



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) CON BIOFERTILIZANTE (*Chlorella* spp.), FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICO EN LA QUINTA EXPERIMENTAL DOCENTE “LA ARGELIA” LOJA, ECUADOR

**Trabajo de Titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Agrónomo**

AUTORA

Adriana Marisol Cajilima Díaz

DIRECTOR

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

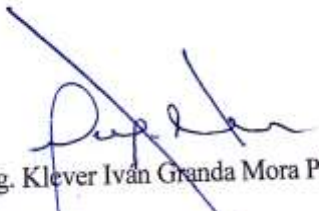
Loja, 29 de agosto del 2022

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) CON BIOFERTILIZANTE (*Chlorella spp.*), FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICO EN LA QUINTA EXPERIMENTAL DOCENTE “LA ARGELIA” LOJA, ECUADOR**”, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agronómica**, de la autoría del estudiante **Adriana Marisol Cajilima Díaz**, con **cédula de identidad Nro. 1150465803**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Klever Iván Granda Mora PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Adriana Marisol Cajilima Díaz**, declaro ser autora 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 Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1150465803

Fecha: 1 de febrero del 2023

Correo electrónico: adriana.cajilima@unl.ed.ec

Teléfono: 2108044 - 0985915645

Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación

Yo, Adriana Marisol Cajilima Díaz, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado **“RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE LECHUGA (*lactuca sativa*) CON BIOFERTILIZANTE (*Chlorella spp.*), FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICO EN LA QUINTA EXPERIMENTAL DOCENTE “LA ARGELIA” LOJA, ECUADOR”** como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital 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 al primer día del mes febrero del dos mil veinte y tres.



Firma:

Autora: Adriana Marisol Cajilima Díaz

Cédula: 1150465803

Dirección: Avda. Eugenio Espejo, barrio Chontacruz

Correo electrónico: adriana.cajilima@unl.edu.ec

Teléfono: 2108044 – 0985915645

Datos complementarios

Director de Trabajo de Titulación: PhD. Klever Iván Granda Mora

Dedicatoria

La siguiente tesis se la dedico a mis padres aquellos que con todo su esfuerzo, amor y apoyo me dieron la oportunidad de ser la profesional que soy en la actualidad, es para mí un orgullo decir papis lo logré y lo que soy es por y para ustedes, todos los regaños, consejos, paciencia han dado sus frutos después de 6 años de malas noches y dedicación.

A mis abuelitos paternos y maternos, ustedes que me han brindado todo su cariño y compañía, tan solo espero que Dios me conceda el deseo de tenerlos presente el día de formalizar mi profesión, aunque uno de ustedes no este conmigo de forma presencial sé que estará feliz por mi desde el cielo.

A todos mis familiares por parte de padre y madre por estar presente con sus consejos y toda la ayuda posible cuando todo parecía estar perdido, en esos momentos me di cuenta que la familia pese a las discusiones o diferencias que existan entre ellos siempre se apoyarán cuando el otro lo necesito, en algún día no muy lejano Dios los recompensará por toda su ayuda y cariño brindado.

Adriana Marisol Cajisima Díaz

Agradecimiento

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme permitido dar culminación a mi vida universitaria y aunque hace años apartó de mi lado a mi abuelito, ahora entiendo que me brindó un ángel guardián que siempre me acompaña y jamás dejó que me rindiera.

A mi familia, el pilar fundamental de mi vida; mi papi que siempre brindó un sustento para nuestro bienestar, mi mami la que jamás bajó los brazos y siempre ha luchado por nuestra felicidad, gracias a los dos por su confianza y amor incondicional. Como no podían faltar mis niñas “Lady, Karen, Yanina, Domenica, Ana Paula”, aquellas que han soportado mis peores momentos, además saben que tendrán una confidente, consejera y un ejemplo al que deben superar más no igualar, las quiero con mi vida.

A todos mis amigos (as) que siempre han estado presente en esos momentos de tristeza, alegría y por compartir conmigo sus conocimientos y consejos, todo aquello que forjó aún más mi personalidad y mi forma de ver la vida.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, gracias a todos ustedes que hicieron la profesional que hoy en día formará nuevos productores con un enfoque diferente y basado en la realidad de su diario vivir.

A mi director de tesis el Ing. Iván Granda gracias por toda su comprensión y paciencia en el desarrollo de la tesis, al Ing. Ángel Robles y la Ing. Yadira Collahuazo por su apoyo incondicional en las etapas de su especialidad, gracias por haberme brindado sus conocimientos y asesoría en base al tema que elegí.


Adriana Marisol Cajilima Díaz

Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tablas.....	x
Índice de Anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
1.1 Objetivo General.....	5
1.2 Objetivos específicos.....	5
4. Marco Teórico	6
4.1 <i>Lactuca sativa</i> (lechuga).....	6
4.1.1 Origen.....	6
4.1.2 Composición Química	6
4.1.3 Taxonomía.....	6
4.1.4 Morfología.....	6
4.1.5 Fases fenológicas	7
4.1.6 Requerimientos del cultivo	7
4.1.7 Manejo agronómico.....	8
4.1.8 Plagas y Enfermedades	8
4.2 <i>Chlorella</i> spp.....	9
4.2.1 Definición	9
4.2.2 Taxonomía.....	9
4.2.3 Composición Química	9
4.2.4 Importancia.....	10
4.2.5 Beneficios.....	10

4.3	Fertilizantes químicos	11
4.4	Biol	11
5.	Materiales y métodos	12
5.1	Ubicación del experimento	12
5.1.1	Fase de campo	12
5.1.2	Fase de laboratorio	12
5.2	Materiales	13
5.3	Métodos	14
5.3.1	Diseño experimental	14
5.4	Metodología	16
6.	Resultados	26
6.1	Crecimiento y rendimiento	26
6.2	Análisis económico	31
7.	Discusión	32
7.1	Crecimiento y rendimiento	32
7.2	Análisis económico	35
8.	Conclusiones	37
9.	Recomendaciones	38
10.	Bibliografía	39
11.	Anexos	44

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del experimento	12
Figura 2. Croquis de la distribución de los tratamientos en campo con un “DBCA” Diseño de Bloques Completamente al Azar.....	15
Figura 3. Aplicación de los diferentes fertilizantes orgánicos y químico.....	16
Figura 4. Recolección de la muestra para enviar al análisis	17
Figura 5. Preparación del terreno a. Pase del tractor, b. delimitación de parcelas y levantamiento de camas, c. limpieza, d. aplicación de cal, e. remoción y nivelación del suelo previo al trasplante.	17
Figura 6. Semilla certificada de la casa comercial  SAKATA, lote 146.014, Germ. 95%, Pur. Física 99,9% utilizada para obtener las plántulas	18
Figura 7. Obtención del sustrato en porción 2:1 de compost de residuos orgánicos y turba con perlita, llenado de las platabandas y siembra de la lechuga	18
Figura 8. Trasplante de las plántulas y etiquetado de parcelas.....	19
Figura 9. Elaboración de biol	20
Figura 10. Elaboración del té de estiércol	20
Figura 11. Elaboración del biofertilizante <i>Chlorella</i> spp.	21
Figura 12. Productos aplicados (Bala 55° (Ecuaquímica), Agropega (Agrosad)) para el control de la Diabrotica.....	22
Figura 13. Toma de datos de las variables evaluadas.....	22
Figura 14. Obtención de materia seca y peso en seco	24

Índice de Tablas

Tabla 1.	Taxonomía de la lechuga	6
Tabla 2.	Características de la unidad experimental.....	14
Tabla 3.	Dosis y frecuencias de aplicación de los tratamientos	15
Tabla 4.	Contenido nutricional del Té de estiércol	16
Tabla 5.	Longitud de la raíz al momento del trasplante y a su cosecha en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”	26
Tabla 6.	Número de hojas a los 15, 23, 31, 39 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”.....	27
Tabla 7.	Altura de la planta (cm) a los 15, 23, 31, 39 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”	27
Tabla 8.	Diámetro del repollo (cm) a los 39, 47, 55, 63 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”	28
Tabla 9.	Análisis del Índice del área foliar (m ²) del cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”.....	28
Tabla 10.	Materia seca, peso fresco y seco del cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”.....	29
Tabla 11.	Rendimiento (kg/ha) en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”.....	30
Tabla 12.	Coefficientes de correlación de Pearson del cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”.....	30
Tabla 13.	Análisis económico de los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”	31

Índice de Anexos

Anexo 1.	Corrección para la Fertilización.....	44
Anexo 2.	Análisis Químico.....	45
Anexo 3.	Análisis del contenido nutricional del Té de estiércol	47
Anexo 4.	Tabla de Correlación lineal entre las variables número de hojas, altura y diámetro del repollo con relación al peso fresco (g)	48
Anexo 5.	Costos De producción del fertilizante químico en el cultivo de lechuga proyectado para una hectárea	49
Anexo 6.	Depreciación de los materiales utilizados	50
Anexo 7.	Costos De producción del biofertilizante (<i>Chlorella</i> spp.) en el cultivo de lechuga para una hectárea	51
Anexo 8.	Depreciación de los materiales utilizados	52
Anexo 9.	Costos De producción del Biol en el cultivo de lechuga para una hectárea.....	53
Anexo 10.	Depreciación de los materiales utilizados	54
Anexo 11.	Costos De producción para la aplicación del Té de estiércol en el cultivo de lechuga para una hectárea	55
Anexo 12.	Depreciación de los materiales utilizados	56
Anexo 13.	Costos De producción para el control en el cultivo de lechuga proyectado para una hectárea	57
Anexo 14.	Depreciación de los materiales utilizados	58
Anexo 15.	Certificación de traducción del Abstract.....	59

1. Título

**RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE
LECHUGA (*Lactuca sativa*) CON BIOFERTILIZANTE (*Chlorella* spp.),
FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICO EN LA QUINTA
EXPERIMENTAL DOCENTE “LA ARGELIA” LOJA, ECUADOR**

2. Resumen

Los biofertilizantes a base de *Chlorella* spp., son considerados como una alternativa para la producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), sin embargo, el productor utiliza los fertilizantes químicos para incrementar el rendimiento y satisfacer a la población actual, sin considerar el perjuicio que trae consigo el abuso excesivo del fertilizante en el suelo y medio ambiente. Se evaluó el efecto que tiene el biofertilizante (*Chlorella* spp.) en el rendimiento y la rentabilidad de la producción obtenida en comparación con los fertilizantes orgánicos y químicos. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno los cuales fueron Químico, *Chlorella* spp., Biol, Té de estiércol (Gallinaza) y Control, se efectuó un análisis ANOVA, Kruskal Wallis en las variables evaluadas tales como número de hojas, altura, diámetro del repollo, materia seca, IAF, tamaño de raíz, rendimiento en las cuales presentó mayor resultado el Químico y en el análisis de correlación lineal las variables presentaron relación entre sí determinado por el coeficiente de Pearson, además, se obtuvo los costos de producción de los tratamientos aplicados. *Chlorella* spp. obtuvo mejor rentabilidad al momento de realizar los costos de producción mismo que brinda mayor beneficio al productor. Además, se debe recalcar que obtuvo los segundos mejores resultados en comparación de los fertilizantes orgánicos aplicados, sin embargo, es necesario mencionar que el fertilizante químico presentó valores altos en cuanto al diámetro de la cabeza con un promedio de 30 cm, altura de la planta con 15,91 cm, IAF con 14,95 y un rendimiento de 71 936,11 Kg/ha. Los resultados encontrados en la investigación refuerzan el uso de Biofertilizantes, además de potenciar una herramienta para la obtención de productos de interés comercial saludables para el ser humano y amigables para el ambiente.

Palabras clave: Biofertilizante, *Chlorella* spp., fertilización orgánica, Biol, Té de estiércol, fertilización química

2.1 Abstract

Chlorella spp.-based biofertilizers are considered an alternative for the production of lettuce (*Lactuca sativa*), however, the producer uses chemical fertilizers to increase yield and satisfy the current population, without considering the damage that brings with it the excessive abuse of fertilizer in the soil and environment. The effect of the biofertilizer (*Chlorella* spp.) on the yield and profitability of the production obtained in comparison with organic and chemical fertilizers was evaluated. A Completely Random Block Design was used with five treatments and four repetitions each, which were Chemical, *Chlorella* spp., Biol, Manure Tea (Chicken Manure) and Control, an ANOVA, Kruskal Wallis analysis was performed on the variables evaluated such as number of leaves, height, cabbage diameter, dry matter, IAF, root size, yield in which the Chemist presented the highest result and in the linear correlation analysis the variables were related to each other determined by the coefficient of Pearson, in addition, the production costs of the applied treatments were obtained. *Chlorella* spp. obtained better profitability at the time of making production costs, which provides greater benefit to the producer. In addition, it should be emphasized that it obtained the second best results compared to the organic fertilizers applied, however, it is necessary to mention that the chemical fertilizer presented values tall in terms of head diameter with an average of 30 cm, plant height with 15.91 cm, IAF with 14.95 and a yield of 71 936.11 Kg/ha. The results found in the investigation reinforce the use of Biofertilizers, in addition to promoting a tool to obtain products of commercial interest that are healthy for humans and friendly to the environment.

Key words: Biofertilizer, *Chlorella* spp., organic fertilization, Biol, Manure tea, chemical fertilization

3. Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa*, “Clasificador” Chimborazo (2022)) perteneciente a la familia Asteraceae es originaria de Mesopotamia entre los ríos Trigris y Éufrates, en el siglo XV destacó por sus propiedades medicinales en el continente europeo y actualmente es considerado como un cultivo cosmopolita producido en casi todo el mundo (Córdova, 2014). De acuerdo a lo expuesto por Rodríguez (2017) la producción a nivel mundial del cultivo de lechuga acredita a China como su primer productor con 13 430 000 t, seguidos por Estados Unidos con 4 070 780 t, México con 370 066 t y Chile con 101 559 t. Por su parte, en Ecuador las plantaciones de lechuga se concentran en las provincias de Azuay, Tungurahua, Pichincha y Loja (Zea *et al.*, 2020).

El cultivo de lechuga representa una opción viable para grandes y pequeños productores, gracias a su crecimiento durante todo el año, por ello, los productores se han visto en la necesidad de utilizar fertilizantes químicos para incrementar el rendimiento del cultivo y con ello lograr satisfacer a la población actual, sin embargo, se han utilizado desde siempre, no obstante, su abuso produce efectos nocivos, por ejemplo, riesgos en la salud humana, no aporta materia orgánica al suelo, reduce la cantidad de microorganismos benéficos, disminuye los nutrientes existentes en el suelo, ayuda a la contaminación del medio ambiente, del agua, favorece la propagación de especies arvenses y la competencia de nutrientes (Córdova, 2014).

Con la finalidad de disminuir la aplicación de fertilizantes químicos, los investigadores han creado alternativas amigables con el medio ambiente para la producción de diversos cultivos de interés agrícola, por ejemplo, el uso de biofertilizantes a base de diversos microorganismos benéficos tales como la *Chlorella*, mismo que permite reducir la degradación del suelo, mejorar la actividad microbiana, retención de la humedad, capacidad de intercambio catiónico, facilitan el desarrollo de las plantas, evita la pérdida de nutrientes y su adición directa al suelo mejora los nutrientes que obtiene la planta y sus reacciones fisiológicas lo que contribuye con un buen crecimiento y rendimiento (Chávez *et al.*, 2017).

Bumandalai *et al.* (2019) en su estudio “Efecto de *Chlorella vulgaris* como biofertilizante en la germinación de semillas de tomate y pepino” demostró el fuerte impacto que tuvo *Chlorella* spp en la germinación y el crecimiento de las plántulas, el desarrollo de los brotes y el crecimiento de las raíces en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), además, se evidenciaron la inhibición del crecimiento del nematodo *Meloidogyne arenaria* y como resultado, la microalga redujo el impacto ambiental con una producción rentable de tomate.

Chlorella es utilizada para producir lechuga hidropónica bajo las condiciones de invernadero por los beneficios que brinda a la hortaliza según hace mención Ergun *et al.* (2018) en su investigación, mismo que recomienda el uso de la microalga por el enfoque respetuoso que tiene con el medio ambiente, por el contrario, no se ha encontrado información sobre la producción de lechuga en campo, es por ello que la presente investigación para la ejecución del presente proyecto se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo actuará el biofertilizante (*Chlorella* spp), frente a los fertilizantes orgánicos y químico en el crecimiento y rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” Loja, Ecuador?

Con estos antecedentes y con la finalidad de cumplir el propósito de la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo General

Evaluar el biofertilizante (*Chlorella* spp.) frente a los fertilizantes orgánicos y químico en el crecimiento y rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” Loja, Ecuador”, y como

1.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto del biofertilizante (*Chlorella* spp.) frente a los fertilizantes orgánicos y químico en el crecimiento y rendimiento agrícola de lechuga
- Realizar un análisis económico del biofertilizante (*Chlorella* spp.) frente a los fertilizantes orgánicos y químico”.

4. Marco Teórico

4.1 *Lactuca sativa* (lechuga)

4.1.1 Origen

Saavedra *et al.* (2011) y Carrasco *et al.* (2016) concuerdan que el origen de la lechuga es Mesopotamia entre los ríos Tigris y Eúfrates, se expandió hacia Grecia denominado “*Thridax*”, Italia “*Lactuca*” por el látex de sus hojas, China entre los siglos VI y IX sin ser una fecha precisa. En Europa destacó por sus propiedades medicinales en el siglo XV.

4.1.2 Composición Química

Contiene de 90 a 95 % de agua, vitaminas como A, B, E, B₁, B₂, B₃, B₉ y K, minerales como fósforo, hierro, calcio, potasio y aminoácidos, las hojas más verdes son las que tienen más vitamina C y hierro, son una fuente de Vitamina B₉ (folato) esencial para las mujeres embarazadas, contiene betacarotenos y antioxidantes para la prevención de las enfermedades (Cáncer y Arterioesclerosis) (Tošić *et al.*, 2016).

4.1.3 Taxonomía

Chimborazo (2022) hace mención sobre la taxonomía de la lechuga y es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Género:	<i>Lactuca</i>
Especie:	<i>L. sativa</i>
Nombre científico:	<i>Lactuca sativa</i> .

Tabla 1 Taxonomía de la lechuga

4.1.4 Morfología

Semillas: son aquenios típicos que posee una capacidad germinativa de 4-6 años y su periodo de latencia se puede prolongar hasta dos meses luego de su recolección (Ríos, 2017).

Hojas: presentan un borde limbo liso, ondulado o aserrado en forma de rosetas durante casi todo su desarrollo y en otras variedades forman cogollos (Velázquez, 2021).

Tallo: es cilíndrico, ramificado y de tamaño corto hasta el momento de la floración en donde alcanza hasta un metro de altura (Pérez, 2021).

Raíz: es pivotante, corta y ramificada que no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad (Velázquez, 2021), por el contrario, Carrasco *et al.* (2016) afirma que la raíz principal presenta un rápido crecimiento, supera los 30 cm hasta unos 100 cm aproximadamente.

4.1.5 Fases fenológicas

Fonseca (2015) menciona que las fases fenológicas más importantes para el cultivo de lechuga son las siguientes:

Etapa de plántulas: Comprende desde la germinación o emergencia hasta que aparece la tercera o cuarta hoja verdadera.

Etapa de roseta: Se forman de 12 a 14 hojas verdaderas lo cual disminuye la relación largo-ancho de las hojas.

Formación de la cabeza o repollo: Se caracteriza por la curva que forma la nervadura central desde que salen del centro hasta que son envueltas por las hojas exteriores completamente, pero no todas las variedades forman cabeza.

Madurez: Se forma un cogollo firme por un gran número de hojas internas con una duración de 60 a 120 días.

4.1.6 Requerimientos del cultivo

Para el desarrollo óptimo del cultivo de lechuga es necesario que la temperatura oscile entre los siguientes rangos, para su germinación de 18 a 20 °C, en la fase de crecimiento es de 14 a 18 °C, en el acogollado de 12 °C, además de mencionar que tolera las bajas temperaturas hasta un -6 °C y 30 °C como máximo, al sobrepasar estas temperaturas ocasiona limitación en el crecimiento de la planta (Bastidas, 2020). Además, requiere de una precipitación entre 1 200 a 1500 mm anuales y durante su ciclo vegetativo necesitan entre 250 a 350 mm, sin embargo, su exceso puede ocasionar la proliferación de enfermedades fungosas y bacterianas y así perjudicar la producción total (Cardona *et al.*, 2018).

La exigencia de luz del cultivo de lechuga es alta, si sufre escases ocasiona que las hojas sean más finas o delgadas incluso sus cabezas se pueden caer, por eso es bueno evitar el sombreado de las plantas con la densidad correcta, su coloración, sabor y textura depende en gran parte de la luminosidad solar alta (Cardona *et al.*, 2018). Además, la Humedad Relativa es importante sobre todo para la raíz por ser sensible a la falta de humedad y no soportar los periodos de sequía, por ello, es conveniente una humedad relativa de 60 al 80 % o incluso menores de 60 % si las condiciones climáticas son adecuadas (Pérez, 2021).

Es necesario conocer la fertilidad que dispone el suelo y así elaborar un plan de fertilización adecuado, se recomienda utilizar abono al momento de preparar el suelo, a los 8 días, 20 y 45 días después del trasplante, al utilizar biofertilizantes orgánicos se realiza a partir de los 15 días después del trasplante y una frecuencia semanal o quincenal (Pérez, 2021). Además, su adaptabilidad a todos los suelos desde los arenosos hasta arcillosos, sin embargo, su desarrollo es favorable en los suelo franco arenoso o franco arcilloso, ello, se debe al contenido de materia orgánica y buen drenaje, además de tolerar pH ácidos y medianamente salinos (Fonseca, 2015).

4.1.7 Manejo agronómico

Para las labores culturales es necesario conocer que el cultivo de lechuga no tolera la competencia con las plantas arvenses, por ello, es necesario limpiar durante todo su ciclo, su deshierbe puede ser manual o con ayuda de un azadón (Pérez, 2021). Al momento de preparar el terreno se debe realizar un pase de arado disco y cincel a una profundidad de 30 cm, esto se realiza con 30 o 40 días previo al trasplante para facilitar la rotulación del suelo, aeración y exponer al sol los agentes patógenos o plagas, se desinfecta y se nivela el suelo para facilitar el desplazamiento del agua (Fonseca, 2015).

Para la obtención de las plántulas se acostumbra a utilizar semilleros de polietileno con una profundidad de 5 cm, en donde se coloca una semilla por alveolo, para proceder con el trasplante habitualmente se lo realiza a los 30 a 40 días mismo que depende de la variedad utilizada, además de poseer de 5 a 6 hojas verdaderas (Pérez, 2021). El sistema de riego adecuado es el del goteo especialmente si se cultiva en invernadero, además, se puede aplicar el de aspersión, por gravedad, y el de surcos, aunque está en recesión, permite incrementar el nitrógeno al 20 % y sus riegos son de poca cantidad de agua de una forma frecuente (Velázquez, 2021).

Al momento de realizar la cosecha es necesario considerar la dureza y firmeza del repollo, es por ello que las lechugas que forman cabeza se promedian entre 75 a 80 días después de su trasplante y las lechugas crespas y romanas es de 7 semanas a campo abierto y en invernadero es de 6 semanas aproximadamente (Galindo *et al.*, 2016).

4.1.8 Plagas y Enfermedades

En cuanto a las plagas el pulgón se alimenta de la parte interior de la planta en el centro y va hacia las hojas más jóvenes, se debe eliminar el rastrojo de la cosecha anterior, pues evita la prolongación de nuevas generaciones de insectos, los trips causan oxidación (color pardo) en las hojas exteriores y en la parte interna se presentan manchas irregulares, para la mosca

minadora se reconoce mediante las perforaciones que liberan sabia efectuadas por las hembras con su oviscapto, para el control se puede utilizar trampas adhesivas amarillas efectiva para los estadios adultos (Zolezzi,2018).

Con relación a las enfermedades la pudrición blanca se caracteriza por una pudrición de tipo acuosa que va desde la raíz hasta su follaje con un micelio de color blanco en su fase inicial para luego tonarse de color negro, la Pudrición Gris causada por *Botrytis cinérea* donde aparecen lesiones acuosas en las hojas y en la base del tallo, la enfermedad avanza y toma un color grisáceo sobre los tejidos parasitados, el mildiu se da en la cara inferior con un micelio de color blanco grisáceo con abundante esporulación, el oidium es de color blanquecino que puede cubrir las dos caras de la hoja en su totalidad en su mayor severidad, para prevenir esta enfermedad es recomendable eliminar los restos de lechugas y plantas arvenses (Zolezzi, 2018).

4.2 Chlorella spp

4.2.1 Definición

Las algas son organismos fotoautótrofos acuáticos con una estructura simple de color verde (clorofila), inmóvil, unicelular y mide de 2-10 um, presentan diversas formas, tamaños, y cubren el 70 % de la superficie terrestre ya sea como una sola célula en suspensión (microalga) o agrupadas (macroalgas) en varios metros de longitud (Choix, 2014).

Son células ovoides, esféricas o elipsoidales que forman colonias de 64 células o incluso son solitaria (Rivas *et al.*, 2016). No presenta flagelo, su cloroplasto tiene forma de copa o plato, mucilago que puede estar presente o asenté, tiene olor a hierba debido a su alto contenido de clorofila (Guamán *et al.*, 2016).

4.2.2 Taxonomía

Guamán *et al.* (2016) menciona que la taxonomía de la microalga es la siguiente:

Reino: Plantae, **División:** Chlorophyta, **Clase:** Trebouxiophyceae, **Orden:** Chlorellales, **Familia:** Chlorellaceae, **Genero:** Chlorella, **Nombre científico:** Chlorella sp.

4.2.3 Composición Química

La microalga tiene un potencial para producir compuestos como polisacáridos, lípidos, proteínas, carotenoides, pigmentos, vitaminas, enzimas, compuestos farmacéuticos a partir de CO₂ y energía solar. Además, están compuestas por micro y macronutrientes tales como

nitrógeno, fósforo, potasio por lo cual es considerado como un fertilizante orgánico de liberación lenta (Pérez *et al.*, 2020).

Los Nutrientes que contiene *Chlorella* en 100 kg de masa son: **Ceniza** 5-7 g, **Carbohidrato** 10 – 20 g, **Clorofila** 3 – 7 g, **Energía** 411 kcal, **Grasa** 5 – 15 g, **Fibra** 1 – 6 g, **Humedad** 3 – 6 g, **Proteína** 60 – 69 g; los Minerales que contiene en 100 kg son: **Calcio** 94, **Potasio** 1 360, **Magnesio** 264, **Sodio** 50, **Fósforo** 1 680 (Earth Chlorella, 2015).

4.2.4 Importancia

Las microalgas son productores primarios de los materiales orgánicos que juegan un papel crítico en el medio ambiente, por ello, son fabricas bioquímicas de tamaño reducido más eficientes que las plantas terrestres con un rango de 10 a 20 % de eficiencia. Por esta razón, son importantes en la producción de compuestos de interés comercial y desde un punto de vista medioambiental (Choix, 2014).

Las microalgas son aplicadas en la agricultura como biofertilizante o acondicionador del suelo, debido a su capacidad de fijar nitrógeno, además, son utilizados en las tierras bajas para controlar la erosión del suelo en las zonas de clima templado, al igual que, los compuestos alelopáticos que producen las microalgas actúan como agentes o herbicidas ecológicos (Ortiz *et al.*, 2019).

4.2.5 Beneficios

En la germinación de las semillas los extractos de microalgas aumentan la germinación de semillas, desarrollo de raíces y brotes, además la suspensión de *Chlorella* spp mejoró la germinación de trigo, cebada y maíz, *Chlorella vulgaris* germinación de lechuga, además. mejora las características del suelo al posibilitar su inoculación en el mismo puede ser una fuente de carbono orgánico y mejora su calidad, si las condiciones no son favorables algunas microalgas producen y secretan sustancias poliméricas extracelulares para proteger sus células en condiciones de estrés (Pérez *et al.*, 2020).

Al utilizar la microalga aumenta el crecimiento, rendimiento, calidad de hortalizas y alimentos ya que son de fácil absorción por los estomas y poros de la hoja, lo que causa un mejor beneficio al ser utilizado por la mañana, además cabe recalcar que la aplicación de *Chlorella* en polvo seco en el cultivo de lechuga aumento el rendimiento además de proteger la planta de patógenos, la producción de manera orgánica es beneficiada al aplicar *Chlorella* spp ya que suministra polisacáridos complejos y microelementos a través de los estomas en cualquier tipo de cultivo (Pérez *et al.*, 2020).

4.3 Fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos son muy usados en la agricultura convencional debido a los nutrientes que aporta para un mejor crecimiento de los cultivos, rendimientos y mejora la calidad de los cultivos, además, en el mercado se encuentran diversidad de productos que contienen macronutrientes tales como carbono, oxígeno, hidrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes como hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno, níquel y cloro (Narváez *et al.*, 2014).

4.4 Biol

Es una masa derivada del estiércol animal, con un potencial para ser utilizado como biofertilizante por los nutrientes concentrados que contiene, es líquido y cuenta con minerales, para su preparación se utiliza agua, ceniza y melaza (Cando *et al.*, 2017). Su fermentación es en condiciones anaerobias donde participan microorganismos anaerobios obligados o facultativos que digieren la materia orgánica, mismo que, puede ser aplicado de manera foliar o directa al suelo, ante ello, genera beneficios con relación al crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos (Cruz *et al.*, 2017).

4.5 Té de estiércol

Son una fuente de nutrientes para la producción de cultivos, además puede restaurar la materia orgánica que dispone el suelo y se pierde debido al exceso de las labores convencionales “aplicación de fertilizantes”, la aplicación del fertilizante es previo a la siembra, también se utiliza de forma líquida, su fermentación es de forma anaerobia durante un mes y se puede almacenar en frascos (López *et al.*, 2015).

5. Materiales y métodos

5.1 Ubicación del experimento

5.1.1 Fase de campo

El experimento se realizó en la ciudad de Loja, sector “La Argelia” en la quinta experimental docente “La Argelia”, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja (Figura 1), ubicada en las siguientes coordenadas: altitud 4° 03' 02" S, longitud 79° 19' 89" O con una altitud de 2 134 m s.n.m., el suelo es de naturaleza franco limoso, con un pH de 5 a 6 y presenta una temperatura promedio de 18 °C y una precipitación anual de 1 058 mm (Valverde y Morocho, 2014).

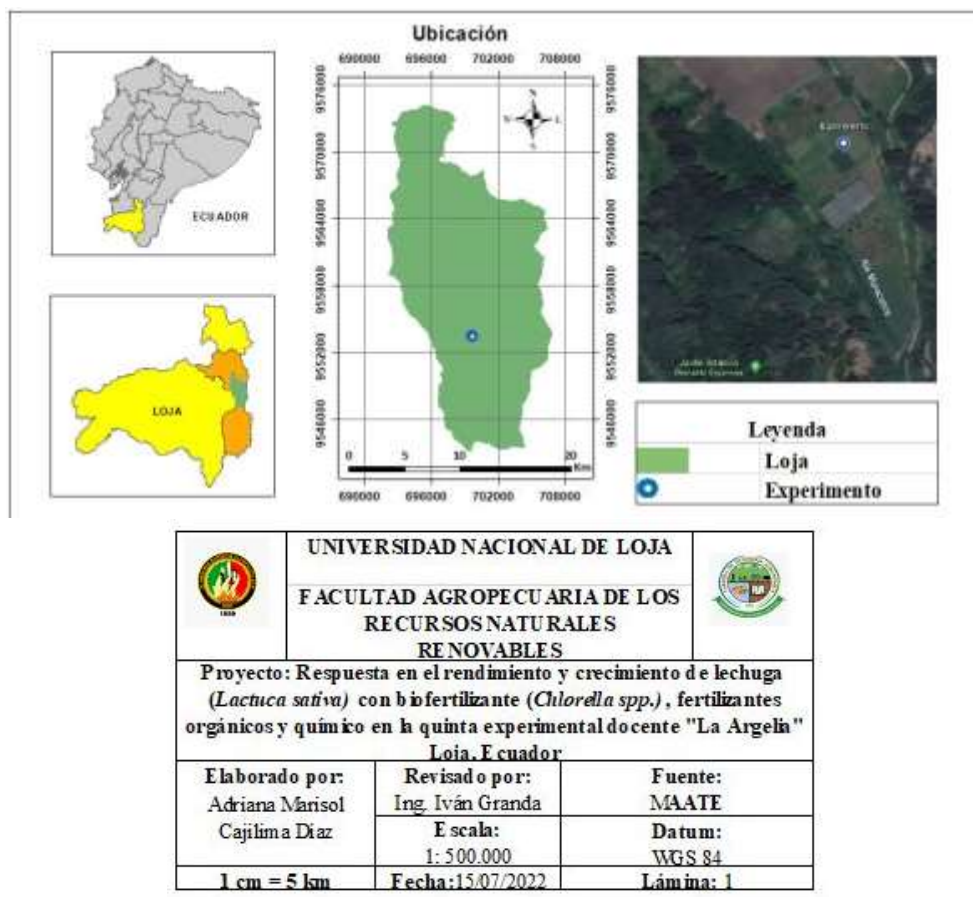


Figura 1 Ubicación del experimento

5.1.2 Fase de laboratorio

Para la obtención del peso seco del cultivo de lechuga se utilizó las instalaciones del Laboratorio de Microbiología Vegetal del Centro de Biotecnología de la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Loja, se encuentra en las siguientes coordenadas: Latitud 04° 03' 74" S, Longitud 79° 20' 46" O.

5.2 Materiales

Materiales e insumos utilizados para obtener el semillero, siembra, cosecha de las plantas y la aplicación de los diversos tratamientos fueron:

- Terreno de 216 m²
- Tractor agrícola
- Azadón
- Piola
- Sustrato de compost orgánico
- Turba con perlita
- Biol (Estiércol Vacuno)
- Fertilizante químico (Urea (Fertiza), 10-30-10 (Abono completo, Fertiza), Cloruro de potasio, (Fertiza))
- Té de estiércol (Gallinaza)
- Biofertilizante (*Chlorella* spp.)
- Jeringa (10 mL)
- semilleros
- Lampa
- Estacas
- Trasplantador manual
- Semilla de lechuga

Materiales utilizados en el laboratorio para obtener materia seca y medición de los fertilizantes líquidos

- Estufa a 65 °C
- Balanza
- Cubre objetos
- Fundas de papel
- Cinta Masking
- Microscopio óptico
- Probeta (10 mL y 1000 mL)
- Cámara Neubauer

5.3 Métodos

5.3.1 Diseño experimental

Se utilizó un DBCA “Diseño de Bloques Completamente al Azar”, se aplicó 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno de los cuales fueron: *Chlorella* spp (T1), Biol (T2), Té de estiércol (T3), fertilizante químico (T4) y el control (T5), con las siguientes características:

Tabla 2 Características de la unidad experimental

Descripción	Cantidad	Unidad
Largo de parcela	2.5	m
Ancho de la parcela	2.5	m
Distancia entre hoyo	0.40	m
Distancia entre plantas	0.30	m
Distancia entre parcela	0.50	m
Trasplante por hoyo	1	-
N° de plantas por parcela	48	-
N° de plantas total del ensayo	960	-
N° de plantas a evaluar por parcela	5	-
Área por parcela	6.25	m ²
Área total del ensayo	210	m ²

a. Esquema del diseño

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) (Figura 2).



Figura 2 Croquis de la distribución de los tratamientos en campo con un “DBCA”
Diseño de Bloques Completamente al Azar

Los tratamientos y su respectiva dosis aplicadas durante el desarrollo del cultivo se muestran en la Tabla 3 y Figura 3.

Tabla 3 Dosis y frecuencias de aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Descripción	Dosis	Frecuencia de aplicación (Días), luego del trasplante	Forma de fertilización
T1	<i>Chlorella</i> spp	2 x 10 ⁶ cl/mL	Cuatro aplicaciones (22, 36, 50, 64 días)	Foliar
T2	Biol	20 %	Una sola aplicación (22 días)	Foliar
T3	Té de estiércol	20 %	Una sola aplicación (22 días)	Foliar
T4	Químico	16,4 g	Una sola aplicación (32 días)	Edáfica



Figura 3 Aplicación de los diferentes fertilizantes orgánicos y químico

En la tabla 4 se muestra el contenido nutricional del Té de estiércol (gallinaza) con sus respectivas unidades de medida, para mayor comprensión se puede observar el análisis realizado en el anexo 3.

Tabla 4 *Contenido nutricional del Té de estiércol*

Té de estiércol	Contenido nutricional	Unidad
N	295	Ppm
P	325	Ppm
K	10.9	Meq/100mL
Ca	6	Meq/100mL
Mg	5.1	Meq/100mL
Zn	1.8	Ppm
Cu	1.1	Ppm
Fe	115	Ppm
Mn	14.2	Ppm
MO	2.4	%

5.4 Metodología

Análisis de suelo

Se tomaron de forma aleatoria seis muestras del sitio donde se efectuó el experimento a una profundidad de 30 cm, luego se mezcló hasta obtener una muestra representativa de 500 g para su análisis (Figura 4) y así obtener las propiedades fisicoquímicas del suelo, tales como: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, capacidad de intercambio catiónico.



Figura 4 Recolección de la muestra para enviar al análisis

Preparación de terreno

Las labores complementarias y remoción del suelo, se utilizó un tractor John Deer mismo que efectuó un pase de arado de disco y uno de rastra (Figura 5).



Figura 5 Preparación del terreno a. Pase del tractor, b. delimitación de parcelas y levantamiento de camas, c. limpieza, d. aplicación de cal, e. remoción y nivelación del suelo previo al trasplante.

Trazado de parcelas

Se midió 2.5 m de largo y 2.5 de ancho con un distanciamiento entre parcelas de 0,50 m, se procedió al levantamiento de las camas en donde se colocó 2 libras de cal por parcelas para su desinfección, luego se removió el suelo para después rastrillar y nivelarlo (Figura 5).

Semilleros

Se utilizó semilleros para la obtención de las plántulas de un híbrido “Fedra” (Figura 6), mismos que fueron llenados con sustrato obtenido tras la unión de compost de residuos orgánicos y turba con perlita en una relación 2:1, además de colocó una semilla por cada celda (Figura 7).



Figura 6 Semilla certificada de la casa comercial SAKATA, lote 146.014, Germ. 95%, Pur. Física 99,9% utilizada para obtener las plántulas



Figura 7 Obtención del sustrato en porción 2:1 de compost de residuos orgánicos y turba con perlita, llenado de las platabandas y siembra de la lechuga

Trasplante

Una vez la planta alcanzó la altura de 8 cm y 5 a 6 hojas verdaderas se procedió al trasplante, mismo que se efectuó a una distancia de 0,30 m entre plantas y 0,40 m entre hoyos, para ello se utilizó un trasplantador manual para realizar los agujeros y colocar una plántula hasta obtener un total de 960 plántulas por todo el experimento (Figura 8).



Figura 8 Trasplante de las plántulas y etiquetado de parcelas

Elaboración del Biol

Según la metodología de Méndez *et al.* (2017), en el recipiente de plástico (150 litros), se disolvió 10 kilos de estiércol de vaca, luego se aplicó ½ libra de Bórax previamente disuelta en un litro de agua, a continuación, se disolvió 4 litros de melaza en 5 litros de agua, se vertió la leche directamente, se disolvió las sales minerales (100 g de sulfato de magnesio, 100 g de sulfato de hierro, ½ libra de sulfato de zinc) en un litro de agua por separado, además en una licuadora se trituró 1 kilo de hojas frescas de aliso (*Alnus glutinosa*) y 1 kilo de hojas frescas de chilca (*Baccharis latifolia*) con 5 litros de agua, se completó con agua hasta completar los 75 litros. Por último, se tapó herméticamente el recipiente para iniciar su fermentación misma que contenía un sistema de evacuación formado por la manguera de jardín introducida en una botella con agua para impedir el ingreso del aire (Figura 9).



Figura 9 Elaboración de biol

Elaboración del Té de estiércol

Según la metodología de Furci (2013), en un recipiente de 150 litros se introdujo un saco con dos piedras de dos libras cada una además de 20 kg de estiércol de gallina previamente amarrado, se vertió un litro de leche directamente al recipiente, se disolvió 4 litros de melaza en 5 litros de agua, media libra de levadura en un litro de agua, se colocó 1 kilo de harina de roca, en 5 litros de agua se licuo 1 kilo de hojas frescas de botón de oro (*Ranunculus acris*), se agregó agua hasta completar los 75 litros en el recipiente final, por último se tapó con un costal para facilitar la entrada de oxígeno y evitar la entrada de mosquitos (Figura 10).



Figura 10 Elaboración del té de estiércol

Elaboración del biofertilizante a base de *Chlorella* spp.

Según la metodología de Gonzalo *et al.* (2020), en tres frascos de vidrio se colocó 200 mL de agua estéril con un inóculo de 10 mL y 0,6 mL de nitrofoska azul, se instaló un temporizador para el fotoperiodo de 12 horas con una intensidad de 250 luxes y una bomba de pecera (0,012 MPa), además se agitó dos veces al día durante 7 días, para contar la microalga se esperó hasta obtener un color verde intenso, luego se agitó el frasco y se tomó una alícuota de 20 mL, se colocó en la cámara Neubauer por 3 minutos antes de observar al microscopio óptico, luego se realizó un promedio de cada repetición hasta obtener títulos de 2×10^6 cl/mL, y para la concentración se utilizó la fórmula $C=(N) \times (10^4) \times \text{dilución}$, en donde C= células/ml, N= promedio de células contadas en un cuadrante, FD=Factor dilución (Figura 11).



Figura 11 Elaboración del biofertilizante *Chlorella* spp.

Para la fertilización química se realizó una sola aplicación de forma edáfica, es decir directamente en la base de la planta, para ello se adquirió abonos como el completo (10-30-10), Urea y Cloruro de Potasio (CLK), para la dosis aplicada se procedió a sumar las cantidades necesarias por cada fertilizante obtenido en la corrección del análisis de suelo con un total de 6,96 lb, se transformó en gramos que dio como resultado 3 157 gr, mismo que se dividió para las 192 plantas con una dosis para cada planta de 16,4 g. Además, la microalga utilizada fue obtenida del consorcio de microalgas existentes en el centro de biotecnología de los experimentos anteriores.

Para los controles fitosanitarios se efectuó 5 aplicaciones cada 15 días de Bala 55 (Chlorpyrifos+Cipermetrin+Xylene) en una dosis de 15 ml en 20 litros de agua, además de añadir 10 ml de fijador Agropega (Eter Fenol Poliglicólico) (Figura 12) para el control de Diabrotica. Posteriormente la cosecha del repollo se realizó de forma manual al momento que

las plantas alcanzaron su madurez comercial, se cortó el cuello de la planta y se eliminaron las hojas bajas.



Figura 12 Productos aplicados (Bala 55° (Ecuaquimica), Agropega (Agrosad)) para el control de la Diabrotica

Metodología para el primer objetivo

Para dar solución al primer objetivo “Analizar el efecto del biofertilizante (*Chlorella* spp.) frente a los fertilizantes orgánicos y químico en el crecimiento y rendimiento agrícola de lechuga”, se consideró las siguientes variables (Figura 13):



Figura 13 Toma de datos de las variables evaluadas

Porcentaje de Germinación

Se evaluó a los 8 días después de la siembra y luego a los 15 días de las plántulas emergidas (Caroca, 2016).

$$\%E = \frac{\text{No. de plantulas emergidas}}{\text{No. total de plantas sembradas}} * 100$$

Días de la emergencia

Se contabilizó los días desde la siembra hasta la aparición de sus hojas verdaderas y se realizó una sola vez hasta obtener más del 60 % de su germinación

Tamaño de la raíz

Se consideró 5 plantas y al momento del trasplante se las midió y por último se lo realizó al momento de la cosecha.

Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas de 5 plantas centrales de cada parcela cada 8 días.

Altura de la planta

Se consideró 5 plantas previamente seleccionadas al azar, las cuales se midió desde la base del cuello hasta el final de la hoja cada 8 días.

Diámetro del repollo

Una vez empezó la formación de la cabeza se procedió a medir cada 8 días.

Índice de área foliar

Se midió el largo y ancho (l x a) de cada hoja, una vez obtenida las mediciones se procedió a sumar los resultados, luego se calculó en la fórmula el índice de área foliar. Se realizó cada 15 días (Ortiz *et al.*, 2021).

$$IAF = \frac{\text{área foliar } m^2 * \text{densidad de siembra}}{\text{area sembrada}}$$

Días a la cosecha

Se contabilizó los días desde su trasplante hasta la cosecha y se realizó una vez al finalizar el ciclo del cultivo.

Materia seca

Para obtener la materia seca se picó la lechuga y se colocó en una bolsa de papel etiquetada con anterioridad, una vez llena se distribuyó de forma uniforme la muestra para evitar que se compacte, se introdujo a la estufa a una temperatura de 65 °C, para realizar el pesaje se dejó equilibrar su humedad con la del ambiente (Figura 14), (Ojeda y Guerrero, 2020).

$$MS = \frac{\text{peso de la muestra seca}}{\text{peso de la muestra antes seca}} * 100$$



Figura 14 Obtención de materia seca y peso en seco

Rendimiento

Se consideró el peso del repollo de 5 plantas por cada parcela al momento que se ejecutó la cosecha, luego se relacionó para una hectárea en kg/ha para cada uno de los tratamientos.

Metodología para el segundo objetivo

“Realizar un análisis económico del biofertilizante (*Chlorella* spp) frente a los fertilizantes orgánicos y químico”

Se tomó en cuenta los costos fijos, costos variables y todos los gastos que surgieron durante la producción y se proyectó para una hectárea los rendimientos obtenidos en la aplicación del biofertilizante, abonos orgánicos y fertilización química.

- **Materia prima o insumos agrícolas**

Se consideró todos los materiales que se utilizó en la elaboración de los fertilizantes orgánicos, biofertilizantes, implementación de semilleros y diversos materiales que se utilizó en el proyecto.

- **Mano de obra directa**

Se consideró el personal que se utilizó para el cuidado del cultivo y levantamiento del experimento.

- **Costos indirectos**

Maquinaria que se utilizó en el desarrollo del proyecto.

- **Rentabilidad**

Se contrarrestó los beneficios obtenidos con los gastos que se generó durante toda la producción.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costos de producción}} * 100 \text{ (Imbaquingo, 2013).}$$

Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a la normalidad de datos y de ser necesario se aplicó una transformación de datos en la variable de tamaño de raíz, homogeneidad de varianza y un análisis (ANOVA) y una prueba de Tukey con un grado de significancia del 95 %, además de pruebas no paramétricas como Kruskal Wallis para las variables de números de hojas y longitud de la raíz.

6. Resultados

6.1 Crecimiento y rendimiento

Porcentaje de germinación

Al aplicar la fórmula expuesta en la metodología, el porcentaje de germinación de las plántulas de lechuga sometidas a las mismas condiciones sin aplicar ningún tratamiento durante la fase de semillero, dio como resultado el 74 % de germinación a los 8 días después de la siembra, mientras que a los 15 días fue del 98 %.

Días a la emergencia

Las semillas empezaron su germinación a los 7 días y se consideró hasta el día que las plántulas obtuvieron sus hojas verdaderas y una altura de 8 cm después de su siembra en el semillero, por ello, la fecha de trasplante fue a los 27 días.

Longitud de la raíz

En la tabla 5 nos muestra la longitud de la raíz en la fase inicial (semillero), es necesario mencionar que no se aplicó ningún tratamiento, ante ello, no presentaron diferencias, sin embargo, al momento que se efectuó la cosecha también se consideró el tamaño de la raíz tras haber aplicado los diferentes tratamientos en campo, en donde si presentaron diferencias significativas con un p-valor $<0,05$, lo que otorgó como mejor fertilizante al químico con 16,01 cm, en comparación del control que obtuvo el menor resultado con 10,80 cm.

Tabla 5 Longitud de la raíz al momento del trasplante y a su cosecha en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”

Tratamiento	Inicio	Final
<i>Chlorella</i>	4,99 ns	15,63 a
Biol	4,99 ns	11,40 b
Té de estiércol	5,00 ns	11,96 b
Químico	4,99 ns	16,01 a
Control	5,00 ns	10,80 b
EEX±	0,01	0,34

Leyenda: Datos no significativos (ns). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Número de hojas

En la tabla 6 se muestra la media del número de hojas, en las cuales se aplicaron los diferentes tratamientos y no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las diferentes fechas evaluadas.

Tabla 6 Número de hojas a los 23, 31, 39 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”

Tratamiento	Días		
	23	31	39
<i>Chlorella</i>	11 ns	11 ns	12 ns
Biol	11 ns	12 ns	12 ns
Té de estiércol	11 ns	11 ns	11 ns
Químico	12 ns	12 ns	12 ns
Control	10 ns	11 ns	11 ns
EEX±	0,5	0,5	0,4

Leyenda: Datos no significativos (ns). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Altura de la planta

En la tabla 7 se muestra la altura de la planta durante el desarrollo del cultivo, en donde, no presentaron diferencias a los 15, 23, 31 días en todos los tratamientos aplicados. Por el contrario, a los 39 días ya presentaron diferencias en donde el Químico tiene 19,78 cm y el control 15,87 cm.

Tabla 7 Altura de la planta (cm) a los 15, 23, 31, 39 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”

Tratamiento	Días			
	15	23	31	39
<i>Chlorella</i>	10,23 ns	14,20 ns	15,57 ns	17,39 ab
Biol	10,68 ns	14,94 ns	16,10 ns	16,57 ab
Té de estiércol	10,47 ns	14,63 ns	16,24 ns	16,43 b
Químico	10,38 ns	15,20 ns	18,31 ns	19,78 a
Control	10,39 ns	14,14 ns	14,84 ns	15,87 b
EEX±	0,39	1,16	1,24	1,08

Leyenda: Datos no significativos (ns). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Diámetro del repollo

En la tabla 8 se muestra el diámetro del repollo evaluado durante el desarrollo del cultivo, en donde se muestra los datos al día 47, mismos que no presentaron diferencias significativas y su rango de variación es de 3.20 entre el mayor y menor dato, sin embargo, a los 55 y 63 días si se obtuvo diferencias, lo que otorga al Químico el primer lugar con relación a los demás tratamientos.

Tabla 8 *Diámetro del repollo (cm) a los 39, 47, 55, 63 días después del trasplante en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”*

Tratamiento	Días			
	39	47	55	63
<i>Chlorella</i>	10,65 b	18,93 ns	28,05 b	39,43 b
Biol	9,50 c	20,15 ns	31,38 ab	36,75 b
Té de estiércol	9,40 c	18,54 ns	25,88 b	36,99 b
Químico	12,45 a	24,03 ns	37,20 a	49,30 a
Control	9,25 c	18,08 ns	28,58 ab	35,80 b
EEX±	0,21	1,92	2,09	2,04

Leyenda: Datos no significativos (ns). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Índice de área foliar

En la tabla 9 se muestran el índice del área foliar durante el periodo de evaluación a los 30 y 45 días ya que presentan diferencias significativas con un p-valor $< 0,05$ en donde el mejor tratamiento fue el Químico con 1,80 y 2,14 según corresponde, mientras que el control obtuvo 1,14 y 1,32 en las mismas fechas antes mencionadas.

Tabla 9 *Análisis del Índice del área foliar del cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”*

Tratamiento	Días	
	30	45
<i>Chlorella</i>	1,40 ab	1,72 ab
Biol	0,93 b	1,10 c
Té de estiércol	1,15 b	1,32 bc
Químico	1,80 a	2,14 a
Control	1,14 b	1,32 bc
EEX±	0,11	0,13

Leyenda: Datos no significativos (ns). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Días a la cosecha

Una vez efectuada la siembra en el semillero sin haber aplicado ningún tratamiento y sometidos a las mismas condiciones se empezó a contabilizar los días hasta el trasplante, luego de haber realizado el mismo se continuó con la contabilidad de los días tras haber aplicado los respectivos tratamientos en campo, al obtener la madurez comercial de la lechuga se procedió a cosechar a los 91 días para el Químico, a los 95 días para *Chlorella*, a los 97 días para el Biol y té de estiércol, mientras que para el control fue a los 101 días.

Materia seca

En la tabla 10 se muestra la materia seca, peso fresco y seco del cultivo de lechuga bajo la aplicación de diferentes tratamientos, al realizar el análisis, los datos presentaron diferencias, en donde el mejor fertilizante fue el Químico con 14,92 %, 936,67 y 237,32 g de peso fresco y seco. Además, es necesario mencionar que el control, obtuvo los menores resultados de todo el experimento con valores como 5,16 %, 583,38 y 52,60 g respectivamente.

Tabla 10 *Materia seca, peso fresco y seco del cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”*

Tratamiento	Pf (g)	Ps (g)	MS (%)
<i>Chlorella</i>	771,11 ab	189,52 ab	14,19 a
Biol	680,08 b	141,46 b	12,43 a
Té de estiércol	641,84 b	65,88 c	5,88 b
Químico	936,67 a	237,92 a	14,92 a
Control	583,38 b	52,60 c	5,16 b
EEX±	71,04	17,95	1,24

Leyenda: Peso fresco (**Pf**), Peso seco (**Ps**), Materia seca (**MS**), Gramos (**g**), Datos no significativos (**ns**). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). **EEX±** Error Estándar de la media.

Rendimiento

En la tabla 11 se muestra el rendimiento calculado con el peso fresco obtenido después de haber efectuado la cosecha, luego se realizó el análisis y arrojó como mejor tratamiento al Químico con 71 936,11 kg/ha, además es necesario mencionar que el control obtuvo 44 803,8 kg/ha.

Tabla 11 Rendimiento (kg/ha) en el cultivo de lechuga en la quinta Experimental Docente “La Argelia”

Tratamiento	Rendimiento kg/ha
<i>Chlorella</i>	59 221,03 ab
Biol	52 230,29 b
Té de Estiércol	49 292,79 b
Químico	71 936,11 a
Control	44 803,8 b
EEX±	5456,34

Leyenda: Kilogramos (**kg**), Hectárea (**ha**). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) ($n = 20$). EEX± Error Estándar de la media.

Análisis de Correlación

Se correlacionan las variables evaluadas después de efectuar el trasplante (Anexo 4), por otro lado, en la tabla 12 se destacan las correlaciones con un Pearson ($R^2 > 0,43$) y un nivel de significancia ($p < 0,05$).

Tabla 12 Coeficientes de correlación de Pearson del cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”

Número de hojas	Peso Fresco (g)	R ²	p-valor	Niveles de significancia
23 días	Peso fresco (g)	0,43	0,0542	*
31 días	Peso fresco (g)	0,65	0,0018	**
39 días	Peso fresco (g)	0,76	0,0001	**
Altura				
23 días	Peso fresco (g)	0,50	0,0252	*
31 días	Peso fresco (g)	0,63	0,0030	**
39 días	Peso fresco (g)	0,76	0,0001	**
Diámetro del repollo				
39 días	Peso fresco (g)	0,81	0,0000	**
47 días	Peso fresco (g)	0,71	0,0004	**
55 días	Peso fresco (g)	0,59	0,0065	*
63 días	Peso fresco (g)	0,82	0,0000	**

Leyenda: Coeficiente de Pearson (R^2), datos significativos *, datos altamente significativos **.

En la tabla anterior nos muestra el análisis de correlación entre el peso fresco (g) y las variables de número de hojas, altura y diámetro del repollo en diferentes fechas, en donde nos muestra que presentan relación entre las variables consideradas con un p valor $< 0,05$, los datos que presentaron un p valor $< 0,05$ se le asignó un solo asterisco, por el contrario, a los que obtuvieron

el menor p valor al indicado se le asignó dos asteriscos y se les otorgó alta significancia en donde se consideró 4 decimales, este análisis nos indica que los datos tienen una correlación positiva, mientras más cerca este de 1 la correlación es más fuerte, en el número de hojas a los 39 días el coeficiente de Pearson es más fuerte con relación a los 23 días, en la variable altura de igual manera es mayor a los 39 días, mientras que con relación al diámetro del repollo es mayor a los 63 días.

6.2 Análisis económico

En la tabla 12 se muestra el análisis económico de los tratamientos aplicados en la producción del cultivo de lechuga, se consideró los costos variables y fijos que implicó la elaboración y obtención de los diversos fertilizantes, así como, la implementación del experimento en campo, además, el rendimiento se obtuvo al considerar las plantas que sobrevivieron en todas las parcelas proyectadas para una hectárea, es por eso que todos presentaron igual producción, sin embargo, el precio unitario es diferente para los tratamientos, en donde el Químico y *Chlorella* tuvieron un precio de 0,50 cent., para el té de estiércol y Biol es de 0,45 cent. y para el control fue de 0,40 cent., el tamaño y dureza del repollo influyó de forma contundente al momento de su venta, debido a que el consumidor prefería el repollo con dureza y gran tamaño, para el ingreso bruto se multiplicó el precio con el rendimiento estimado y así poder conseguir el ingreso neto que obtendrá el productor, es por ello, que el tratamiento basado en *Chlorella* obtuvo la mayor rentabilidad con el 108 %, seguido del Químico con 107% lo que beneficia al agricultor en la obtención del cultivo.

Tabla 13 Análisis económico de los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de lechuga en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”

Tratamiento	CV	CF	Rendimiento (Planta/ha)	I B	I N	Rentabilidad %
<i>Chlorella</i>	30 955,6	4 719,70	76800	38400	2 724,03	108
Biol	30 579,5	4 679,15	76800	34560	-698,65	98
Té de estiércol	30 441,1	4 660,70	76800	34560	-541,80	98
Químico	31 152,5	4 745,20	76800	38400	2 502,30	107
Control	30 140	4 582,60	76800	30720	-4 002,60	88,5

Leyenda: Costos variables (CV), Costos fijos (CF), Ingreso bruto (IB), Ingreso neto (IN), hectárea (ha).

7. Discusión

7.1 Crecimiento y rendimiento

Porcentaje de Germinación

En la investigación realizada se obtuvo la germinación total de las plántulas bajo condiciones no controladas sin aplicar ningún tratamiento, ante ello, a los 8 días se obtuvo el 74 % y a los 15 días el 98 % de germinación de las semillas sembradas, resultados que no coinciden con la investigación realizado por Lemos *et al.* (2018) donde hace mención a la germinación de la lechuga en diferentes variedades y temperaturas en cámaras de crecimiento y vivero, en donde obtuvieron a los cuatro días un valor superior al 81 % de germinación.

Días a la emergencia

Los días a la emergencia de la presente investigación se dieron a partir de los 7 días cuando la planta empezó a aparecer como lo menciona Bleiholder y Gonzales. (1996) según la escala BBCH de las verduras que forman cabeza, además se contabilizó los días hasta que se efectuó el trasplante mismo que se dio a los 27 días tras haber obtenido sus hojas verdaderas sin la aplicación de ningún tratamiento, por el contrario, estos resultados no coinciden con los obtenidos por Blanco *et al.* (2018) en donde se efectuó el trasplante a los 20 días después de su siembra, esto se debe a que utilizaron Rizobios para su emergencia en condiciones controladas.

Longitud de la raíz

Con respecto a la longitud de la raíz, la hipótesis planteada no se cumple. De acuerdo con los resultados obtenidos en el T4 se consiguió 16,01 cm tras haber aplicado el fertilizante químico, sin embargo, los resultados obtenidos por Phibunwatthanawong (2019) se evidencia que obtuvo 18 cm valor mayor, aunque no significativo, después de haber aplicado fertilizante químico líquido, este resultado se debe a la mayor asimilación que tiene la planta a la fertilización foliar. También es necesario mencionar que en el T1 se obtuvo 15,63 cm tras la aplicación de *Chlorella* spp., valor inferior que no coincide al obtenido por Ergun *et al.* (2018) en su investigación, donde nos manifiesta que *Chlorella* en el cultivo hidropónico bajo condiciones controladas arroja un resultado de 17,90 cm.

Número de hojas

Acerca del número de hojas en esta investigación realizada con relación al T4 se obtuvo 12 hojas en condiciones no controladas al aire libre en las siguientes coordenadas 4° 03'02''S y

79°19'89''O con una altitud de 2 134 m s.n.m. y presenta una temperatura promedio de 18 °C y una precipitación anual de 1 058 mm, sin embargo, en el artículo citado por Rejane *et al.*, (2019) manifiesta que obtuvo 16 hojas, esto se debe a las características geoclimáticas, en donde posee una altitud de 764 m s.n.m., coordenadas de 19°45'36'' S y 47°55'36'' O, su clima es tropical lluvioso, con una temperatura media de 22.6 °C y una precipitación anual de 1 600 mm, lo que favorece el desarrollo del cultivo. Con relación al T1 se obtuvo 12 hojas tras la aplicación de *Chlorella* spp., en campo bajo condiciones no controladas, por el contrario, Ergun *et al.*, (2018) nos manifiesta que aplicó *Chlorella* en cultivo hidropónico de lechuga bajo invernadero de vidrio, en donde obtuvieron 18 hojas, dato que no coincide con el resultado obtenido en la presente investigación.

Altura de la planta

Con respecto a la altura de la planta en la investigación en el T4 se obtuvo 15,91 cm tras la aplicación del fertilizante químico, en condiciones no controladas al aire libre, presenta una temperatura promedio de 18 °C y una precipitación anual de 1 058 mm, sin embargo, Rejane *et al.*, (2019) en su investigación obtiene menor resultado con 13,90 cm esto se debe a las características geoclimáticas, lugar que posee una altitud de 764 m s.n.m., sus coordenadas son de 19°45'36'' S y 47°55'36'' O, su clima es tropical lluvioso, con una temperatura media de 22.6 °C y una precipitación anual de 1 600 mm, además de la variedad utilizada. A lo que refiere el T1 se obtuvo como resultado 14,35 cm, dato no diferente al obtenido por La bella *et al.*, (2021) en su investigación, tras la aplicación de pulverización foliar de *Chlorella* donde obtuvo 14,67 cm, en condiciones de invernadero.

Diámetro del repollo

Acerca del diámetro del repollo en la investigación con relación al T4 se obtuvo un valor de 49,30 cm, tras haber aplicado NPK de tres productos comerciales de forma edáfica en la lechuga variedad Freda, por el contrario, este dato no coincide con el resultado obtenido por Tavares *et al.*, (2019), en donde se evidencia un valor menor con 23,50 cm tras la aplicación de NPK (25-05-15) en diferentes dosis en un huerto urbano familiar, en un clima semi-tropical húmedo a una altitud de 287 m. Además, en el T1 se obtuvo 39,43 cm en el campo, tras haber realizado tres aplicaciones del Biofertilizante al 2×10^6 cl/mL durante todo el desarrollo del cultivo, dato que no coincide con el obtenido en la investigación realizada por Hata *et al.*, (2020) en donde realizó cinco aplicaciones al día del biofertilizante al 7,5 % en el cultivo hidropónico de lechuga variedad Iceberg y obtuvo 20,69 cm.

Índice de Área Foliar

Con relación al índice de área foliar en el presente estudio dio como resultado que el T4 obtuvo 2,14 y el T1 obtuvo 1,72 bajo condiciones no controladas y al aire libre en donde se utilizó la variedad “Fedra”, sin embargo, en la investigación realizada por Zandvakili *et al.*, (2019) utilizó macetas en un invernadero con cuatro fenotipos de Iceberg donde aplicó fertilizante orgánico y N comercial, obtuvo 1,16 y 2,48 según corresponde, además de mencionar que el fertilizante orgánico aumento el crecimiento, pero no tuvo significancia en el índice de área foliar.

Días a la cosecha

Con respecto a los días a la cosecha en la investigación se realizó la recolección del producto a los 91 días tras la aplicación del fertilizante químico, dato comparado con la investigación realizada por Rejane *et al.* (2019) en donde se efectuó la cosecha a los 67 días, dato que varía del obtenido, esto se debe a la variedad que se utilizó, además de las diferentes dosis de fertilización que aplicaron y las condiciones a las que fue sometido el cultivo. Así mismo en el T1 se realizó a los 95 días desde su siembra, por el contrario, en la investigación realizada por Vetrano *et al.*, (2020) utilizaron fertirriego, además de un inculo bacteriano en condiciones de campo y obtuvieron la cosecha a los 89 días.

Materia seca

Con relación a la materia seca en el T4 de la investigación se obtuvo el 14,92 % MS, 936,67 g Pf y 189,52 g Ps, por el contrario, en el artículo citado por Carini *et al.*, (2020) en su investigación obtuvieron 16,70 % de la materia seca, 929,8712 g Pf y 276,16 g Ps, los valores varían con relación al experimento realizado, esto se debe a la variedad utilizada y las condiciones geográficas que son 29° 42' S, 53°49'W y 95 m de altitud de clima subtropical húmedo, además de condiciones favorables para el desarrollo del cultivo. Así mismo, en el T1 tras la aplicación de *Chlorella* spp. se obtuvo 14,19 %, 771,11 g Pf y 189,52 g Ps, por el contrario, en la investigación realizada por Vetrano *et al.*, (2020) en donde utilizaron cuatro tasas de fertirrigación (0, 1, 2, 4 g L⁻¹) y un inculo bacteriano con la dosis de 1,3 x 10⁸, los datos mayores los obtuvo el de 4 g L⁻¹ con relación a la materia seca obtuvieron 11,8 %, para el peso fresco fue de 37 g planta⁻¹ y el peso seco con 3,7 mg planta⁻¹, estos valores fueron reflejados mediante la ecuación polinomial de segundo orden (R²=0,9269).

Rendimiento

Con relación al rendimiento en la investigación en el T4 se obtuvo 71 936,11 Kg/ha tras la aplicación del fertilizante químico en condiciones climáticas no controladas al aire libre, sin embargo, en la investigación realizada por Tavares *et al.* (2019) tras haber utilizado una variedad diferente y las condiciones no controladas en un huerto urbano obtuvieron 145 000 Kg/ha. Así mismo, en el T1 tras aplicar el biofertilizante de *Chlorella* spp. se obtuvo 59 221,03 Kg/ha, dato mayor al que obtuvo Hoa *et al.*, (2022) en su investigación al aplicar fertilizante extraído de la microalga y el agua de jacinto implementado en macetas en invernadero y obtuvieron un rendimiento de 11 400 Kg/ha.

Correlaciones

Con respecto a las correlaciones obtenidas en las variables con relación al peso fresco, las mismas presentaron una correlación positiva en todas las fechas evaluadas, en el número de hojas el mayor coeficiente presentó 0,76, en la altura de igual manera fue de 0,76 y en el diámetro del repollo fue de 0,82, además es necesario mencionar que mientras más avanzaba los días evaluados el coeficiente se acercaba a uno, lo que nos indica que presentan relación entre sí, estos datos no varían mucho de los obtenidos por Vetrano *et al.*, (2020) en su investigación, en donde realizó un análisis de componentes principales para obtener las correlaciones entre las variables en donde obtuvo para la altura un coeficiente de 0,99 y para el número de hojas fue de 0,97 y el diámetro del repollo no analizaron porque utilizaron la lechuga Meraviglia de invierno.

7.2 Análisis económico

Rentabilidad

Al analizar la rentabilidad de los fertilizantes aplicados se consideró la dureza y firmeza del repollo para su venta por lo llamativo a la vista del consumidor, el tamaño no influyó en la decisión de adquirir el producto, esto es afirmado por Lipton y Ryder (2021) en donde hace mención la importancia del repollo en cuanto a su dureza y firmeza para su comercialización. Además, se encontró un efecto positivo al aplicar el T1 (*Chlorella* spp.) porque se obtuvo una rentabilidad del 108 %, mientras que el T4 (Químico) pese a haber obtenido un mayor rendimiento los elevados costos de producción bajaron su rentabilidad a un 107 %, aunque no es una gran diferencia en comparación con el otro tratamiento aplicado, Salazar. (2018) menciona que al realizar los costos de producción el aplicar fertilizantes sintéticos ocupa el 20

a 30 % de los costos, sin embargo, *Chlorella* spp. tan solo el 6 % lo que genera un beneficio/costo positivo para el productor, además de evitar la contaminación del medio ambiente y el suelo, los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los de Alvarado. (2021) en su investigación en donde obtiene un mayor rendimiento y una baja rentabilidad al aplicar el fertilizante químico, por el contrario, con *Chlorella* spp. consigue un beneficio neto de 637.54 USD pese a haber obtenido un rendimiento menor al tratamiento químico, además. Ávalos y Villalobos. (2018) menciona que en un análisis económico se puede considerar convenientes efectos para lograr maximizar los beneficios posibles que obtenga el productor, en este caso *Chlorella* spp. es una buena opción económica para la producción de lechuga, además, Swain *et al.* (2021) manifiesta que en su investigación el mayor beneficio lo brinda el biofertilizante a base de microalgas al momento de fertilizar.

8. Conclusiones

La aplicación del T4 (fertilizante químico) favoreció a los resultados obtenidos en las diferentes variables evaluadas que fueron: número de hojas, tamaño de la raíz, altura, diámetro del repollo, área foliar, materia seca y rendimiento agrícola (kg/ha), sin embargo, el T1 (*Chlorella* spp.), influyó positivamente en el desarrollo del cultivo al obtener resultados no tan diferentes de los conseguidos por el T4, además de ser superiores con relación a los demás tratamientos orgánicos aplicados en condiciones no controladas al aire libre.

Al producir lechuga de forma tradicional eleva los precios en los costos de producción con relación a la fertilización y los controles diversos que se debe realizar al cultivo, ante ello, al aplicar el biofertilizante a base de *Chlorella* spp., se obtuvo una rentabilidad del 108 %, dato que no presenta gran diferencia con relación al T4 al obtener 107 %, sin embargo, el cuidado del suelo es importante para su posterior utilidad, además de brindar beneficios para la salud del consumidor, así como proteger al medio ambiente de la constante contaminación.

9. Recomendaciones

Continuar con las investigaciones de la microalga para obtener un mejor rendimiento del producto hortícola de interés agrícola, además de crear una asociación con microorganismos benéficos que promuevan el crecimiento y diferentes productos orgánicos con un enfoque económico y amigable con el medio ambiente, además de efectuar la presente investigación en condiciones diferentes.

Considerar todas las aplicaciones realizadas e implementos, de ser necesario hasta el sistema de riego incluido la mano de obra y su costo durante toda la producción, ante ello, lograr beneficiar al productor y así reducir los costos de producción y conservar todas las propiedades fisicoquímicas y aprovechar los minerales existentes en el mismo y a su vez la salud del consumidor.

10. Bibliografía

- Alvarado, F. (2021). Efecto de la aplicación de *Chlorella* spp. y un consorcio de Rizobacterias en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola de *Brassica oleracea* var. itálica (Tesis de grado de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Loja).
- Ávalos, J., & Villalobos, A. (2018) Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos parciales 1 Análisis económico: un estudio de caso de *Jatropha curcas* L. utilizando los presupuestos parciales metodología.
- Bastidas, O. (24 de marzo de 2020). Blog agricultura. *Requerimientos climáticos de la lechuga*.
- Blanco, E., Castro, Y., Olivo, A., Skwierinski, R., & Barrios, F. (2018). Germinación y crecimiento de plántulas de pimentón y lechuga inoculadas con rizobios e identificación molecular de las cepas. *Bioagro*, 30(3), 207-218.
- Bleiholder, H., & Gonzales Medina, E. (1996). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono-[ie monocotiledóneas] y dicotiledóneas cultivadas: escala BBCH extendida.
- Bumandalai, O., & Tserennadmid, R. (06 de abril de 2019). PDF. Efecto de *Chlorella vulgaris* como biofertilizante en la germinación de tomate y pepino.
- Cando, S., y Malca, L. (2017). Influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L) cultivada en sistemas hidropónicos. *Manglar*, 12(2), 31-38.
- Cardona, J., y Lopera, A. (2018). Revisión bibliográfica del cultivo de lechuga.
- Carini, F., Cargnelutti, A., Pezzini, V, Souza, D, Chaves, G y Procedi, A. (2020). Modelos no lineales para describir el crecimiento de lechuga en otoño-invierno. *Ciencia Rural*, 50.
- Caroca, N. (agosto de 2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.).
- Carrasco, G., & Sandoval, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. España: Mundi-Prensa.
- Chávez, C., Silva, C., Huamán, E., & Oliva, M. (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.

- Chimborazo, C. (2022). Análisis del manejo postcosecha en lechuga (*lactuca sativa*) y col (*brassica oleracea*) comercializados en los centros de distribución del Cantón Cañar (Tesis de Licenciatura, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).
- Choix, F. (enero de 2014). Tesis para la obtención de Doctor en Ciencias. Evaluación de la acumulación de Carbohidratos en la microalga *Chlorella* spp. Asociada con la bacteria *Azospirillum brasilense*.
- Córdova, A. (2014). Biofabrica. Fertilizantes químicos usos y consecuencias en la agricultura y a la salud.
- Cruz, J. Águila, J. C., Rojano, R., Morales, J., y Bonilla, C. (2017). Dirigidos de fermentación de estiércol: consideraciones para su recomendación en agricultura de traspatio. *Agroproductividad*, 10(7), 3-9.
- Earth,, O. *Chlorella* (2015). El descubrimiento nutricional más emocionante del planeta tierra.
- Ergun, O., Dasgan, H. e Isık, O. (2018, agosto). Efectos de la microalga *Chlorella vulgaris* en lechuga cultivada hidropónicamente. En XXX Congreso Internacional de Horticultura IHC2018: II Simposio Internacional de Cultivo Sin Suelo y VIII Internacional 1273 (pp. 169-176).
- Fonseca, L. (2015). PDF. Manual de lechuga. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá.
- Furci, G. (2013). Guía de campo: hongos de Chile (Vol. 1). INIAP Archivo Histórico.
- Galindo, J., y Español, J. (2016). PDF. Cosecha y postcosecha de la lechuga, el brócoli y la coliflor.
- Gonzalo, P., Orellana, G., Simbaña, A., Tello, G., Borges, J., & Rodríguez, D. (2020). Propuesta de un protocolo para la obtención de fertilizante orgánico a partir de microalgas. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 1(14), 92-109.
- Guamán, M., y González, N. (2016). Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador. Biodiversidad de los principales géneros de microalgas y cianobacterias encontradas en sistemas lacustres de áreas protegidas de los Andes y Amazonia del Ecuador.
- Hata, F, Spagnuolob, F, de Paulaa, M, Moreiraa, A, Venturaa, M, de Freitas, G y de Oliveiraa, ALM (2020). El compost y el biofertilizante Bokashi aumentan las variables agronómicas de la lechuga en cultivo protegido e indican cambios microbiológicos en el sustrato. *Diario de los Emiratos de Alimentación y Agricultura*, 640-646.

- Hoa, T., Duc, T., Thuc, D., Tuyet, A., Co, N. y Rehman, H. (2022). Eficiencia del fertilizante biofoliar extraído de algas marinas y jacinto de agua en lechuga (*Lactuca sativa*) vegetal en Vietnam Central. *Pak J Agric Sci*, 59, 1-7.
- Imbaquingo, V. (2013). Análisis Productivo Y Económico Del Cultivo De Lechuga (*Lactuca Sativa*) Mediante La Aplicación De Tres Niveles De Compost, En La Parroquia San Pablo, Provincia Imbabura Tesis de Titulación. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- La Bella, E., Baglieri, A., Rovetto, E., Stevanato, P., & Puglisi, I. (2021). Aplicación por aspersion foliar de extracto de *Chlorella vulgaris*: Efecto sobre el crecimiento de plántulas de lechuga. *Agronomía*, 11(2), 308.
- Lemos, H., Almeida, M., Nascimento, B., Santos, C., & Medeiros, S. (2018). Germinación y emergencia de lechuga a temperaturas elevadas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 677-684.
- Lipton, J y Ryder, E (2021). Lechuga. En *Calidad y Conservación de Hortalizas* (pp. 217-244). Prensa CRC.
- López, M., Figueroa, U., Fortis, M., Núñez, G., Ochoa, E., y Sánchez, J. (2015). Evaluación de dosis equivalentes de fertilizantes y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Phyton* (Buenos Aires), 84(1), 8-13.
- Méndez, M., Peña, E., Hechemendía, A., Yero, B., & Hernández, A. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. *Ojeando la Agenda*, (48), 6.
- Narváez, W., Benavides, A., Vázquez, M., y Cabrera-de la Fuente, M. (2014). Efecto de la aplicación de lodos crudos de la industria textil en la productividad y en la composición química de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4),379-391.
- Ojeda, O. Guerrero, B. (2020). *Compilación de Técnicas para el análisis bromatológico*. Universidad Nacional de Loja
- Ortiz, J., & Eraso, H. (2021). Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación. *Suelos Ecuatoriales*, 51(1), 37-44.
- Ortiz, M., Sandoval, K., & Solarte, L. (2019). *Chlorella*, un potencial biofertilizante. *Orinoquia*, 23(2), 71-78

- Pérez, R. (2021). Comparación de producción de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo sistema aeropónico vertical automatizado en cantón Daule-Guayas (Doctoral Dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Pérez, Y., López, I., y Reyes, Y. (01 de junio de 2020). S-CIELO. Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos.
- Phibunwatthanawong, T. y Riddech, N. (2019). Producción de abono orgánico líquido para el cultivo de hortalizas en condiciones hidropónicas. *Revista Internacional de Reciclaje de Residuos Orgánicos en la Agricultura*, 8(4), 369-380.
- Rejane, R., Rodrigues, J., Orioli, V., De Oliveira Charlo, H, & Da Silva, D. (2019). Análisis de crecimiento de lechugas de hoja verde bajo diferentes fuentes y dosis de fertilización orgánica y mineral. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(2), 237-247
- Ríos, M. (24 de octubre de 2017). *Lechuga Descripción y Propiedades Medicinales*.
- Rivas, Navarro, Huovinen, y Gómez. (31 de marzo de 2016). *Revista Chile de Historia Natural*. doi:<https://doi.org/10.1186/s40693-016-0050-1>
- Rodríguez, J. (26 de marzo de 2017). HORTO-INFO. Diario Digital de Actualidad Hortofrutícola.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2011). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (G. Saavedra, Ed.). *Manual de producción de lechuga*
- Salazar, P. (2018). Percepción del riesgo del uso de agroquímicos en los principales cultivos de hortalizas en la Campaña de Socabaya 2015.
- Swain, P, Biswal, T. y Panda, R, (2021). Rol de las Microalgas como Biofertilizante para un Medio Ambiente Sostenible. En *Avances actuales en ingeniería mecánica* (págs. 371-382). Springer, Singapur.
- Tavares, A, Vaz, J, Haesbaert, F, Reyes, I, Rosa, P, Ferreira, T, & Nascimento, I, (2019). Fertilización NPK como promotor de crecimiento en lechuga. *Ciencias Agroambientales*, 5.
- Tošić, I., Golić, Z. y Radosavac, A. (2016). Efectos de la aplicación de biofertilizantes sobre la microflora y rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Acta Agriculturae Serbica*, 21(42), 91-98.
- Valverde L., y Morocho J. 2014. Determinación del rango óptimo del potencial matricial del suelo en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) bajo riego por goteo en la Estación Experimental la Argelia,

Tesis de grado. Loja, Ecuador: Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja

Velázquez, E. (2021). Monitoreo, automatización y control remoto de cultivos de lechuga en sistemas hidropónicos NFT: Una revisión (Doctoral dissertation).

Vetrano, F., Miceli, C., Angileri, V., Frangipane, B., Moncada, A., & Miceli, A. (2020). Efecto del inóculo bacteriano y el manejo de la fertirrigación en la producción de plantas de lechuga en vivero. *Agronomía*, 10 (10), 1477.

Zea, P., Pierre, L., Lucero, G., Larriva, W., & Martínez, E. (2020). Desarrollo y rendimiento de calabacín y lechuga cultivados sobre acolchados vivos en Cuenca, Ecuador. *Siembra*, 7(1), 43-49.

Zandvakili, O, Barker, A, Hashemi, M., Etemadi, F. y Autio, W., (2019). Comparaciones de soluciones de fertilizantes orgánicos y químicos comerciales sobre el crecimiento y la composición de la lechuga. *Revista de nutrición vegetal*, 42 (9), 990-1000.

Zolezzi, M. (2018). Manual de campo. Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla.

11. Anexos

Anexo 1 Corrección para la Fertilización

Requerimientos de fertilización de la papa			
Elemento	Kg/ha	Lbs/ha	Lbs/ha
N	203	449	377
P ₂ O ₅	33	72	60
K ₂ O	370	813	670
Ca	176	388	322
Mg	81	177	147
B	0,52	1,15	0,95

2. Fuentes (Completo)			
NPK (10 - 30 - 10)			
Urea (46%)			
CLK (60%)			

Calculo de fertilización para 1 ha= 10 000 m ²					
3. Calculos					
100 kg	10	30	10	→	30 kg P
X				←	100 kg P
					X 333,3 kg 10 - 30 - 10
100 kg	10	30	10	→	10 kg N
333,3 Kg	10	30	10	→	X 33,333 kg 10 - 30 - 10
203 kg	Requerimiento de N	-	33,3 kg	→	169,7 Kg de N FALTA
100 kg	Urea	→	46 kg N		Completo
X		←	169,7 kg N	X	368,8 kg Urea
					Faltantes
370 kg	Requerimiento de K	-	33,3 kg	→	336,7 kg de K FALTA
100 kg	CLK	→	60 kg K		Completo
X		←	336,7 kg K	X	561,1 Kg CLK
					Faltantes

Calculo de fertilización para Area de tesis= 96,0 m ²					
4. Calculo de Fosforo (P) para 96,0 m ²					
333,3 kg	→	10000 m ²			
X	←	25 m ²	X	0,833 kg 10 - 30 - 10	
				1,837 Lb 10 - 30 - 10	
5. Calculo de Nitrogeno (N) para 96,0 m ²					
368,8 kg	→	10000 m ²			
X	←	25 m ²	X	0,9 kg Urea	
				2,033 Lb Urea	
6. Calculo de Potasio (K) para 96,0 m ²					
561,1 kg	→	10000			
X	←	25	X	1,4 kg CLK	
				3,09 Lb CLK	

1 kg	→	2,20462 Lb
------	---	------------

Anexo 2 Análisis Químico

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

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E21-1514
 Fecha emisión informe: 21/10/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Gabriela Jiménez Jiménez y Gabriela Pineda Suquilanda
Dirección¹: México y Brasil
Provincia¹: Loja **Cantón¹:** Loja
Teléfono¹: 0959759125
Correo Electrónico¹: gabymjj20@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 11-2021-303
N° Factura/Documento: 012-001-1055

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Quinoa		
Provincia¹: Loja	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Loja		Y: ----
Parroquia¹: San Sebastián		Altitud: ----
Muestreado por¹: ----		
Fecha de muestreo¹: 01-10-2021	Fecha de inicio de análisis: 07-10-2021	
Fecha de recepción de la muestra: 07-10-2021	Fecha de finalización de análisis: 21-10-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-1585	Quinoa 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,96
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,77
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,09
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	16,3
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,10
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3,81
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,28
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	205,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,17
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,68
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60
		CIC*	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	11,54

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

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

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

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

Observaciones:

- (**) Bases de cambio.
- Informe revisado por: Pablo Atapuma
- 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)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	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: INIAP, 2002



FABLO XAVIER
ATAPUMA ACUNA

Ing. Pablo Atapuma
Responsable de Laboratorio (E)
Suelos, Foliars y Aguas

Anexo 3 Análisis del contenido nutricional del Té de estiércol



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Guano - www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador Telefax: (07) 2171161



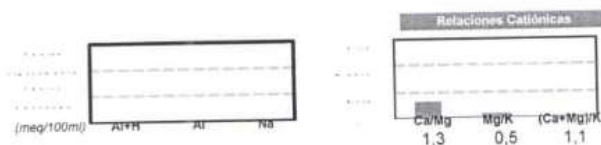
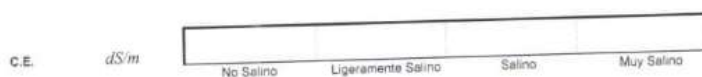
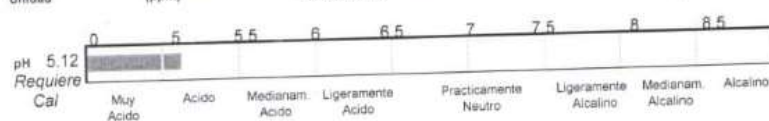
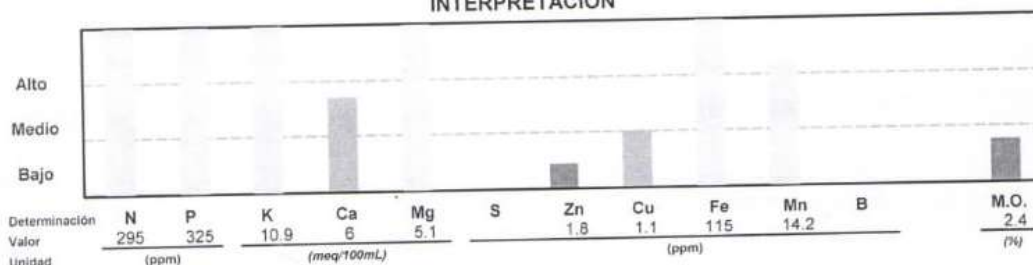
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre : YAJAIRA LOPEZ	Teléfono : N/E
Dirección :	e-mail : N/E
Ciudad : Loja	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	Parroquia : Loja
Provincia : Loja	Ubicación : SUCRE (PUNZARA)
Cantón : Loja	Latitud : Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio : 7169	Responsable Muestreo : Cliente	Factura No. : 0	
Identificación : PURIN (T3)	Fecha Muestreo : 13/01/2022	Fecha Análisis : 24/01/2022	
Cultivo Actual : N/E	Fecha Ingreso : 17/01/2022	Fecha Emisión : 28/01/2022	

INTERPRETACION



% Base:
22,96 meq/100mL

% Materia Seca:
% Humedad:

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción Atómica	Modificado pH 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn	Turbidimetría	Fosfato de Ca
S	Colorimetría	Monobásico
B	Volumetría	Pasta Saturada
Cl	Colorimetría	No aplica
M.O.	Via Humada	

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciometría	Suelo Agua (1:2.5)
CE	Conductimetría	Pasta Saturada
Textura	Boyucos	No Aplica
Al	Volumetría	K, Cl, 1 N
Al + H	Absorción	Pasta Saturada
Na	Absorción	Olsen Modificado pH 8.5
E Base	Atómica	

Niveles de Referencia Optimos					
N	20 - 40	S	10 - 20	B	0.5 - 1.0
P	10 - 20	Zn	4 - 8	Cl	0 - 0
K	0.2 - 0.4	Cu	1 - 10	M.O.	3 - 5
Ca	4 - 8	Fe	20 - 40	Al+H	0.5 - 1.5
Mg	1 - 3	Mn	5 - 10	Al	0.3 - 1.0

Responsable laboratorio


 GRANJA EXPERIMENTAL CHUQUIPATZ
 Laboratorio de SUELOS y Aguas
 Laboratorista

N/E: No Entrega
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden unicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/01/2022

Anexo 4 Tabla de Correlación lineal entre las variables número de hojas, altura y diámetro del repollo con relación al peso fresco (g)

NÚMERO DE HOJAS

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	15 días	23 días	31 días	39 días	Peso fresco (g)
15 días	1,000000000	0,083643666	0,240813255	0,190636265	0,299382592
23 días	0,396318133	1,000000000	0,000379228	0,001438087	0,054191924
31 días	0,274889975	0,716515529	1,000000000	0,000000021	0,001798059
39 días	0,305245551	0,663118644	0,912240804	1,000000000	0,000090700
Peso fresco (g)	0,244238071	0,436727012	0,653027888	0,763180006	1,000000000

ALTURA

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Peso fresco (g)	15 días	23 días	31 días	39 días
Peso fresco (g)	1,0000	0,8496	0,0252	0,0030	0,0001
15 días	0,0453	1,0000	0,0352	0,1781	0,3302
23 días	0,4986	0,4729	1,0000	0,0001	0,0007
31 días	0,6287	0,3136	0,7755	1,0000	1,5E-07
39 días	0,7573	0,2296	0,6940	0,8900	1,0000

DIÁMETRO

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Peso fresco (g)	39 Dias	47 Dias	55 Dias	63 Dias
Peso fresco (g)	1,00000	0,00002	0,00041	0,00657	0,00001
39 Dias	0,80573	1,00000	0,02930	0,03780	0,00027
47 Dias	0,71376	0,48733	1,00000	0,00327	0,00112
55 Dias	0,58647	0,46721	0,62413	1,00000	0,00003
63 Dias	0,81547	0,72809	0,67412	0,79442	1,00000

Anexo 5 Costos De producción del fertilizante químico en el cultivo de lechuga proyectado para una hectárea

Costo de producción por Hectárea

Ciudad	Loja
Cultivo	Lechuga
Variedad	Freda
Densidad de siembra	0,30 * 0,40
Periodo vegetativo	3 meses

I. COSTOS VARIABLES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1. Mano de obra				1965
Análisis de suelo		1	20	20
Mano de obra para recolectar muestra		1	15	15
Mano de obra para semilleros	Jornal	10	15	150
Mano de obra para cuidar semilleros	Jornal	2	15	30
Mano de obra para los surcos	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para trasplante	Jornal	20	17,5	350
Mano de obra para limpieza y aporque	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para la desinfección del suelo	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para aplicación fitosanitaria	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para fertilización	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para cosecha/acarreo	Jornal	30	17,5	525
2. Insumos				2147,5
semilla				576
Semilla (Fedra)	Kg	8	72	576
Sustrato				575
Turba con perlita	Quintal	3	75	225
Compost de residuos orgánicos	Quintal	7	50	350
Fertilizantes				720
10-30-10 Agripac	Quintal	4	55	220
Urea	Quintal	4	50	200
CLK (Cloruro de Potasio)	Quintal	6	50	300
Controles fitosanitarios				276,5
Control de plantas arvenses	Botellas	2	16,5	33
Cal agrícola	Quintal	30	6	180
Fijador (Agropega)	Botellas	2	7	14
Control de plagas (BALA 45) cipermetrina	Botellas	3	16,5	49,5
3. Maquinaria y equipos				1390
Arada de disco	Hora	2	20	40
Arada de rastra	Hora	2	20	40
Semilleros	Unidad	250	3,5	875
Balanza	Unidad	1	30	30
Azadón	Unidad	15	7	105
Bombas	Unidad	10	30	300

4. Cosecha/postcosecha				25650
Gavetas	Unidad	5120	5	25600
Transporte	Carrera	5	10	50
I. Total Costos Variables				31152,5
II. COSTOS FIJOS				
Administración Asistencia técnica (10%)				3115,25
Costos imprevistos (10% anual por 3 meses)				1038,417
Depreciación anual				291,54
Renta de tierra	Ha	1	900	300
II. Total de Costos Fijos				4745,20
Costo total de Producción				35897,70

Rendimiento				76800
Precio unitario				0,5
Ingreso bruto				38400
Utilidad neta total				2502,30
Relación Beneficio/Costo (B/C)				1,07
Rentabilidad %				107
Costo de producción por caja				2,14

Anexo 6 Depreciación de los materiales utilizados

Concepto	Costo total	% Depreciación	Año de vida útil	Costo fijo anual
Semilleros	875	87,5	4	196,88
Tractor	80	8	7	10,29
Bombas	300	30	5	54,00
Balanza	30	3	2	13,50
Azadón	75	7,5	4	16,88
Total, depreciación anual			291,54	
Número del mes del año			12	
Total, depreciación mensual			24,29	
Ciclo de producción (mes)			3	
Costo total fijo del ciclo de producción			72,88	

Anexo 7 Costos De producción del biofertilizante (*Chlorella* spp.) en el cultivo de lechuga para una hectárea

Costo de producción por Hectárea

Ciudad	Loja
Cultivo	Lechuga
Variedad	Freda
Densidad de siembra	0,30 * 0,40
Periodo vegetativo	3 meses

I. COSTOS VARIABLES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1. Mano de obra				2140
Análisis de suelo		1	20	20
Mano de obra para recolectar muestra		1	15	15
Mano de obra para semilleros	Jornal	10	15	150
Mano de obra para cuidar semilleros	Jornal	2	15	30
Mano de obra para los surcos	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para trasplante	Jornal	20	17,5	350
Mano de obra para limpieza y aporque	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para la desinfección del suelo	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para aplicación fitosanitaria	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para fertilización	Jornal	25	17,5	437,5
Mano de obra para cosecha/acarreo	Jornal	30	17,5	525
2. Insumos				1773,1
Semilla				576
Semilla (Fedra)	Kg	8	72	576
Sustrato				575
Turba con perlita	Quintal	3	75	225
Compost de residuos orgánicos	Quintal	7	50	350
Fertilizantes				345,6
<i>Chlorella</i> spp	288	Litros	1,2	345,6
Controles fitosanitarios				276,5
Control de plantas arvenses	Botella	2	16,5	33
Cal agrícola	Quintal	30	6	180
Fijador (Agropega)	Botella	2	7	14
Control de plagas (BALA 45) cipermetrina	Botella	3	16,5	49,5
3. Maquinaria y equipos				1392,5
Arada de disco	Hora	2	20	40
Arada de rastra	Hora	2	20	40
Semilleros	Unidad	250	3,5	875
Balanza	Unidad	1	30	30
Jarra	Unidad	1	2,5	2,5
Azadón	Unidad	15	7	105

Bombas	Unidad	10	30	300
4. Cosecha/postcosecha				25650
Gavetas	Unidad	5120	5	25600
Transporte	Carrera	5	10	50
I. Total Costos Variables				30955,6
II. COSTOS FIJOS				
Administración Asistencia técnica (10%)				3095,56
Costos imprevistos (10% anual por 3 meses)				1031,85333
Depreciación anual				292,29
Renta de tierra	Ha	1	900	300
II. Total de Costos Fijos				4719,70
Costo total de Producción				35675,30

Rendimiento				76800
Precio unitario				0,5
Ingreso bruto				38400
Utilidad neta total				2724,70
Relación Beneficio/Costo (B/C)				1,08
Rentabilidad %				108
Costo de producción por caja				2,15

Anexo 8 Depreciación de los materiales utilizados

Concepto	Costo total	% Depreciación	Año de vida útil	Costo fijo anual
Semilleros	875	87,5	4	196,88
Tractor	80	8	7	10,29
Bombas	300	30	5	54,00
Jarra	2,5	0,25	3	0,75
Balanza	30	3	2	13,50
Azadón	75	7,5	4	16,88
Total, depreciación anual				292,29
Número del mes del año				12
Total, depreciación mensual				24,36
Ciclo de producción (mes)				3
Costo total fijo del ciclo de producción				73,07

Anexo 9 Costos De producción del Biol en el cultivo de lechuga para una hectárea

Costo de producción por Hectárea

Ciudad	Loja
Cultivo	Lechuga
Variedad	Freda
Densidad de siembra	0,30 * 0,40
Periodo vegetativo	3 meses

I. COSTOS VARIABLES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1. Mano de obra				1877,5
Análisis de suelo		1	20	20
Mano de obra para recolectar muestra		1	15	15
Mano de obra para semilleros	Jornal	10	15	150
Mano de obra para cuidar semilleros	Jornal	2	15	30
Mano de obra para los surcos	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para trasplante	Jornal	20	17,5	350
Mano de obra para limpieza y aporque	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para la desinfección del suelo	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para aplicación fitosanitaria	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para fertilización	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para cosecha/acarreo	Jornal	30	17,5	525
2. Insumos				1650,5
Semilla				576
Semilla (Fedra)	kg	8	72	576
Sustrato				575
Turba con perlita	Quintal	3	75	225
Compost de residuos orgánicos	Quintal	7	50	350
Fertilizantes				223
Elaboración				
Recipiente (200 lt)	Tanque	1	40	40
Bórax	Quintal	1	45	45
Melaza	litros	8	2,5	20
Sulfato de Magnesio	Quintal	1	40	40
sulfato de hierro	Quintal	1	38	38
Sulfato de zinc	Quintal	1	40	40
Controles fitosanitarios				276,5
Control de plantas arvenses	Tarro	2	16,5	33
Cal agrícola	Quintal	30	6	180
Fijador (Agropega)	Tarro	2	7	14
Control de plagas (BALA 45) cipermetrina	Tarro	3	16,5	49,5
3. Maquinaria y equipos				1401,5

Arada de disco	Hora	2	20	40
Arada de rastra	Hora	2	20	40
Semilleros	Unidad	250	3,5	875
Balanza	Unidad	1	30	30
Balde	Unidad	1	8	8
Jarra	Unidad	1	2,5	2,5
Manguera de jardín	rollo	1	1	1
Azadón	Unidad	15	7	105
Bombas	Unidad	10	30	300
4. Cosecha/postcosecha				25650
Gavetas	Unidad	5120	5	25600
Transporte	carrera	5	10	50
I. Total Costos Variables				30579,5
II. COSTOS FIJOS				
Administración Asistencia técnica (10%)				3057,95
Costos imprevistos (10% anual por 3 meses)				1019,3
Depreciación anual				301,89
Renta de tierra	ha	1	900	300
II. Total de Costos Fijos				4679,15
Costo total de Producción				35258,65

Rendimiento				76800
Precio unitario				0,45
Ingreso bruto				34560
Utilidad neta total				-698,65
Relación Beneficio/Costo (B/C)				0,98
Rentabilidad %				98
Costo de producción por caja				2,18

Anexo 10 Depreciación de los materiales utilizados

Concepto	Costo total	% Depreciación	Año de vida útil	Costo fijo anual
Semilleros	875	87,5	4	196,88
Tractor	80	8	7	10,29
Bombas	300	30	5	54,00
Balde	8	0,8	3	2,40
Jarra	2,5	0,25	3	0,75
Tanque	40	4	5	7,20
Balanza	30	3	2	13,50
Azadón	75	7,5	4	16,88
Total, depreciación anual			301,89	
Número del mes del año			12	
Total, depreciación mensual			25,16	
Ciclo de producción (mes)			3	
Costo total fijo del ciclo de producción			75,47	

Anexo 11 Costos De producción para la aplicación del Té de estiércol en el cultivo de lechuga para una hectárea

Costo de producción por Hectárea

Ciudad	Loja
Cultivo	Lechuga
Variedad	Freda
Densidad de siembra	0,30 * 0,40
Periodo vegetativo	3 meses

I. COSTOS VARIABLES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1. Mano de obra				1877,5
Análisis de suelo		1	20	20
Mano de obra para recolectar muestra		1	15	15
Mano de obra para semilleros	Jornal	10	15	150
Mano de obra para cuidar semilleros	Jornal	2	15	30
Mano de obra para los surcos	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para trasplante	Jornal	20	17,5	350
Mano de obra para limpieza y aporque	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para la desinfección del suelo	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para aplicación fitosanitaria	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para fertilización	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para cosecha/acarreo	Jornal	30	17,5	525
2. Insumos				1523,6
Semilla				576
Semilla (Fedra)	Kg	8	72	576
Sustrato				575
Turba con perlita	Quintal	3	75	225
Compost de residuos orgánicos	Quintal	7	50	350
Fertilizantes				96,1
Recipiente (200 litros)		1	40	40
Leche	Litro	1	1	1
Melaza	Litro	8	2,5	20
Levadura	Funda	1	5	5
Harina de roca	Quintal	1	30	30
Costal	Unidad	1	0,1	0,1
Controles fitosanitarios				276,5
Control de plantas arvenses	Tarro	2	16,5	33
Cal agrícola	Quintal	30	6	180
Fijador (Agropega)	Tarro	2	7	14
Control de plagas (BALA 45) cipermetrina	Tarro	3	16,5	49,5
3. Maquinaria y equipos				1390
Arada de disco	Hora	2	20	40

Arada de rastra	Hora	2	20	40
Semilleros	Unidad	250	3,5	875
Balanza	Unidad	1	30	30
Azadón	Unidad	15	7	105
Bombas	Unidad	10	30	300
4. Cosecha/postcosecha				25650
Gavetas	Unidad	5120	5	25600
Transporte	Carrera	5	10	50
I. Total Costos Variables				30441,1
II. COSTOS FIJOS				
Administración Asistencia técnica (10%)				3044,11
Costos imprevistos (10% anual por 3 meses)				1014,70333
Depreciación anual				301,89
Renta de tierra	Ha	1	900	300
II. Total de Costos Fijos				4660,70
Costo total de Producción				35101,80

Rendimiento				76800
Precio unitario				0,45
Ingreso bruto				34560
Utilidad neta total				-541,80
Relación Beneficio/Costo (B/C)				0,98
Rentabilidad %				98
Costo de producción por caja				2,19

Anexo 12 Depreciación de los materiales utilizados

Concepto	Costo total	% Depreciación	Año de vida útil	Costo fijo anual
Semilleros	875	87,5	4	196,88
Tractor	80	8	7	10,29
Bombas	300	30	5	54,00
Balde	8	0,8	3	2,40
Jarra	2,5	0,25	3	0,75
Tanque	40	4	5	7,20
Balanza	30	3	2	13,50
Azadón	75	7,5	4	16,88
Total, depreciación anual			301,89	
Número del mes del año			12	
Total, depreciación mensual			25,16	
Ciclo de producción (mes)			3	
Costo total fijo del ciclo de producción			75,47	

Anexo 13 Costos De producción para el control en el cultivo de lechuga proyectado para una hectárea

Costo de producción por Hectárea

Ciudad	Loja
Cultivo	Lechuga
Variedad	Freda
Densidad de siembra	0,30 * 0,40
Periodo vegetativo	3 meses

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
I. COSTOS DIRECTOS				
1. Mano de obra				1702,5
Análisis de suelo		1	20	20
Mano de obra para recolectar muestra		1	15	15
Mano de obra para semilleros	Jornal	10	15	150
Mano de obra para cuidar semilleros	Jornal	2	15	30
Mano de obra para los surcos	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para trasplante	Jornal	20	17,5	350
Mano de obra para limpieza y aporque	Jornal	15	17,5	262,5
Mano de obra para la desinfección del suelo	Jornal	10	17,5	175
Mano de obra para aplicación fitosanitaria	Jornal	5	17,5	87,5
Mano de obra para cosecha/acarreo	Jornal	30	17,5	525
2. Insumos				1427,5
Semilla				576
Semilla (Fedra)	kg	8	72	576
Sustrato				575
Turba con perlita	Quintal	3	75	225
Compost de residuos orgánicos	Quintal	7	50	350
Controles fitosanitarios				276,5
Control de plantas arvenses	Tarro	2	16,5	33
Cal agrícola	Quintal	30	6	180
Fijador (Agropega)	Tarro	2	7	14
Control de plagas (BALA 45) cipermetrina	Tarro	3	16,5	49,5
3. Maquinaria y equipos				1360
Arada de disco	Hora	2	20	40
Arada de rastra	Hora	2	20	40
Platabandas	Unidad	250	3,5	875
Balanza	Unidad	1	30	30
Azadón	Unidad	15	5	75
Bombas	Unidad	10	30	300

4. Cosecha/postcosecha				25650
Gavetas	Unidad	5120	5	25600
Transporte	carrera	5	10	50
I. Total Costos Directos				30140
II. COSTOS INDIRECTOS				
Administración Asistencia técnica (10%)				3014
Costos imprevistos (10% anual por 3 meses)				1004,66667
Depreciación anual				263,93
Renta de tierra	ha	1	900	300
II. Total de Costos Indirectos				4582,60
Costo total de Producción				34722,60

Rendimiento				76800
Precio unitario				0,4
Ingreso bruto				30720
Utilidad neta total				-4002,60
Relación Beneficio/Costo (B/C)				0,88
Rentabilidad %				88,5
Costo de producción por caja				2,21

Anexo 14 Depreciación de los materiales utilizados

Actividades	Costo total	Año de vida útil	Costo fijo anual
Platabandas	875	4	218,75
Tractor	80	7	11,4
Balanza	30	2	15
Azadón	75	4	18,75
Total, depreciación anual			263,93
Número del mes del año			12
Total, depreciación mensual			21,99
Ciclo de producción (mes)			3
Costo total fijo del ciclo de producción			65,98

ABSTRACT

Chlorella spp.-based biofertilizers are considered an alternative for the production of lettuce (*Lactuca sativa*), however, the producer uses chemical fertilizers to increase yield and satisfy the current population, without considering the damage that brings with it the excessive abuse of fertilizer in the soil and environment. The effect of the biofertilizer (*Chlorella* spp.) on the yield and profitability of the production obtained in comparison with organic and chemical fertilizers was evaluated. A Completely Random Block Design was used with five treatments and four repetitions each, which were Chemical, *Chlorella* spp., Biol, Manure Tea (Chicken Manure) and Control, an ANOVA, Kruskal Wallis analysis was performed on the variables evaluated such as number of leaves, height, cabbage diameter, dry matter, IAF, root size, yield in which the Chemist presented the highest result and in the linear correlation analysis the variables were related to each other determined by the coefficient of Pearson, in addition, the production costs of the applied treatments were obtained. *Chlorella* spp. obtained better profitability at the time of making production costs, which provides greater benefit to the producer. In addition, it should be emphasized that it obtained the second best results compared to the organic fertilizers applied, however, it is necessary to mention that the chemical fertilizer presented values tall in terms of head diameter with an average of 30 cm, plant height with 15.91 cm, IAF with 14.95 and a yield of 71 936.11 Kg/ha. The results found in the investigation reinforce the use of Biofertilizers, in addition to promoting a tool to obtain products of commercial interest that are healthy for humans and friendly to the environment.

Key words: Biofertilizer, *Chlorella* spp., organic fertilization, Biol, Manure tea, chemical fertilization.

Yo, Rosa Amelia Díaz Díaz, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma Inglés al Español y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado en la Enseñanza del Inglés como lengua extranjera.


Lic. Rosa Amelia Díaz Díaz

Registro SENESCYT 1080-03-461522