y en el rendimiento el mejor rango fue el tratamiento 4 con 28369,05 kg/ha; mientras que, el más bajo fue el tratamiento 1 (testigo) con un valor de 11339,29 kg/ha.

En cuanto al cultivo del brócoli en el peso de la pella el tratamiento T3 es significativamente mejor que el testigo, coincidiendo con las deducciones reportados por Cruz *et al.*, (2018) en que la mejora del rendimiento y del diámetro de la pella, cuando se aplica compost al suelo en dosis altas se obtienen mejores resultados, es por ello que al aplicar 3 kg/ m<sup>2</sup> (A1D3), obtuvo un valor alto con un diámetro promedio de 20,20 cm, siendo significativamente mayor que el testigo con 14,88 cm, en el rendimiento así mismo reportó buenos resultados en el tratamiento de 3 kg/ m<sup>2</sup> con 1,02 kg y el menor fue el testigo con 0,52 kg.

En concordancia con lo anterior, en el estudio realizado por Huanca y Fernández (2019) en el peso de la pella en cultivo de brócoli, el tratamiento T2 obtuvo el peso promedio mayor con 132,75 g,

esto se atribuye a la cantidad de compost utilizado que fue de 4 kg/m<sup>2</sup> y el menor fue el tratamiento testigo que no tenía ninguna aplicación de compost con 86,56 g. En cambio, en el diámetro de la pella no demostró diferencias significativas entre tratamientos. Las dosis de compost utilizadas por el autor no influyeron sobre esta variable de respuesta hallando un promedio de 8,42 cm. Se asume este resultado a las características genéticas de esta variedad que desarrolla pellas medianas de 10 a 12 cm.

### **7.3.Determinar los beneficios del bioabono que genera en el crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).**

#### **7.3.1. Altura de la planta**

En el cultivo de lechuga se evidenció diferencias estadísticas significativas siendo mayor el tratamiento T3 a comparación con el testigo, los demás tratamientos T1 y T2 demostraron también ser mejores que el testigo, esto indica que el bioabono es eficaz en aplicaciones con altas dosis para que sea un aporte significativo.

Resultados similares fueron reportados por Lucero (2012), donde en su estudio a los 20 días el tratamiento T4 favoreció al desarrollo del cultivo con un promedio de 8,53 cm/planta, así mismo a los 40 días con 12,97 cm/planta, a los 60 días con 18,15 cm/planta y a los 90 días con 20,10 cm/planta, siendo en todos los días evaluados significativamente mayor que el testigo, estas diferencias confirman el efecto positivo de la aplicación de compost en el suelo, como lo indica Barrena (2006).

En cambio, en brócoli a los 30, 60 y 90 días el tratamiento que supero por mucho al testigo fue el tratamiento T3 seguido del tratamiento T2, por otro lado, el tratamiento T1 llegó ser similar al testigo. El autor Cruz *et al.* (2018), consiguió resultados muy similares en el cultivo del brócoli mediante la aplicación de compost en 1 kg/m<sup>2</sup>, 2 kg/m<sup>2</sup> y 3 kg/m<sup>2</sup> siendo las mismas dosis que se aplicó en la presente investigación, y demostró que a los 30 y 60 días del trasplante se registró valores promedio de 25,29 cm y 46,83 cm respectivamente.

A los 60 días, las mayores alturas presentaron los tratamientos 1 (Compost, 1 kg/m<sup>2</sup>) con promedio de 52,25 cm, así como también el tratamiento 3 (Compost, 3 kg/m<sup>2</sup>) con promedio de 52,11 cm; la menor altura de planta, se observó en el testigo, cuyo promedio en altura fue de 38,95 cm. Por tanto, el autor menciona que la adición de abonos orgánicos a los 60 días, influyó en el crecimiento de las plantas, destacándose los tratamientos con compost. Los resultados obtenidos permiten deducir que, la aplicación de bioabonos o abonos orgánicos al cultivo de brócoli, mejoraron en

general el crecimiento de la planta, en cuanto a los tratamientos que recibieron el bioabono reportaron mejores resultados que el testigo.

Con la utilización de bioabonos se incrementa y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo, se amortigua y retarda los procesos de cambio del pH y se corrigen algunas condiciones de toxicidad que dificultarían el buen crecimiento de los cultivos (Alemán et al., 2018)

### **7.3.2. Diámetro del tallo**

En el cultivo de lechuga a los 75 días el mayor promedio de diámetro de planta en etapa de cosecha fueron los tratamientos T1, T2 y T3 con promedios entre 2,19 cm a 2,53 cm, significativamente mayor al testigo con 1,62 cm. Resultados similares reporta el autor Neri *et al.* (2017), que el diámetro del tallo mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, lo cual se pudo observar que el mayor promedio de diámetro del tallo en etapa de cosecha se presentó en el tratamiento T8 (humus + biol y guano) con 3,33 cm. En cambio, el menor promedio de diámetro lo obtuvo el tratamiento T1 que corresponde al testigo con 2,01 cm.

En el cultivo de brócoli a los 30, 60 y 90 días del trasplante no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, similares resultados se obtuvieron de los autores Barreto y Walter (2015), que no encontraron diferencias significativas para la interacción abonos orgánicos con las dosis, pero con las demás fuentes de variación entre humus, bioabor, bocachi y testigo sin aplicación sí hubo diferencias estadísticas, siendo mejor el tratamiento por humus con dosis alta de 15000 kg/ha y un promedio de diámetro del tallo de 20,46 cm, el testigo que no tuvo ningún abono orgánico fue el que tuvo el valor más bajo de todos los tratamientos con un promedio de 15, 77 cm.

Con lo mencionado anteriormente se comprueba que los bioabonos contribuyen a estimular la actividad microbiana ya que son fuente de carbohidratos, proteínas y lípidos para el metabolismo microbiano, lo que les permite obtener su energía y fabricar los componentes necesarios para su crecimiento. Durante este proceso los microorganismos liberan nutrientes al suelo y producen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gas que posiblemente es aprovechado por las plantas en la fabricación de sus fotoasimilados necesarios para su crecimiento y mantenimiento de sus órganos, lo que se ve reflejado en una mayor acumulación de materia seca y en un mayor rendimiento del cultivo (Ramos y Terry, 2014).

En concordancia con lo anterior, el incremento en el crecimiento y el rendimiento en T3 se podría explicar por la estimulación de la microbiología del suelo cuando el bioabono del bagazo de malta se aplica incrementa la respiración del suelo lo que probablemente ocasiona que el CO<sub>2</sub> aumente su concentración dentro del suelo, para posteriormente difundirse a la superficie y luego hasta la capa límite de las hojas, por lo que se incorpora por los estomas hasta llegar al cloroplasto, en donde podría saturar el sitio activo de la enzima rubisco, lo cual garantiza que esta trabaje como carboxilasa al realizar fotosíntesis y suprimir la fotorrespiración, lo cual produce un aumento de la biomasa de la planta y un mejor rendimiento del cultivo (Hernández, 2003)

## 8. Conclusiones.

- El residuo de bagazo de malta de cebada proveniente de la cervecería artesanal, arrojó un contenido importante de proteína del 2,75 % en BMD o compost y en estado fresco en base seca presentó el 19,23 %, lo cual resulta un gran aporte nutricional para los cultivos agrícolas, pudiendo variar según la fuente de la que proceda.
- Respecto al contenido de humedad se determinó un 21,88 % en BMD o compost, siendo óptimo para la aplicación de los cultivos agrícolas.
- En lo que corresponde al contenido de ceniza los valores obtenidos fueron altos en estado fresco con el 3,36 % en base seca, para finalmente obtener un 65,76 % y 84,17 % en tal como se ofreció y en base seca pertenecientes al estado de compost.
- En lo que se refiere al crecimiento se evidencia que en el cultivo de lechuga a los 75 días después del trasplante la altura de la planta llegó a un promedio de 13,62 cm siendo el de menor promedio el testigo con 12,25 cm y en lo que respecta al brócoli la altura llegó a un promedio general de 37,15 cm en tanto que en el testigo el promedio fue de 27,33 cm, estableciendo que la aplicación del bioabono en altas dosis llegó a ser beneficioso en la altura de la planta.
- En ambos cultivos los tratamientos T3 y T2 que corresponde a la dosis de 3 kg/m<sup>2</sup> y 2 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, tuvieron los mayores efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas tanto como en altura, diámetro en caso de la lechuga y peso notándose los mejores rendimientos por tratamiento.
- En todos los tratamientos evaluados los peores resultados se obtienen del testigo, demostrándose así que la aplicación del bioabono del bagazo cervecero beneficia el crecimiento y rendimiento de los cultivos hortícolas.
- Con los resultados obtenidos se demuestra la factibilidad de producir cultivos de ciclo corto a campo abierto con la aplicación de abonos orgánicos producidos en la zona con recursos locales.

## **9. Recomendaciones.**

- Realizar nuevos estudios en el aprovechamiento del bagazo de malta cervecero aplicado en la agricultura debido a que no se dispone de suficiente información en el aprovechamiento de residuos cerveceros en el campo agrícola.
- Es importante el mantenimiento del compost ya que no debe estar muy seco ni muy húmedo puesto a que esto perjudicaría la calidad del mismo, es por ello que se recomienda voltearlo tres veces con una humedad del 60%.
- Se recomienda un lugar idóneo para almacenar el compost durante todo su proceso de descomposición puesto que necesita de sombra para que se ventile y no sea expuesto a lluvias de esta manera los organismos descomponedores no son afectados.

## 10. Bibliografía.

- Afanador Barajas, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65–76.
- Alemán, R., Bravo, C., & Fargas, M. (2018). *Fertilización orgánica en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L) y rábano (Raphanus L) en la Amazonía Ecuatoriana*. 95.
- Arancon, R. A. D., Lin, C. S. K., Chan, K. M., Kwan, T. H., & Luque, R. (2013). Advances on waste valorization: New horizons for a more sustainable society. *Energy Science and Engineering*, 1(2), 53–71. <https://doi.org/10.1002/ese3.9>
- Arango, M. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Asociación de Cervecerías del Ecuador. (2017). *El proceso de fabricación de la cerveza*.
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos*.  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Barreno, B. (2019). *Evaluación de biosólido generado en la producción de biogás, como fertilizante en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Barreto, M., & Walter, A. (2015). *Rendimiento y calidad del cultivo del brócoli Brassica oleracea var. Itálica manejado con abonos orgánicos* [Universidad de Cuenca].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22345>
- Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos*. Universidad de Cuenca.
- Calvache, A. (2004). Fertilización del brócoli. 2004.
- Combatt, E. M., Polo Santos, J. M., & Jarma Orosco, A. de J. (2016). *Rendimiento del cultivo de yuca con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido Manihot cultivation yield using organic and chemical*. 14(1), 57–64.
- Cruz, E., Vega, J., Gutiérrez, A., Gonzáles, M., Saltos, R., & Gonzáles, V. (2018). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la producción de brócoli (Brassica oleraceae)*. 1.
- Fajardo, S. (2016). *Morfología de la lechuga*.

- Fernanda, M. (2020). La gran importancia del potasio en las plantas. *AGROVITRA*, 2–2.  
<https://www.agrovitra.com/wp/wp-content/uploads/2020/11/Potasio-Fernanda-Habit.pdf>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Raicillas de malta*.
- García, M. (2017). *Los residuos de cerveza como fuente de antioxidantes naturales*. Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech.
- Garro, J. (2016). *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS* (L. Ramírez & M. Mesén (eds.)).
- González, L., & Zepeda, A. (2013). *Rendimiento de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa) Tipo gourmet ciclo primavera-verano*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Hernández, A. (2003). *La composta, su elaboración y beneficio* [Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”].  
[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1265/LA COMPOSTA%2C SU ELABORACION Y BENEFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1265/LA%20COMPOSTA%2C%20SU%20ELABORACION%20Y%20BENEFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Holdridge, L. (1982). *Ecología Basadas en zonas de vida*.
- Huanca, G., & Fernández, C. (2019). *Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto*. [Universidad Mayor de San Andrés]. <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/31/27>
- Jiménez, F. (2017). *Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga*.
- Jurado, S. (2018). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra. *Universidad Técnica Del Norte*, 17–89.
- Lucero, J. (2012). *Estudio de tres niveles de compost en el cultivo de la lechuga variedad repollo (Lactuca sativa L.), en suelos andisoles*. [Universidad Nacional de Loja].  
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5499/1/Malatay Lucero José.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5499/1/Malatay%20Lucero%20Jos%C3%A9.pdf)
- Márquez, J. (2016). Elaboración del compost mediante el método takakura y análisis comparativo de su riqueza nutricional con compost tradicional en el relleno sanitario del cantón Yantzaza. In *Ingeniería Medio Ambiente*. Universidad Nacional de Loja.
- Martínez, D. (2015). *Introducción y adaptación de híbridos de brócoli (Brassica oleracea Var. Italica) en la estación experimental Agraria Santa Ana-Hualahoyo-Huancayo*. Universidad

Nacional del Centro del Perú.

Ministerio de Agricultura Ganadería y pesca. (2019). *BAGAZO DE CERVEZA: UN SUBPRODUCTO CON MÚLTIPLES APLICACIONES*.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2019). Alimentos y bebidas: una llave maestra. *Alimentos Argentinos*, 5–32.

[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/Revista/AA\\_76.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/Revista/AA_76.pdf)

Morales, M. A. (2017). *Fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de biorrefinería*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Mosquera, B. (2010). Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos: Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. In *Fondo para la Protección del Agua -FONAG* (p. 25).

Navarro, P. (2018). *Recuperación de proteínas del proceso de fabricación de extractos de malta para elaboración de un concentrado proteico* [Universidad de Chile].

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153365/Recuperación-de-proteínas-del-proceso-de-fabricación-de-extractos-de-malta-para-la-elaboración-de-un-concentrado-proteico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Neri, J., Collazos, R., & Huamán, E. (2017). Aplicación de abonos orgánicos y biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), distrito de Chachapoyas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(1), 38–46. <https://doi.org/10.25127/aps.20171.348>

Pantoja, R. (2020). *Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados*. [Universidad Técnica del Norte].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10119/2/03 EIA 497 TRABAJO DE GRADO.pdf>

Peñaranda, I. (2017). Función de los aminoácidos en plantas. In *Metroflor, Agro*.

<https://www.metroflorcolombia.com/funcion-de-los-aminoacidos-en-plantas/>

Puenayan, A., Córdoba, F., & Unigarro, A. (2012). Respuesta del brocoli híbrido legacy a la fertilización con N-P-K en el Municipio de Pasto, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*,

150–162.

- Ramos, D., & Terry, E. (2014). GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52–59.
- Rodriguez, I. (2017). Efecto del compost en el rendimiento agrícola de caña de azúcar en el Ingenio Valdez. *Revista Cumbres*.  
<https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/166>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del agricultor*.
- Rosero, A. M. (2015). *Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de brócoli (Brássica oleracea var. Itálica) en el Centro Experimental San Francisco Cantón Huaca – Carchi-Ecuador*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Saavedra, G. (2017). *Manual de producción de lechuga*.
- Sheldon, R. (2016). Green chemistry, catalysis and valorization of waste biomass. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 422, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.01.013>
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura organica / : Alternativa tecnologica del futuro*. UPS .,
- Tamayo, A. M. (2009). *La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural*.
- Telenchana, N. (2015). *Aplicación de productos sello verde en el manejo de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae) en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea Var. Avenger), en las condiciones agroecológicas de izamba*. Universidad Técnica de Ambato.
- Torrente, S. (2019). *Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera* [Universidad Complutense]. [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/SANDRA ESTEBAN TORRENTE.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/SANDRA%20ESTEBAN%20TORRENTE.pdf)
- Valverde, J. (2013). *Establecimiento de curvas de absorción para dos tipos de lechuga bajo el sistema hidropónico de NFT modificado*. Universidad de Costa Rica.
- Ventimiglia, L., Carta, H., & Rillo, S. (2015). *Necesidad de azufre en los cultivos*.  
[https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A11307.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A11307.pdf)

Zamora, E. (2016). *EL CULTIVO DEL BROCOLI*. Universidad de Sonora.

Zamora, F. (2014). *Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de Brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. Universidad Técnica de Ambato.

## 11. Anexos.

**Anexo 1.** Análisis químico del suelo de la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, sector los molinos, en la ciudad de Loja.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 5</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E20-0786  
 Fecha emisión Informe: 14/08/2020

### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Edwin Villavicencio

Dirección<sup>1</sup>: Zalapa Alto

Provincia<sup>1</sup>: Loja

Cantón<sup>1</sup>: Loja

Teléfono<sup>1</sup>: 0989792189

Correo Electrónico<sup>1</sup>: edwincito626@hotmail.es

N° Orden de Trabajo: 11-2020-205

N° Factura/Documento: 012-001-0654

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : Quinua		
Provincia <sup>1</sup> : Loja	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Loja		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Punzara		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Edwin Villavicencio		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 07-08-2020	Fecha de inicio de análisis: 11-08-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 11-08-2020	Fecha de finalización de análisis: 14-08-2020	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0877	Quintas Argelia	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,62
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,34
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,07
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	25,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,18
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,71
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,72
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	281,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,39
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,06
Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>  <b>Rev. 5</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

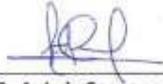
**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
<b>BAJO</b>	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
<b>MEDIO</b>	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
<b>ALTO</b>	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA**

	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
<b>pH</b>	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

  
**Q. A. Luis Cacuango**  
 Responsable de Laboratorio Suelos, Foliar y Aguas


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
 TUMBACO - ECUADOR

  
**AGROCALIDAD**  
 DGA

13 4 AUG 2020  
 13 AGO 2020

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

**Anexo 2.** Preparación del terreno para la implementación de los cultivos.



**Anexo 3.** Descomposición del bagazo de malta cervecero



**Anexo 4.** siembra del cultivo de brócoli



**Anexo 5.** Manejo agrotécnico en los cultivos de lechuga y brócoli



**Anexo 6.** Cosecha de brócoli y lechuga



**Anexo 7.** Mediciones de las variables morfológicas en el cultivo de lechuga



**Anexo 8.** Medición de variables morfológicas del cultivo de brócoli



**Anexo 9.** Caracterización bromatológica del bagazo de malta fresco y en compost.

**ANÁLISIS BROMATOLÓGICO**  
**Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología**

<p><b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Nacional de Loja  <b>ATENCIÓN:</b> Sr. Stiwart Rigoberto Correa Peña  <b>TESIS:</b> "Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) y brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>) en la Quinta Experimental Docente "La Argelia", en la provincia de Loja".  <b>DIRECTOR DE TESIS:</b> Ing. Freddy Tinoco.</p>	<p><b>CLASE DE MUESTRA:</b>                  BAGAZO MALTA 001 - BMF fresco                  ABONO - BMD descompuesto  <b>FECHA DE INGRESO DE LAS MUESTRAS:</b> 13 DE SEPTIEMBRE DE 2021  <b>FECHA DE ENTREGA:</b> 14 DE OCTUBRE DE 2021.</p>
---	--

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS:**

			<b>TCO</b>	<b>BS</b>
<b>BAGAZO MALTA 001 - BMF fresco</b>	7427	MS	24,1%	100,00%
		H	73,87%	0,00%
		Cz	0,81%	3,36%
		EE	1,38%	6,36%
		PC	4,64%	19,23%
		FC	3,27%	13,34%
		ELN	13,83%	57,32%
			<b>TCO</b>	<b>BS</b>
<b>ABONO - BMD descompuesto</b>	7429	MS	78,1%	100,00%
		H	21,88%	0,00%
		Cz	63,76%	84,17%
		EE	0,30%	0,39%
		N	0,44%	0,56%
		FC	3,57%	4,57%
		ELN	8,06%	10,32%

Nota: TCO = Tal Como Ofrecido, BS = Base Seca, MS = Materia Seca, Cz = Cenizas, P.C. = Proteína Cruda, N = Nitrógeno Total, F.C. = Fibra Cruda.



firmado digitalmente por:  
**OMAR AUGUSTO OCHOA OCHOA**

Ing. Omar Augusto Ochoa Mg. Sc.  
**RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS AGUAS Y BROMATOLOGÍA**

**Anexo 10.** Caracterización molecular del bagazo de malta fresco y en compost.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>					
	<b>REGISTRO DE INFORME DE RESULTADOS</b>					
	LABORATORIOS UTPL					
<b>A. DATOS DEL INFORME DE RESULTADOS</b>						
FECHA DEL INFORME:	2021-11-08			INFORME Nro.: 210Mal001		
<b>B. INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>						
NOMBRE:	Freddy Tinoco					
DIRECCIÓN:	Loja					
TELÉFONO:	991410146			E-MAIL:	<a href="mailto:freddy.tinoco@unl.edu.ec">freddy.tinoco@unl.edu.ec</a>	
<b>C. DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS</b>						
MATRIZ:	Malta					
DESCRIPCIÓN:	Bagazo					
FECHA DE RECEPCIÓN:	2021-09-20					
<b>D. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO</b>						
DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	
	INICIO	FIN				
Potasio *	2021-09-25	2021-10-14	EPA 3051A y SM 4500 B	mg/kg	8630,8	
Fósforo *	2021-09-25	2021-10-15	EPA 3051A y SM 4500 B	mg/kg	575,1	
<b>E. OBSERVACIONES</b>						
A) El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.						
B) Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).						
C) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE						
<b>F. GLOSARIO</b>						
mg/Kg: miligramos por Kilogramo						



**Líder Técnico**  
Mgtr. Silvio David Aguilar Ramírez




**Técnico Analista**  
Mgtr. Diego Maza Estrada



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

REGISTRO DE INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIOS UTPL

**A. DATOS DEL INFORME DE RESULTADOS**

FECHA DEL INFORME: 2021-11-08 INFORME Nro.: 210Suel001

**B. INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

NOMBRE: Freddy Tinoco  
DIRECCIÓN: Loja  
TELÉFONO: 991410146 E-MAIL: [freddy.tinoco@unl.edu.ec](mailto:freddy.tinoco@unl.edu.ec)

**C. DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS**

MATRIZ: Suelo  
DESCRIPCIÓN: Suelo  
FECHA DE RECEPCIÓN: 2021-09-20

**D. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO**

DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
	INICIO	FIN			
Potasio *	2021-09-25	2021-10-14	EPA 3051A y SM 4500 B	mg/kg	4094,6
Fósforo *	2021-09-25	2021-10-15	EPA 3051A y SM 4500 B	mg/kg	584,5

**E. OBSERVACIONES**

- A) El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.  
B) Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).  
C) Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

**F. GLOSARIO**

mg/Kg: miligramos por Kilogramo

Líder Técnico  
Mgtr. Silvio David Aguilar Ramírez



Técnico Analista  
Mgtr. Diego Maza Estrada

**Anexo 11.** Certificado de traducción.

Lic. Julio Cesar Herrera Giraldo

Licenciado en Ciencias de la Educación, mención inglés

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: **“Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, provincia de Loja”, de autoría del estudiante Stiwart Rigoberto Correa Peña, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado, hacer uso de presente en lo que estime conveniente.

Loja, 21 de febrero del 2022



Lic. Julio Cesar Herrera Giraldo

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, MENCIÓN INGLÉS

C.I.: 1206081067

Cel.: 0959257331

Anexo 12. Oficio de designación de director del trabajo de Titulación.



FACULTAD AGROPECUARIA Y DE  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**AGRONOMIA**

Of. No. 016 -DIRECCION-CIA-FARNR-UNL  
Loja, 15 de enero del 2021

Estimado

Ing. TINOCO TINOCO FREDDY ELIAZAR,  
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONOMICA

De mi consideración:

Mediante solicitud a correo electrónico, el Sr. **Stiwart Rigoberto Correa Peña**, estudiante de décimo ciclo de la carrera de Ingeniería Agronómica, solicita la designación del Director del proyecto de titulación denominado: "Efecto de la aplicación del bioabono proveniente de desechos de cervecería en el rendimiento y crecimiento de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*) en la Quinta Experimental Docente "La Argelia", provincia de Loja". Al respecto y de conformidad a las atribuciones establecidas en el art. 49 del Estatuto Orgánico de la Universidad Nacional de Loja, y art. 136 del Reglamento de Régimen Académico institucional, procedo a designar a usted Director del referido proyecto, para lo cual deberá observar lo establecido en el art. 139 del RRA-UNL-2009.

Anexo un ejemplar digital del proyecto.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines consiguientes.

Atentamente,



firmado electrónicamente por:  
JOHNNY FERNANDO  
GRANJA TRÁVEZ

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.,  
GESTOR DE LA CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
JFGT/KEGG