



**Comparación del efecto de tres biofertilizantes: Biol, Algas marinas y Espirulina
(*Arthrospira platensis*), en la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa*)**

Coronel Quela, Alex Nicolas

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Dra. Urbano Salazar, Elizabeth Ruth PhD

14 de noviembre de 2022



Departamento Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Comparación del efecto de tres biofertilizantes: Biol, Algas marinas y Espirulina (*Arthrospira platensis*), en la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa*)** fue realizado por el señor **Coronel Quelal, Alex Nicolas**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de Noviembre de 2022



Firmado digitalmente por:
**RUTH ELIZABETH
URBANO SALAZAR**

Dra. Urbano Salazar, Elizabeth Ruth PhD

C.C: 1709787939

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Coronel Quelal Alex Nicolas.docx

Scanned on: 12:43 November 7, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	1062
Words with Minor Changes	96
Paraphrased Words	1293
Omitted Words	0



RUTH ELIZABETH
URBANO SALAZAR

Dra. Urbano Salazar, Elizabeth Ruth PhD
C.C. 1709787939



Departamento Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Coronel Quelal, Alex Nicolás**, con cedula de ciudadanía No. 1726028671, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Comparación del efecto de tres biofertilizantes: Biol, Algas marinas y Espirulina (*Arthrospira platensis*), en la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa*)** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de Noviembre de 2022

Coronel Quelal, Alex Nicolás

C.C:1726028671



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Coronel Quejal, Alex Nicolás**, con cédula de ciudadanía No.1726028671, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Comparación del efecto de tres biofertilizantes: BioI, Algas marinas y Espirulina (*Arthrospira platensis*), en la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa*)** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de Noviembre de 2022

Coronel Quejal, Alex Nicolás

C.C:1726028671

Dedicatoria

A Dios, quien ha sido mi guía espiritual a lo largo de la vida, me ha provisto de sabiduría y cuida de mi en todo momento.

A mi madre Lourdes, para quien siempre serán dedicados mis logros y en momentos de adversidad, su regazo, mi mayor refugio. Por su amor infinito e incondicional, por convertirme en el hombre que soy, por hacer de mí una persona respetable y fuerte, este logro es para ti.

Te Amo

Pra você LVBV, por ser a mais bela das minhas coincidências na vida.

Agradecimientos

A mi Madre, por su paciencia y su compañía a lo largo de mi carrera. Por cada noche en vela junto a mí y por apoyarme durante mis estudios y la elaboración de este proyecto, gracias infinitas hoy y siempre.

A los docentes: Dra. Elizabeth Urbano, Dr. Patricio Pérez, Dr. Jaime Villacis, Ing. Juan Tigrero, Ing. Daysi Muñoz y Lic. Marco Taco. Por apoyarme con sus conocimientos en cada una de las etapas de mi proyecto de tesis, su mentoría, y sus consejos nutrieron y fueron esenciales para este trabajo. Gracias Maestros.

A la Ingeniera Mercedes Tamayo, por su ayuda y acompañamiento. Por inculcarme aún más la afinidad por la Agricultura Orgánica y su acompañamiento a lo largo de mi trabajo.

A Jenifer Cuenca por su ayuda crucial en los momentos clave, sus consejos y su amistad.

A Kevin y Pato por su inmensa ayuda en mi trabajo de tesis, fueron esenciales e incondicionales durante toda la realización de este trabajo, así como en mi vida universitaria.

A mis demás amigos:

Juan, Pau, Emma, Aga, Camilo, Gordo, Eve, Mile, Esteban, Kari, Here, Brat, Anita, Mona, Pablo, Pame G, Dani, Eli, Cris, Jared, Cami, Shelly, Pucca, Karol, Cris B. Gracias por enseñarme la lealtad de la amistad, por las anécdotas que guardaremos, por el tiempo que compartimos y en especial por haber estado en mis peores momentos brindándome su apoyo. Los atesoraré siempre

Índice de contenidos

Carátula	1
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos	8
Resumen	17
Abstract.....	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Antecedentes.....	19
Justificación	20
Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Hipótesis.....	21
Capitulo II.....	22
Marco referencial	22

Agricultura Orgánica	22
Importancia de la Agricultura Orgánica.....	22
Agricultura Orgánica y la Horticultura	22
Técnicas de Agricultura Orgánica en la Horticultura	23
Uso de Bioles en Agricultura.....	24
<i>Composición</i>	24
<i>Aplicaciones y beneficios</i>	24
Uso de Algas en la Agricultura Orgánica	25
<i>Extractos de Algas y Microalgas</i>	25
<i>Respuesta fisiológica de las plantas expuestas a biofertilizantes de Algas</i>	25
Espirulina.....	26
<i>Descripción</i>	26
<i>Efectos de espirulina sobre los parámetros fisiológicos de las Plantas</i>	26
Extracto de Algas Marinas Sumakcrop	27
<i>Descripción</i>	27
<i>Efectos de Sumakcrop (A. nodosum) sobre los parámetros fisiológico de las plantas</i>	27
<i>Ascophylum nodosum</i>	28
Especie hortícola utilizada en la investigación	29
<i>Lechuga</i>	29
<i>Descripción</i>	29
<i>Manejo</i>	29

	10
<i>Rendimiento</i>	30
Producción Orgánica Grupo Alpañan Fajardo.....	30
Socialización del Proyecto con Misión Social Rumiñahui y Alpañan Fajardo	30
Capitulo III.....	32
Materiales y métodos.....	32
Ubicación de la Investigación	32
Establecimiento del Proyecto.....	33
Adecuación de camas	33
Producción en masa de Espirulina.....	34
<i>Método de cultivo y masificación</i>	34
<i>Recuento celular</i>	35
Elaboración de biofertilizante foliar	36
Elaboración de Biol.....	36
Dosificación de Biofertilizantes	38
Variables por evaluar.....	39
Variables Agronómicas.....	39
Variables Fisiológicas.....	40
Parámetros Productivos	42
Variables Nutricionales.....	43
Análisis estadístico	45
Análisis Económico.....	45

	11
Capitulo IV	47
Resultados y discusión	47
Variables agronómicas	47
<i>Peso fresco y peso seco</i>	47
Longitud de raíz	52
Área Foliar.....	54
Diámetro de Cabeza	56
Variables Fisiológicas	58
Mortalidad	58
Niveles de Nitratos	59
Clorofila.....	61
Parámetros Productivos.....	64
Rendimiento	64
<i>Calibre</i>	67
Correlación entre variables.....	68
Variables Nutricionales	71
Solidos Solubles.....	71
Análisis bromatológico.....	73
Análisis Económico.....	76
Capitulo V	81
Conclusiones y Recomendaciones	81

Conclusiones	81
Recomendaciones	84
Bibliografía	85

Índice de tablas

Tabla 1 Compuestos presentes en cada 10 g de Espirulina.	26
Tabla 2 Composición química de Sumakcrop®	28
Tabla 3 Geolocalización de los Predios correspondientes a cada tratamiento.	32
Tabla 4 Materiales empleados en la elaboración de Biol enriquecido.	37
Tabla 5 Descripción de tratamientos empleados.	38
Tabla 6 Calibres de acuerdo con el peso de Lactuca sativa.	43
Tabla 7 Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Peso de Materia Fresca y Seca de la Zona Folia y Radicular.....	49
Tabla 8 Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor de la Longitud de Raíz.....	52
Tabla 9 Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Área Foliar	55
Tabla 10 Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Diámetro de Cabeza	57
Tabla 11 Media \pm Desviación Estándar del Porcentaje de Mortalidad.....	59
Tabla 12 Media \pm Desviación Estándar, de Niveles de Nitratos (NO ₃ -)	60
Tabla 13 Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor de Clorofila	62
Tabla 14 Media \pm Desviación Estándar del Rendimiento	65
Tabla 15 Índices de Correlación de Pearson entre variables Agronómicas.....	68
Tabla 16 Índices de Correlación de Pearson (r) entre variables Nutricionales	70
Tabla 17 Media \pm D.E para Sólidos solubles (° Brix).....	71
Tabla 18 Media \pm D.E, F y p-valor para M.O, Proteína, Fibra, Grasa y Ceniza	75
Tabla 19 Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos.....	76
Tabla 20 Costos variables de T0 (Biol)	77
Tabla 21 Costos variables de T1 (Sumakcrop)	77
Tabla 22 Costos variables de T2 (Espirulina).....	78
Tabla 23 Costo variable y Beneficio neto/ tratamiento	78

Tabla 24 Análisis costo/beneficio de cada tratamiento.....	79
Tabla 25 Proyección anual de ingresos para cada tratamiento	80

Índice de figuras

Figura 1 <i>Área de cobertura del ensayo; y mapa de uso del suelo del cantón Rumiñahui.</i>	33
Figura 2 <i>Adecuación de camas e instalación del cultivo de L. sativa.</i>	34
Figura 3 <i>Proceso de producción y masificación de Spirulina (A. platensis).</i>	35
Figura 4 <i>Diagrama de flujo del proceso de Producción de Arthrospira platensis.</i>	36
Figura 5 <i>Proceso de elaboración de Biol con Misión Social y los productores locales.</i>	37
Figura 6 <i>Ubicación Geográfica de las unidades experimentales.</i>	38
Figura 7 <i>Determinación de variables Agronómicas</i>	39
Figura 8 <i>Determinación de clorofila mediante espectrofotometría</i>	41
Figura 9 <i>Cosecha y clasificación previa a la evaluación del rendimiento.</i>	42
Figura 10 <i>Determinación de Variables nutricionales.</i>	43
Figura 11 <i>Evaluación del aumento de biomasa fresca en las semanas 1 y 2</i>	50
Figura 12 <i>Media ± Desviación Estándar del Peso de Materia Fresca y Seca de la Zona Foliar y Radicular.</i>	51
Figura 13 <i>Longitud de Raíz (cm) de los 3 tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo</i>	54
Figura 14 <i>Área Foliar (cm²) de los 3 tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo.</i>	56
Figura 15 <i>Diámetro de Cabeza (cm) de los 3 tratamientos a partir de la semana 6 del cultivo.</i>	58
Figura 16 <i>Media ± Desviación Estándar del Porcentaje de Mortalidad</i>	59
Figura 17 <i>Media ± Desviación Estándar, de Niveles de Nitratos (NO₃-).</i>	61
Figura 18 <i>Contenido de Clorofila a lo largo del ciclo del cultivo</i>	63
Figura 19 <i>Media ± Desviación Estándar del Rendimiento</i>	66
Figura 20 <i>Calibres expresados en porcentaje obtenido para cada tratamiento.</i>	67
Figura 21 <i>Matriz de Correlación entre variables Agronómicas</i>	69
Figura 22 <i>Sólidos Solubles (°Brix) para cada tratamiento.</i>	72

Figura 23 Porcentajes de Materia Orgánica, Proteína, Fibra, Grasa y Ceniza alcanzados por los tratamientos	73
Figura 24 Grafica del Tratamiento dominado.....	79

Resumen

La Agricultura Orgánica ha desarrollado tecnologías sustentables y capaces de mejorar significativamente el rendimiento y la calidad de los cultivos. El uso de Algas se ha diversificado en la nutrición vegetal, ya que son organismos con altos contenidos de macro y micronutrientes, promotores de crecimiento, aminoácidos, así como de coadyuvantes que facilitan una mejor absorción de nutrientes. Se han empleado tanto las Algas marinas, así como las “Microalgas” en sustitución de los fertilizantes químicos que generan alta residualidad, contaminación y costos elevados. En el presente estudio se emplearon 3 tipos de biofertilizantes orgánicos: Biol (T0), extracto de algas marinas (*A. nodosum*) Sumakcrop® (T1) y un biofertilizante de Espirulina (T2) en el cultivo de (*Lactuca sativa*) en 12 predios de la Parroquia de Fajardo. Se analizaron semanalmente las variables agronómicas, morfológicas, fisiológicas y nutricionales, así como un análisis económico de presupuesto parcial y costo/beneficio. El tratamiento con mejores resultados en todas las variables fue T2 obteniendo un peso fresco en la semana 8 de 783.50 ± 12.27 gr (foliar), 24.06 ± 2.47 gr (radicular) y un peso seco de 137.64 ± 1.37 gr (foliar), 2.51 ± 0.01 gr (radicular). Una longitud radicular de 21.30 ± 0.33 cm, un área foliar de 718.92 ± 7.01 cm², un diámetro de cabeza de 32.32 ± 2.29 cm. En cuanto a parámetros fisiológicos los niveles de NO₃⁻ fueron de 375 ± 54.34 mg/L, clorofila 7.48 ± 0.04 mg*g⁻¹, 4.80 ± 0.14 brix, materia orgánica 8.39 ± 0.30 %, fibra 67.15 ± 0.83 %, proteína 21.04 ± 0.06 %, grasa 6.38 ± 0.48 % y ceniza 23.25 ± 0.22 %. El análisis de correlación fue fuertemente positivo entre las variables agronómicas y morfológicas, concordando con los valores nutricionales y fisiológicos. Finalmente se reportó un rendimiento de 10.48 ± 0.08 kg* m² y el análisis de presupuesto parcial obtuvo un beneficio neto de 96.50 USD con un C/B de 3.10 siendo T2 el tratamiento más rentable en función de T0 y T1.

Palabras clave: Espirulina (*Arthrospira platensis*), Lechuga (*L. sativa*), Agricultura orgánica, Algas marinas (*A. nodosum*).

Abstract

Organic Agriculture has developed sustainable technologies capable of significantly improving crop yields and quality. The use of algae has diversified in plant nutrition, since they are organisms with high contents of macro and micronutrients, growth promoters, amino acids, as well as adjuvants that facilitate a better absorption of nutrients. Both seaweed and "Microalgae" have been used to replace chemical fertilizers that generate high residuality, pollution and excessive costs. In the present study, three types of organic biofertilizers were used: Biol (T0), seaweed extract (*A. nodosum*) Sumakcrop® (T1) and a biofertilizer of Spirulina (T2) in the cultivation of (*Lactuca sativa*) in twelve properties of the Parish of Fajardo. Agronomic, morphological, physiological, and nutritional variables were weekly analyzed, as well as an economic analysis of partial budget and cost/benefit. The treatment with the best results in all variables was T2 obtaining a fresh weight at week 8 of 783.50 ± 12.27 gr (foliar), 24.06 ± 2.47 gr (root) and a dry weight of 137.64 ± 1.37 gr (foliar), 2.51 ± 0.01 gr (root). A root length of 21.30 ± 0.33 cm, a leaf area of 718.92 ± 7.01 cm², a head diameter of 32.32 ± 2.29 cm. In terms of physiological parameters, the levels of NO₃ were 375 ± 54.34 mg/L, chlorophyll 7.48 ± 0.04 mg^g⁻¹, 4.80 ± 0.14 °brix, organic matter $8.39 \pm 0.30\%$, fiber $67.15 \pm 0.83\%$, protein $21.04 \pm 0.06\%$, fat $6.38 \pm 0.48\%$ and ash $23.25 \pm 0.22\%$. The correlation analysis was strongly positive between agronomic and morphological variables, maintaining a relationship with nutritional and physiological values. Finally, a yield of 10.48 ± 0.08 kg* m² was reported and the partial budget analysis obtained a net profit of 96.50 USD with a C/B of 3.10, being T2 the most profitable treatment based on T0 and T1.

Keywords: Spirulina (*Arthrospira platensis*), Lettuce (*L. sativa*), Organic agriculture, Seaweed (*A. nodosum*)

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El uso de las microalgas en la olericultura, especialmente como fertilizante o bioestimulante ha despertado el interés de muchos productores (Oliveira & Silva, 2017). Los extractos obtenidos de estos organismos generan una serie de respuestas fisiológicas en las plantas: inducen el crecimiento y estimulan la calidad del producto final (Lopez & Martínez, 2020).

Layam, Sai Bramari, & Kalpana (2016), evidencian la importancia de la suplementación de espirulina en plantas de tomate desde la etapa de semillero, pues se ha determinado que los compuestos activos en *A. platensis* ayudan a la bio fortificación de macro y microelementos en semillas, en especial de Zinc, un mineral clave durante el proceso de germinación, garantizando un mayor porcentaje de emergencia.

López y Martínez (2020), describen que al aplicarse extractos de espirulina sobre cultivos de *Solanum tuberosum*, incrementó el rendimiento de las plantas sin afectarse niveles de N-P-K. Por otra parte, dentro de ensayos en *Lactuca sativa* los estándares de calidad fueron altos sin alterarse los niveles en cuanto a contenido de sólidos solubles, acidez trazable, vitamina C, clorofila a y clorofila total.

Estudios han demostrado que al aplicar Extractos de Algas Marinas ya sea como fertilizante foliar o de manera edáfica provoca una serie de reacciones benéficas. Al entrar en contacto las enzimas con el suelo provocan o activan reacciones hidrolíticas y catalíticas reversibles (Lopez & Martínez, 2020).

Igualmente, los extractos de Algas marinas son una nueva tecnología agrícola que se ha venido desarrollando en los últimos años. Investigaciones recientes señalan entre los

beneficios la liberación de fitoquímicos capaces de proteger a la planta y permite el desarrollo de resistencias ante el estrés abiótico y biótico (Alobwede, 2015). De igual manera, las algas ayudan al suelo en la mejora de su fertilidad a través del incremento de carbono y nitrógeno a nivel edáfico, sino que además añaden partículas que mejoran la estructura de este. Las algas secretan sustancias poliméricas extracelulares que ayudan a unir las partículas del suelo, así como también a la recuperación del estrés hídrico (López, y otros, 2020).

Justificación

En el Ecuador, la producción hortícola es de gran importancia ya que los productos obtenidos se proyectan tanto a mercados nacionales como internacionales.

De acuerdo con la FAO, a nivel mundial el consumo per cápita de lechuga es de 104 kg anuales, teniendo en cuenta que China alcanza consumo 300 kg per cápita anuales. En el Ecuador el cultivo de Lechuga es transitorio, se registra que entre el 2017 y 2019 se destinaron más de 9000 hectáreas para la producción de dicha hortaliza, concentrándose en Cotopaxi el 90% de la producción total (Sánchez & Vayas, 2019).

Actualmente, el uso de algas en la agricultura, se considera una fuente alternativa de producción sustentable. Debido a su alto contenido en proteínas, lípidos y carbohidratos, su sinergia con los vegetales ha facilitado el desarrollo y aumento en el rendimiento productivo en un sinnúmero de cultivos (Villalba I. , 2020). Mediante ensayos aplicados a cítricos y frutales han evidenciado que el uso de algas promueve un mejor desarrollo foliar, mayor número de brotes y mejoras en la estructura del suelo.

En cuanto a la optimización de recursos se ha incursionado en el aprovechamiento de las algas marinas ya que se ha evidenciado que las mismas tienen una amplia gama de compuestos bioactivos tales como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, y agentes humectantes, coloides mucilaginosos que ayudan en la retención de la humedad y los nutrientes (Zermeño & Lopez, 2015). Es por ello, que en el

presente estudio se pretende evaluar ambos tipos de algas en la mejora de parámetros productivos de cultivos hortícolas.

Objetivos

Objetivo general

Comparar el efecto de tres Biofertilizantes (Biol, Algas marinas y Espirulina) en la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa*) en la parroquia de Fajardo- Rumiñahui.

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros agronómicos y productivos en (*Lactuca sativa*) expuestos a Biol, Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y Espirulina (*Arthrospira platensis*).
- Determinar el efecto de tres biofertilizantes: Biol, Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y Espirulina (*Arthrospira platensis*) en la respuesta fisiológica y nutricional del cultivo.
- Establecer el tratamiento más económico mediante un análisis de presupuesto parcial

Hipótesis

Ho: Las plantas de *Lactuca sativa* tratadas con Biol, Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y Espirulina (*Arthrospira platensis*) presentan similar productividad.

H1: Las plantas de *Lactuca sativa* tratadas con fertilizante de Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y Espirulina (*Arthrospira platensis*) presentan mejor productividad y rendimiento que las plantas de (*Lactuca sativa*) tratadas con Biol.

Capítulo II

Marco referencial

Agricultura Orgánica

Importancia de la Agricultura Orgánica

Dentro del marco de la Agricultura sostenible, la Agricultura orgánica juega un papel fundamental en cuanto al aprovechamiento de recursos e implementación de tecnologías eco amigables (FAO, 1999). Un sistema orgánico adecuadamente manejado reduce significativamente la contaminación del agua como del suelo.

De acuerdo con el censo del año 2006, el Ecuador cuenta con 50475 Hectáreas destinadas a la producción orgánica, lo que representa un 0.6% del total de tierras destinadas a la actividad agrícola, hallándose así 137 predios certificados como “Producción orgánica” (Willer & Yussefi, 2008).

La Agricultura Orgánica comprende una serie de procesos transformadores que conllevan a una serie de cambios significativos. Primero, se dice que la composición de todos los insumos cambia ya que se elimina el uso de productos sintéticos, incrementándose así el uso de insumos naturales. De igual manera se evidencia una diferenciación de rendimientos e ingresos. El agricultor debe primar tres condiciones en el entorno tales como: la calidad del suelo, calidad del agua y la tierra, la vegetación endémica y el uso de cultivos que generen un bienestar en la fauna local (Garibay, 2007).

Agricultura Orgánica y la Horticultura

La Horticultura Orgánica es un pequeño segmento del Agro, que se ha ido expandiendo lentamente. Claramente, en un sistema de agricultura extensiva e intensiva es complicado implementar métodos Orgánicos de producción, dentro de la Horticultura es un tanto más factible ya que al ser cultivos de ciclo corto se pueden masificar las tecnologías orgánicas y

aplicarlas de mejor manera, ya que se requiere de un modelo sencillo dentro del manejo de hortalizas (Instituto Nacional de Desarrollo Social, 2012). Por ejemplo:

- Se mantiene un adecuado nivel de mano de obra para las labores culturales
- Se adoptan tecnologías sencillas como la composta, abonos verdes, abonos orgánicos.
- El manejo de residuos es importante para evitar el desperdicio y aprovechar el máximo potencial en el ciclaje de nutrientes.
- En el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE) se emplean tecnologías biológicas de control que no sean invasivas y que no generen un margen de residualidad para el consumidor.

En una unidad bien manejada orgánicamente, los nutrientes son provistos mediante una serie de descomposición de materia orgánica en el suelo. Todos estos elementos a más del nitrógeno deben ser mantenidos mediante el uso de desechos orgánicos, fertilizantes minerales permitidos y minerales a base de algas (Agriculture and Food Development Authority, 2017).

Técnicas de Agricultura Orgánica en la Horticultura

Los métodos principales dentro de la Horticultura Orgánica son: Compostaje, acolchado o mantillo, reciclaje de materia orgánica y uso de suplementos minerales (Pineda, 2018).

Dentro de un programa de fertilización orgánica se deben implementar insumos orgánicos provenientes del campo. Actualmente se han intensificado los fertilizantes orgánicos procedentes de otras industrias agroalimentarias como, por ejemplo: restos de cosecha, producción de algas y otras (Guiberteau & Labrador, 2008).

Según (Vásquez & Céspedes, 2016) los cultivos hortícolas deben estar sometidos a un sistema de rotación. Esto con el objetivo de mantener las características del suelo y cada cierto tiempo necesitan de una adición de materia orgánica o microorganismos capaces de aportar nutrimentos al suelo. Para ello se recomienda preparar el suelo mediante una labranza no

invasiva e incorporar fertilizantes alternativos como los que Parcuna, Gaude et al (2010) señalan que dentro de un adecuado programa de nutrición vegetal orgánico:

- **Purines y Bioles:** son fertilizantes líquidos provenientes de la lixiviación de estiércol y materia orgánica, los cuales se deben estabilizar para reducir la carga microbiana y controlar malos olores (Parcuna, Gaude, & Castejón, 2010).
- **Lombri compost:** compuestos provenientes de metabolismo resultante de la lombriz de tierra, es de fácil asimilación por parte del vegetal y ejerce un efecto de activación del metabolismo en las plantas (FAO, 2013).
- **Turbas y Algas:** se los considera como correctores y biofertilizantes, sobre todo a las algas, pues contienen una serie de macro y microelementos fundamentales para la fisiología vegetal. Es por lo que, al liberar compuestos bioquímicos esenciales, las algas se consideran importantes biofertilizantes (FAO, 2013).

Uso de Bioles en Agricultura

Composición

El Biol es la fracción líquida obtenida de un proceso anaeróbico de degradación de un compendio de elementos orgánicos. Dicho biofertilizante, contiene básicamente los siguientes componentes: plantas medicinales, estiércol animal y adicionalmente sales minerales (Cabos & Bardales, 2019). Luego del proceso de descomposición, el efluente liberado es una materia rica en nutrientes de fácil asimilación (Instituto de Recursos Renovables, 2019)

Aplicaciones y beneficios

De acuerdo con (Ribera, 2011) el biol al ser un compuesto tan rico en biocompuestos y elementos solubles, mejora la actividad fisiológica, estimulándose el desarrollo vegetal. (Bejarano & Ménde, 2004) lo ha catalogado como un fitoestimulante complejo pues ha

demostrado un notable aumento en la cantidad de raíces y en la tasa fotosintética de las plantas, obteniéndose rendimientos superiores y de mejor calidad.

Su versatilidad, permite aplicarlo tanto vía foliar como en forma de *drench* en el suelo ya que los nutrientes están altamente disponibles y cualquier vía de dosificación hace factible una adecuada absorción por parte de las plantas.

Uso de Algas en la Agricultura Orgánica

Extractos de Algas y Microalgas

Los extractos de Algas marinas se han clasificado como bioproductos naturales, de fácil solvencia en agua que pueden ser utilizados como: suplementos, fertilizantes y biofertilizantes. Son mejor absorbidos mediante aplicación foliar ya que la liberación de sus compuestos libera metabolitos que promueven tanto la cantidad de clorofila, así como la tasa fotosintética de un cultivo (Xermeño & Lopez, 2015).

Por otra parte, se describe a las microalgas como un sistema de tecnología con enfoque al medioambiente debido a su amplia gama de aplicaciones. Los múltiples usos de las microalgas van desde la producción de biofertilizantes hasta la producción de biocombustible (Hernandez & Labbé, 2014).

Respuesta fisiológica de las plantas expuestas a biofertilizantes de Algas

Los extractos de Algas marinas son biofertilizantes ricos en macro y microelementos (N-P-K-Ca-Mg), proveedor natural de hormonas citoquininas, giberelinas, ácido algínico y aminoácidos (MYCSA AG, 2017). Su aplicación estimula el crecimiento de raíces y tallos, aumenta la tasa fotosintética y el contenido clorofílico. Reduce e inhibe el estrés producto de variaciones climáticas o trasplantes. Aprovecha el uso de nutrientes disponibles. Mejora procesos de germinación y acondiciona el Suelo (Khan, Kaur, & Bhatnagar, 2009).

Las microalgas, dentro de la agricultura se han caracterizado por la capacidad de fijar macro y microelementos presentes en el entorno. Estudios han demostrado que un “Bloom” de

microalgas es capaz de fijar de 15 – 25kg N* Ha⁻¹ (Ablde & Cid, 2009). Siendo consideradas primordialmente como biofertilizantes debido a su capacidad fijadora.

Espirulina

Descripción

Es una cianobacteria “verde-azul”, procariota y capaz de realizar fotosíntesis. Dentro de los sistemas de producción de microalgas, *Arthrospira platensis* es la variedad de mayor producción (Fernandez & Alvitez, 2009). Es una especie prolifera, alta en contenido de clorofila y ficocianinas. Dentro de su composición cuenta con una serie de nutrientes como: vitaminas del complejo B, β-carotenos, ácido linoleico, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Se, Zn, bioflavonoides y proteína (Turner, 2017). Dentro de su composición destacan los siguientes compuestos:

Tabla 1

Compuestos presentes en Espirulina.

Compuesto	Cantidad
Proteínas	75%
Aminoácidos	65%
Lípidos	55%
Minerales	7%
Hidratos de carbono	20%
Humedad	3%

Nota. Tomado de (Ponce, 2013)

Efectos de espirulina sobre los parámetros fisiológicos de las Plantas

Se ha detectado que la aplicación foliar de espirulina ha reportado una serie de efectos positivos como incremento en el rendimiento y en la calidad del cultivo (Morsy, 2019), además ayudan a aumentar la captación de nutrientes. En el campo de la agricultura, se ha visto que *Arthrospira platensis* tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico.

De igual manera, las moléculas producidas por *Arthrospira platensis* incluyen: fenoles, proteínas, vitaminas aminoácidos y fitohormonas, trabajan conjuntamente en una relación de cooperación con la planta para mejorar el crecimiento de esta (Shedeed & Gheda, 2022), de igual manera espirulina cumple un rol en la vía de señalización de la expresión génica para regular el metabolismo de las plantas. Además, mejora la microbiota de la rizosfera, lo que genera un aporte al sistema radicular y la nutrición mineral (Faiz, 2019).

Extracto de Algas Marinas Sumakcrop

Descripción

Sumakcrop es un bioestimulante enriquecido con macronutrientes a base de algas marinas especialmente *Ascophyllum nodosum* se lo considera un excelente fertilizante de algas con abundantes minerales y oligoelementos propios de las mismas (Hines & van der Zwan, 2021).

Al ser un producto orgánico no produce ningún tipo de incompatibilidad o reacción con otros insumos agrícolas, su versatilidad permite aplicarlo de manera foliar, edáfica o ambas, mejorando así la calidad de los vegetales como de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Efectos de Sumakcrop (A. nodosum) sobre los parámetros fisiológicos de las Plantas

Promueve el crecimiento de las raíces de las plantas aumentando la eficiencia del uso de fertilizantes ya que facilita el transporte y almacenamiento de nutrientes. Mejora la tasa fotosintética; en cultivos frutales ha mostrado un mayor desarrollo del fruto y acortamiento del número de podas. Además, retrasa el envejecimiento en productos hortícolas (Ablde & Cid, 2009).

Tabla 2*Composición química de Sumakcrop®*

Elemento	% P/P
Extracto de algas	100
Nitrógeno total	3
Fósforo (P ₂ O ₅)	5
Potasio (K ₂ O)	17
Materia Orgánica	45
Ácido algínico	19
Aminoácidos totales	5
Sodio (Na ₂ O)	5

Nota. Tomado de(Sumak Earth, 2015)

Ascophylum nodosum

A. nodosum ha ocupado rol fundamental en la horticultura debido a la capacidad para mejorar el rendimiento de un cultivo. Contiene componentes esenciales que promueven el crecimiento (Nidhi y Krishnan, 2021), mejora la resistencia frente a factores de estrés biótico y abiótico. Se ha comprobado que esta alga acelera la germinación de semillas y mejora los porcentajes de biomasa, así como el contenido de humedad. El fertilizante a base de algas marinas es una alternativa efectiva versus la fertilización convencional, además de no presentar efectos adversos contra el ecosistema (Nidhi & Krishnan, 2021).

Dentro de sus compuestos encontramos: alginatos, fucanos, polifenoles de manitol, polisacáridos, que ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, mayor retención de humedad aireación y la adsorción de nutrientes, generando así suelos más fértiles (Hines & van der Zwan, 2021)

Especie hortícola utilizada en la investigación

Lechuga

Descripción

Lactuca sativa, es una especie anual, consumida a nivel mundial. Se produce durante todo el año siendo así su demanda altamente creciente. La lechuga es rica en fibra y vitaminas, contiene 94.8% de agua, 1.2% de proteína, 0.2% de grasas y un 2.9% de carbohidratos (Japon, 2009).

Granval & Gaviola (1997) Describen solamente a *Lactuca sativa* como una especie formadora de “cabeza” parecido a un repollo siendo compactas y en las variedades longifolias las hojas sueltas.

Manejo

Su propagación se produce de manera sexual, a través de semillas las cuales se siembra en almácigos. Los sustratos en la etapa de semillero son importantes ya que deben tener un alto contenido de materia orgánica y buena capacidad de drenaje (Granval & Gaviola, 1997).

La siembra se la realiza en terreno arado y rastrado con una fertilización de 15-15-15 y materia orgánica. Siguiendo un marco de plantación de 0.4x 0.4 m. Durante todo el ciclo de cultivo se debe mantener abundante riego a capacidad de campo (Japon, 2009)

Para un control fitosanitario adecuado se debe controlar las enfermedades y plagas propias de esta especie. Oídio, una enfermedad fúngica se controla utilizando Maneb o fungicidas a base de cobre. En el caso de botritis se recomienda usar Benomil (Granval & Gaviola, 1997).

Rendimiento

El rendimiento de *Lactuca sativa* depende de una serie de factores. Uno de ellos es el distanciamiento entre plantas al momento de la siembra, ya que una menor distancia producirá una mayor competencia entre plantas por espacio y nutrientes (Franco & Olmedo, 2018)

Dentro de la producción a campo abierto se ha registrado rendimientos desde 22500 hasta 30000 kg por hectárea, tomando en cuenta un buen manejo nutricional, así como de labores culturales (Japon J. , 1997)

El rendimiento no solo viene expresado por la cantidad de repollos cosechados por área de superficie sino por la calidad de estos es decir su peso y su calibre. Por otra parte, Velázquez & Ruiz (2014), han reportado generar rendimientos de 9.56 hasta 13.46 kg por metro cuadrado, en ensayos de *Lactuca sativa* cultivada bajo micro túneles.

Producción Orgánica Grupo Alpañan Fajardo

Dentro de la comunidad de Fajardo, existe una asociación de productores orgánicos que se dedican a la siembra de hortalizas traspatio, las cuales son comercializadas en bioferias. Durante el establecimiento de sus cultivos son apoyados por Misión Social Rumiñahui y los técnicos del área Agropecuaria que brindan asistencia, implementando prácticas, tales como: elaboración de humus, bocashi, biol y te de frutas. Dichas técnicas se han aplicado de manera igual para todos los productores durante los últimos 3 años.

Socialización del Proyecto con Misión Social Rumiñahui y Alpañan Fajardo

Para el establecimiento del presente ensayo, se socializaron los objetivos de este; pues al ser predios distantes puede existir una variabilidad en la metodología aplicada. Junto con Misión Social y los productores se establecerán las siguientes normas:

- Todos los propietarios abonaron las unidades experimentales con abono de cuy dos semanas antes de la siembra, para la degradación de la materia orgánica y la incorporación de nutrientes. Se aplicaron 25 kg por unidad experimental.
- Durante la ejecución del proyecto no se realizó ninguna labor cultural que implique algún tipo de fertilización adicional a los tratamientos a aplicarse.
- Labores como: deshierbe y remoción de tierra se realizaron en las mismas fechas en todas las unidades experimentales.

Con esto se busca una homogeneidad en las condiciones de establecimiento y manejo del cultivo durante la fase experimental, lo que permite evitar variabilidad en los datos, toda vez que cada predio se constituye en una repetición.

Capítulo III

Materiales y métodos

Ubicación de la Investigación

El estudio se realizó en 12 predios de las comunidades rurales de Fajardo, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha (Tabla 3). El biofertilizante de espirulina fue elaborado en el Laboratorio de Acuicultura de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, ubicado a 78°24'44''E; 0° 23'20'' S y 2748 m.s.n.m de altitud.

Tabla 3

Geolocalización de los Predios correspondientes a cada tratamiento.

Predio	Tratamiento	Coordenadas	Propietario/a
1	T0	781753.78 E; 9962725.32N	Mercedes Oña
2	T0	781675.52 E; 9962711.10 N	Carlos Suntaxi
3	T0	780125.78 E; 9962000.46 N	Betty Oña
4	T0	780409.32 E; 9962246.90 N	Beatriz Cañaris
5	T1	780619.19 E; 9963836.63 N	Jackeline Martínez
6	T1	780779.64 E; 9963097.48 N	Blanca Pachacama
7	T1	7818210.62E;9962945.06 N	Clemencia Llumiquinga
8	T1	781948.70 E; 9962935.32 N	Patricio Gualotuña
9	T2	782032.80 E; 9962723.29 N	Belén Pedraza
10	T2	782032.80 E; 9962723.29 N	Belén Pedraza
11	T2	782054.48 E; 9962543.88 N	Luis Quishpe
12	T2	782441.02 E; 9962785.58 N	Clara Ñacata

Nota. Elaborado por El Autor

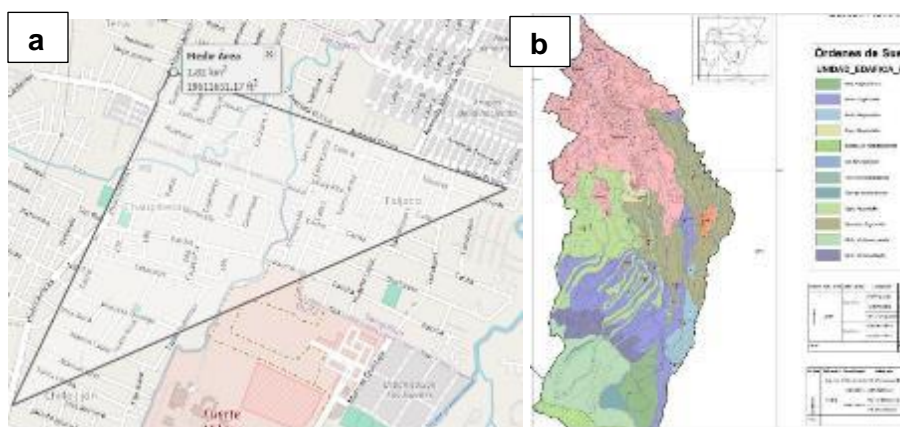
En cuanto a la superficie cubierta por los tratamientos planificados se debe indicar, que todos se encuentran en un mismo barrio como se puede observar en (Figura 1a) y cubre una área de 1,82 km², adicionalmente se debe indicar que la recomendación del biometrista, fue disponer los tratamientos, según se ha especificado en el diseño experimental, debido a la

cercanía de los predios y a que misión social viene tratando estos lotes bajo los mismos criterios de preparación de suelo que se encuentra descrito previamente.

De igual manera, en la Figura 1b se aprecia un mapa de uso de suelo del cantón Rumiñahui. Dentro de la clasificación, se caracteriza a toda el área de Sangolquí bajo un orden de suelo Molisol tenido las siguientes características: buena capacidad de drenaje, rico contenido de materia orgánica y nutrientes, siendo suelos de alta fertilidad.

Figura 1

Área de cobertura del ensayo; y mapa de uso del suelo del cantón Rumiñahui.



Establecimiento del Proyecto

Adecuación de camas

El suelo se encuentra en condiciones similares debido a que en los 2 últimos años Misión Social colabora con los agricultores en la preparación de estos según consta en la (Tabla 2).

Se establecieron un total de 12 camas para el ensayo distribuyéndose para cada tratamiento: 4 camas con uso de biol (testigo), 4 camas para uso de Sumakcrop® y 4 para uso de fertilizante de *Arthrospira platensis*. Las camas tenían dimensiones de 1 metro de ancho y 4

metros de largo, dentro de cada cama se cuenta con 50 plantas de lechuga sembradas en un marco de plantación de 0.4m x 0.4m.

Figura 2

Adecuación de camas e instalación del cultivo de L. sativa.



Nota. a) Siembra; b) 8 días después del trasplante; c) 25 días después del trasplante

Producción en masa de Espirulina

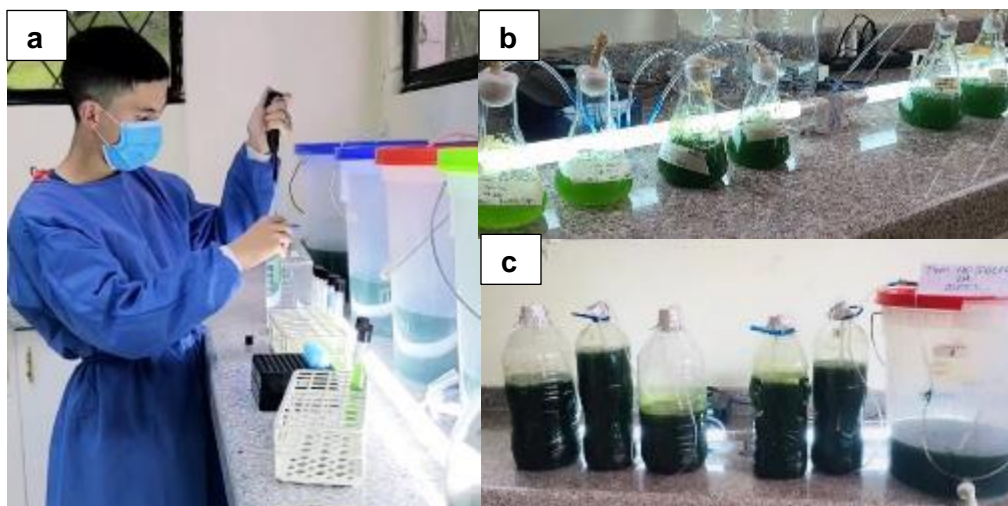
Método de cultivo y masificación

Dentro de las consideraciones para el cultivo de *Arthrospira platensis* se debe mantener una temperatura oscilante entre 21-24°C, una salinidad del 5-6 % y un pH de 9.4-10.4. Adicionalmente es indispensable la presencia de Carbonato de Sodio (Na_2CO_3 ; NaHCO_3) (Fernandez & Alvitez, 2009).

Una vez que se cuente con las cepas de espirulina se procede a masificar en frascos Erlenmeyer, para posteriormente ser amplificados en bidones de 5L. Dentro del medio de cultivo se acondiciona con Kristalon (18-18-18) a razón de 1g *L, 10g*L de bicarbonato y 5g*L de sal en grano para la elaboración de 1 litro de medio de cultivo. (INDESOL, 2020).

Figura 3

Proceso de producción y masificación de *Espirulina* (*A. platensis*).



Nota. a) Siembra de inóculo; b) Crecimiento en matraces Erlenmeyer; c) Masificación en bidones de 6 L y baldes de 20 L

Recuento celular

Para evaluar el crecimiento celular se debe proceder con un recuento celular. El mismo que procede en una dilución 1:10 ml de inóculo con agua destilada respectivamente, y aplicando la siguiente fórmula (Sandoval, 2017):

$$DC_{inóculo} = \frac{N \times 10^3}{10} \times FD$$

DC inóculo: Densidad Celular del inóculo (filamentos ml⁻¹)

N: Numero de filamentos contabilizados.

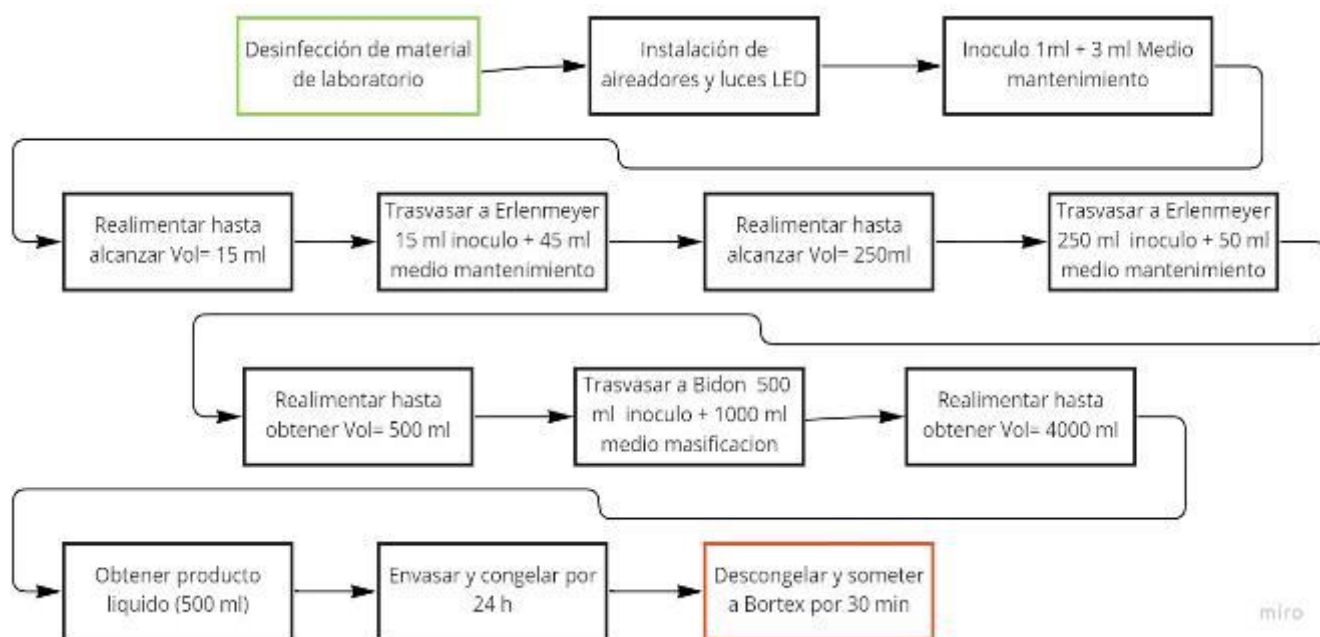
10³: Factor de conversión de 10µL a 1 ml

FD: Factor de dilución

La espirulina se cultivará siguiendo los protocolos de producción (Figura 4) y masificará hasta obtener una concentración con valores de Absorbancia igual a 1,9.

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso de Producción de Arthhrospira platensis.



Nota. Elaborado por el Autor

Elaboración de biofertilizante foliar

Para liberar los metabolitos y los compuestos necesarios, se procedió a recolectar la espirulina en medio líquido y dejarla congelar durante 24 horas, luego del descongelamiento someter el extracto líquido a bortex durante 15 minutos. Estos procesos generaron una lisis celular física liberándose así todos los compuestos necesarios para la evaluación de ensayo (Abide & Cid, 2009).

Elaboración de Biol

Para preparar el biol se utilizaron los materiales descritos en la (Tabla 4), dicho fertilizante se elaboró con los productores locales en conjunto con los Técnicos de Misión Social. Cabe recalcar que, se habla de agricultura orgánica en la cual aparentemente deben excluirse compuestos químicos pero en este caso, las sales minerales empleadas están

permitidas dentro de un marco de producción orgánico (Agrocalidad, 2020), ya que fertilizantes como el biol enriquecido se elaboran bajo un parámetro de separación permisible de la fracción inorgánica pero cuya efecto es similar a los fertilizantes tradicionales (González, 2017).

Figura 5

Proceso de elaboración de Biol con Misión Social y los productores locales.



Nota. a) Adición de hierbas y estiércol; b) Enriquecimiento con sales minerales; c) Mezcla de insumos

Tabla 4

Materiales empleados en la elaboración de Biol enriquecido.

Material	Cantidad
Balde de 200 L	1
Estiércol vacuno, de conejo y de aves	5 kg
Hierbas medicinales	2kg
Leche	1 L
Melaza	3 L
Levadura	1/2 libra
Roca fosfórica	1 libra
Sulfato de potasio	500 gr
Sulfato de cobre	500gr
Sulfato de zinc	500 gr
Sulfato de hierro	500 gr
Manguera	1 m
Agua	200 L

Nota. Elaborado por el Autor

Dosificación de Biofertilizantes

Se aplicaron tres tipos de biofertilizantes: Sumakcrop (producto comercial a base de Algas Marinas), biofertilizante de Espirulina (*Arthrospira platensis*) y Biol (Tabla 5).

Tabla 5

Descripción de tratamientos empleados.

Tratamiento	Descripción	Concentración	Dosificación
T0	Biol	1 L / 20 L de agua	2 L / cama
T1	Sumakcrop ®	100 g / 20 L de agua	2 L / cama
T2	Fertilizante de Espirulina	5 L / 20 L de agua	2 L / cama

Nota. Elaborado por (El Autor)

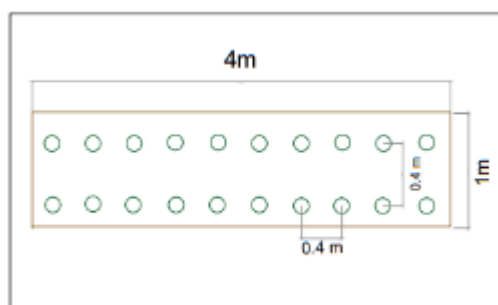
Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria sobre las unidades experimentales ubicadas en los predios seleccionados (Figura 6).

Figura 6

Ubicación Geográfica de las unidades experimentales.



Nota. Tomado de (Google Earth, 2022)



Los biofertilizantes se aplicarán en cuatro etapas:

- Plántula (de 10 días)
- 15 días después del trasplante
- 30 días después del trasplante
- 45 días después del trasplante

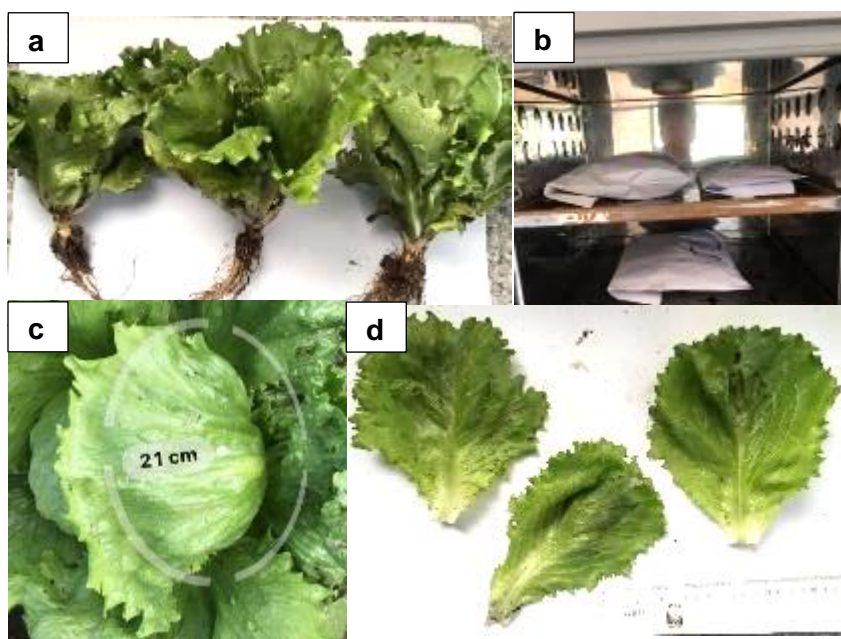
VARIABLES POR EVALUAR

VARIABLES AGRONÓMICAS

Dentro de las variables agronómicas evaluadas fueron: Peso de biomasa (PB), Longitud de raíz (LR), Área Foliar (AF) y Diámetro de Cabezas (DC) (Figura 7). Cinco plantas por tratamiento se obtuvieron de muestra para la toma de datos, dichas 5 plantas serán las mismas para el registro de todas las variables a evaluar.

Figura 7

Determinación de variables Agronómicas.



Nota. a) Peso fresco; b) Peso seco; c) Diámetro de cabeza; d) Área Foliar

Para calcular el peso fresco y seco se extrajeron 5 plantas completas por unidad experimental, se hizo la separación de los componentes de la biomasa aérea: hojas y tallos (Velazquez & Ruiz, 2014). Para la biomasa radical, el suelo fue removido por completo. Los dos componentes se pesaron en fresco, luego se secaron a 70°C en una estufa con circulación de aire, hasta obtener un peso seco constante (Jímenez & Guerrero, 2019).

En cuanto al Largo de Raíz (LR), se midió con una regla el largo de raíz de las 5 plantas extraídas de cada unidad experimental, mismas que fueron usadas en la medición de las demás variables.

Para calcular el Área Foliar (AF), mediante el Software Image J® se calculará áreas foliares de 3 hojas de 5 plantas de cada unidad experimental. La aplicación captura espectros diferentes para dar un valor del área (Nutter & Esker, 2006). Para dicho proceso fue necesario contar con una regla A4, una escala referencial y una fotografía de las hojas.

Para el diámetro de cabeza (DC), con una cinta métrica se midió la longitud al nivel ecuatorial en 5 plantas de cada unidad experimental. Posteriormente se calculó el diámetro con la siguiente formula:

$$D = \frac{C}{\pi}$$

Dónde:

D= Diámetro de la cabeza

C= Longitud de la circunferencia

Variables Fisiológicas

Dentro de las variables fisiológicas se analizaron: mortalidad, cantidad de clorofila, así como niveles de Nitratos (NO_3^-).

Dos días después del trasplante, se evaluaron niveles de mortalidad mediante la siguiente formula:

$$\%mortalidad = \frac{No. Plantulas Muertas}{No. Total de Plantulas} * 100$$

Para determinar niveles de clorofila se colectaron 2 gramos de hojas de *Lactuca sativa* provenientes de cada unidad experimental, las mismas se procesaron con un mortero y acetona al 90%, las muestras obtenidas se almacenaron en refrigeración por un tiempo de 12 horas con la finalidad de liberar pigmentos clorofílicos.

Figura 8

Determinación de clorofila mediante espectrofotometría.



Nota. a) Extracción del macerado centrifugado; b) colocación en cubetas; c) Lectura de absorbancia en el espectrofotómetro

Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 10 min; posteriormente, el contenido centrifugado se decantó para separar el sobrenadante. Y se midió la absorbancia a 663 nm y 646 nm. Luego los resultados serán procesados mediante las siguientes formulas:

$$Clorofila\ a \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{[12.7(A_{663}) - 2.51(A_{646})](V)}{(1000 * P)}$$

$$Clorofila\ b \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{[22.9(A_{646}) - 4.70(A_{663})](V)}{(1000 * P)}$$

Se evaluaron los niveles de Nitratos (NO₃-) contenidos en las hojas de 5 plantas provenientes de cada uno de los 12 predios. Para determinar NO₃- se utilizaron cintas

cuantificadoras marca Quantofix®, se extrae el zumo de las hojas y se sumerge las cintas durante 1 segundo, se agitará y se realizará la lectura de acuerdo con el cambio de coloración.

Parámetros Productivos

En cuanto al Rendimiento, para el momento de la cosecha, se pesaron todas las plantas de las 12 unidades experimentales, se lo hizo en campo usando una balanza electrónica TRUPER (de 0.001 kg de precisión). Para calcular el rendimiento (en kg/m²), se dividió el peso obtenido de cada unidad experimental (en kg) sobre el área de cultivo empleada en cada tratamiento (en m²) (Velazquez & Ruiz, 2014).

Figura 9

Cosecha y clasificación previa a la evaluación del rendimiento.



Nota. a) Cosecha de lechugas; b) Clasificación por calibres

Para el Calibre de las cabezas cosechadas, al momento de la cosecha se tomaron en cuenta las plantas que cumplieron con la norma INEN (Carrillo, 2016) y se procedió a clasificarlas de acuerdo con los calibres obtenidos, basándose en la siguiente tabla:

Tabla 6

Calibres de acuerdo con el peso de Lactuca sativa.

Peso/ unidad (gr)	Calibre
550-600	9
500-550	10
400-500	12
300-400	14

Nota. tomado de (Horticulturality, 2017)

Variables Nutricionales

Se analizaron sólidos solubles, y se realizó un análisis bromatológico de cada uno de los tratamientos.

Los sólidos solubles se midieron mediante el método de Refractometría a 20 °C. Este método consistió en colocar una muestra líquida sobre un refractómetro digital, lo cual provoca una desviación proporcional de la cantidad de sólidos disueltos, los mismos que se leen en una escala conocida como grados brix (Carrillo, 2016).

Figura 10

Determinación de Variables nutricionales.



Los niveles de proteína se determinaron mediante el método de Kjeldahl una vez concluido el experimento.

$$\%N = \frac{14 * N * V * 100}{m * 1000}$$

Donde:

N= Normalidad de la solución

V= Volumen usado en la titulación de HCl al 0.1 N

m= Masa de la muestra en gr.

La grasa se midió utilizando el método Soxhlet una vez concluido el experimento.

$$\%G = \frac{B2 - B1}{m} x 100$$

Donde:

B1= Peso inicial del balón

B2= Peso final del balón con muestra

m= Masa de la muestra en gr.

La fibra, humedad y ceniza se determinaron al final del ensayo en base al método gravimétrico.

$$\%F = \frac{A - B}{C} x 100$$

Donde:

A= peso del papel + muestra

B= peso del papel

C= peso de la muestra

Ceniza vegetal se determinó al final del ensayo en base al método gravimétrico.

$$\%C = \frac{Pf - C}{M} x 100$$

Donde:

Pf= Peso final

C= Peso del crisol

M= Peso de la muestra

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas, se analizarán empleando estadística descriptiva con medidas como: Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para comparar las variables entre tratamientos se realizará un ANAVA para un Diseño completamente al Azar, mediante el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:Y_{ij}= Productividad de la especie Hortícola.

μ= media general

T_i= efecto del i-ésimo Tratamientoε_{ij}= error experimental.

Posteriormente se realizaron pruebas de contrastes ortogonales: C1- Testigo vs Todos; C2-Biofertilizante de Espirulina vs Sumakcrop®. Para el análisis de la variable Calibres de *Lactuca sativa*, se elaboraron tablas de contingencia. Todos los análisis se realizaron en el Software INFOSTAT (Di Rienzo & al, 2001).

Análisis Económico

Se realizó un análisis de presupuesto parcial. Su finalidad, identificar el tratamiento con una mayor tasa de retorno marginal. Para lo cual se establecieron costos variables como son las plántulas, fertilizante a base de espirulina y Sumakcrop®. El beneficio bruto se obtuvo del

producto entre el costo de unidad de lechuga iceberg orgánica y las unidades cosechadas por cada tratamiento. El beneficio neto se estimó restando los costos variables del beneficio neto (Perrin & et all, 1983).

Capítulo IV

Resultados y discusión

Variables agronómicas

Peso fresco y peso seco

Durante el ensayo se evidencia una dinámica uniforme en la acumulación de masa tanto en la zona foliar como radicular. La prueba de contrastes ortogonales indica que hubo diferencias significativas entre tratamientos; siendo el contraste con mayor significancia C1 (Testigo vs todos tratamientos); obteniéndose altos valores de F y p-valores < 0.0001 en todos los casos. Señalándose así que, tanto Espirulina (T2) como Sumakcrop (T1) presentan valores mayores respecto a Biol (T0).

Por una parte, las plantas de *Lactuca sativa* fertilizadas con Espirulina presentan mayor peso tanto de la zona radicular como foliar, alcanzando el mayor peso desde la semana 1 hasta la semana 8 (Tabla 7). Una vez calculado el peso seco se determinó que durante las 8 semanas el porcentaje de Materia Seca (%MS) representó aproximadamente el 19 % del total de biomasa fresca.

Las plantas fertilizadas con extracto de Algas Marinas - Sumakcrop (T1), presentaron mayores pesos foliares y radicales que el testigo (T0), pero inferiores a T2 (Tabla 7). Conjuntamente luego de haberse calculado el peso seco se obtuvo que las plantas de T1 almacenaron un 11 % de M.S del total de biomasa fresca.

Finalmente, se evidencia que las plantas fertilizadas con Biol (T0), presentan los menores pesos de las zonas foliar, así como radicular desde la semana 1 hasta la semana 8 (Tabla 7). El porcentaje de M.S obtenido fue del 9% respecto a la materia fresca. Deduciéndose

que T2 y T1 almacenan mayor cantidad de M.S lo cual puede ser interpretado como una mayor cantidad de: proteína, fibra, azúcares, grasas etc.

Tabla 7

Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Peso de Materia Fresca y Seca de la Zona Foliar y Radicular.

Semana	Tto	Peso Fresco Foliar (gr)	F	p-valor	Peso Seco Foliar (gr)	F	p-valor	Peso Fresco Radicular (gr)	F	p-valor	Peso Seco Radicular (gr)	F	p-valor
1	T0	0.64 \pm 0.03 ^c			0.06 \pm 0.0023 ^c			0.26 \pm 0.0047 ^c			0.02 \pm 0.00005 ^c		
	T1	0.72 \pm 0.01 ^b	241.21*	<0.0001	0.08 \pm 0.0014 ^b	4242.87*	<0.0001	0.28 \pm 0.01 ^b	343.84*	<0.0001	0.03 \pm 0.00075 ^b	4826.67*	<0.0001
	T2	0.75 \pm 0.02 ^a			0.14 \pm 0.0045 ^a			0.32 \pm 0.01 ^a			0.06 \pm 0.0022 ^a		
2	T0	1.13 \pm 0.16 ^c			0.10 \pm 0.01 ^c			0.47 \pm 0.05 ^c			0.04 \pm 0.0046 ^c		
	T1	6.84 \pm 0.24 ^b	4527.68*	<0.0001	0.75 \pm 0.03 ^a	4165.8*	<0.0001	1.69 \pm 0.11 ^b	3636.4*	<0.0001	0.19 \pm 0.01 ^b	6076.77*	<0.0001
	T2	6.54 \pm 0.43 ^a			1.24 \pm 0.08 ^b			1.98 \pm 0.08 ^a			0.38 \pm 0.01 ^a		
3	T0	7.66 \pm 1.25 ^c			0.51 \pm 0.06 ^c			1.05 \pm 0.07 ^b			0.06 \pm 0.02 ^b		
	T1	10.75 \pm 1.32 ^b	924.58**	<0.0001	0.66 \pm 0.02 ^b	1764.96**	<0.0001	1.13 \pm 0.15 ^b	316.73**	<0.0001	0.07 \pm 0.0048 ^a	293.27**	<0.0001
	T2	21.60 \pm 0.70 ^a			1.15 \pm 0.0035 ^a			2.04 \pm 0.22 ^a			0.01 \pm 0.00089 ^c		
4	T0	19.32 \pm 0.86 ^c			1.70 \pm 0.04 ^c			3.95 \pm 1.04 ^b			0.37 \pm 0.08 ^c		
	T1	28.15 \pm 4.16 ^b	391.95**	<0.0001	2.68 \pm 0.06 ^b	9876.83*	<0.0001	4.66 \pm 1.09 ^{ab}	12.21*	0.0009	0.59 \pm 0.08 ^b	221.63*	<0.0001
	T2	54.56 \pm 5.94 ^a			4.58 \pm 0.10 ^a			5.57 \pm 1.48 ^a			0.70 \pm 0.04 ^a		
5	T0	45.61 \pm 0.54 ^c			4.84 \pm 0.36 ^c			4.72 \pm 0.18 ^c			0.47 \pm 0.08 ^c		
	T1	73.54 \pm 6.78 ^b	203.73*	<0.0001	18.86 \pm 0.22 ^b	55788.66*	<0.0001	6.65 \pm 0.14 ^b	2247.73*	<0.0001	0.82 \pm 0.04 ^b	103.08*	<0.0001
	T2	92.88 \pm 15.21 ^a			23.56 \pm 0.13 ^a			9.98 \pm 0.42 ^a			1.64 \pm 0.47 ^a		
6	T0	45.80 \pm 0.60 ^c			4.12 \pm 0.05 ^c			11.49 \pm 0.55 ^c			1.03 \pm 0.05 ^c		
	T1	105.10 \pm 6.38 ^b	26958.53*	<0.0001	11.49 \pm 0.60 ^b	3391.11**	<0.0001	13.98 \pm 0.58 ^b	243.97*	<0.0001	1.54 \pm 0.06 ^b	1755.27*	<0.0001
	T2	168.23 \pm 9.02 ^a			31.93 \pm 1.82 ^a			14.51 \pm 0.77 ^a			2.76 \pm 0.15 ^a		
7	T0	112.70 \pm 6.92 ^c			10.14 \pm 0.62 ^c			14.33 \pm 0.72 ^c			1.29 \pm 0.07 ^c		
	T1	161.10 \pm 6.47 ^b	338.20*	<0.0001	17.72 \pm 0.71 ^b	932.58**	<0.0001	16.19 \pm 0.10 ^b	270.97*	<0.0001	1.78 \pm 0.01 ^b	2935.10**	<0.0001
	T2	231.51 \pm 21.4 ^a			47.18 \pm 5.20 ^a			18.19 \pm 0.82 ^a			3.46 \pm 0.16 ^a		
8	T0	351.83 \pm 6.39 ^c			48.12 \pm 1.77 ^c			15.57 \pm 0.81 ^c			1.17 \pm 0.01 ^c		
	T1	560.96 \pm 64.79 ^b	935.37*	<0.0001	72.32 \pm 4.20 ^b	5702.03*	<0.0001	20.02 \pm 1.88 ^b	162.57*	<0.0001	1.42 \pm 0.02 ^b	77212.30**	<0.0001
	T2	783.50 \pm 12.27 ^a			137.64 \pm 1.37 ^a			24.06 \pm 2.47 ^a			2.51 \pm 0.01 ^a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

** Contraste ortogonal 2 (C2) con mayor significancia en el análisis

Nota: Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos contrastar que, Sánchez (2010) en su evaluación del contenido de % de M.S de la zona foliar en el cultivo convencional con fertilización química de lechugas alcanzó un mínimo de 5.33% y un máximo de 6.49 %, siendo valores inferiores a T0 que fue del 10% de M.S. Evidenciándose que una fertilización orgánica genera un mayor aporte de biomasa que puede traducirse a mayor nivel nutricional.

En cuanto, al peso radicular, se obtuvo un valor máximo de 24.06 gr (T2) con un % de M.S del 10.43 siendo valores inferiores a los reportados por Velázquez & Ruiz (2014) quienes obtuvieron pesos de 33.6 gr en raíz y un % de M.S del 15.66 en un cultivo bajo tres dosis de fertilización química.

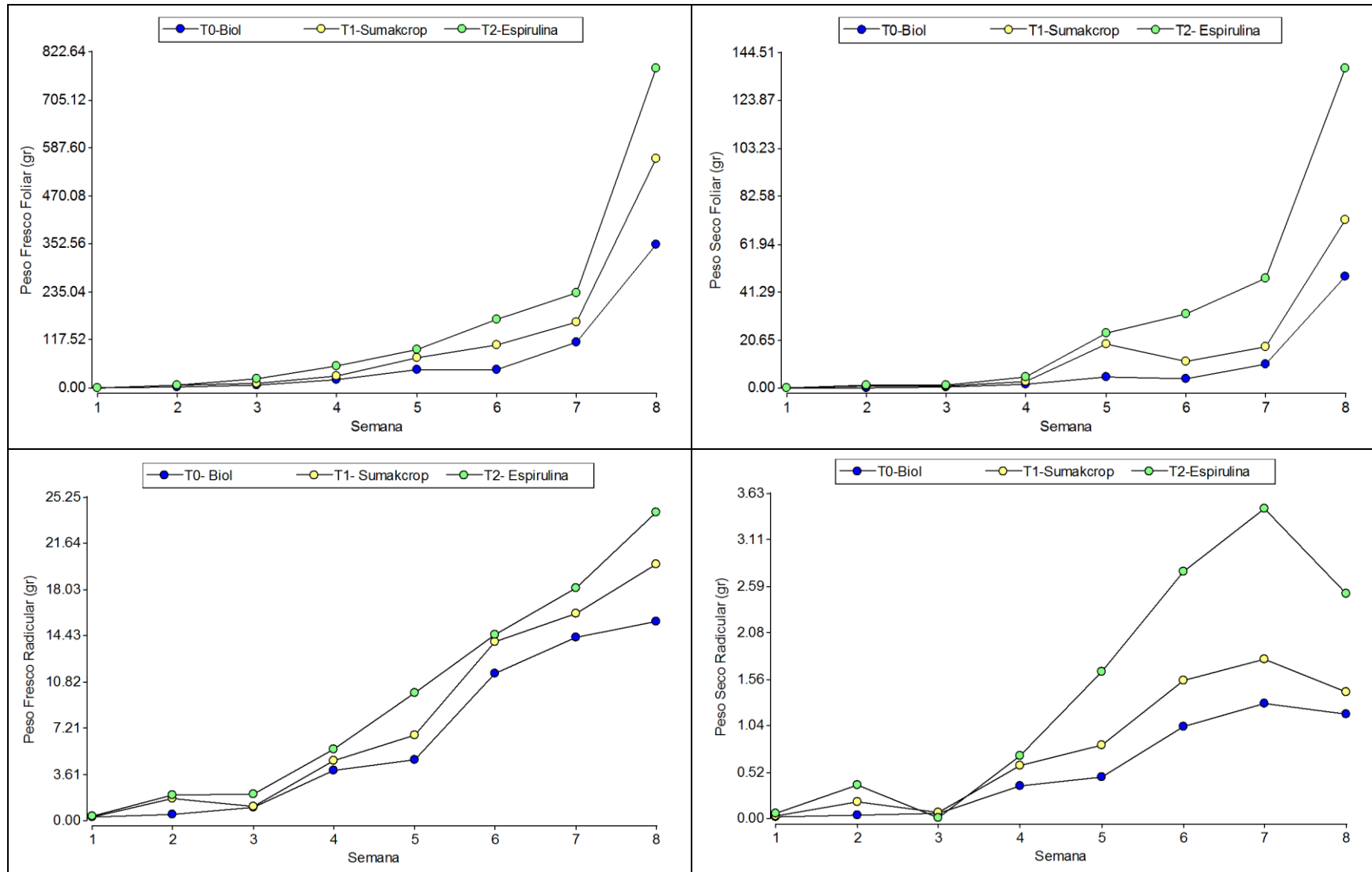
Figura 11

Evaluación del aumento de biomasa fresca en las semanas 1 y 2



Figura 12

Media \pm Desviación Estándar del Peso de Materia Fresca y Seca de la Zona Foliar y Radicular



Longitud de raíz

La longitud de raíz presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos a lo largo del ciclo del cultivo (Tabla 8), es así como T2 obtuvo mayores valores durante las semanas 1, 3, 4, 5, 7 y 8 (7.46 ± 0.84 , 11.08 ± 0.73 , 13.49 ± 0.75 , 16.06 ± 1.50 , 20.08 ± 0.22 y 21.30 ± 0.33 respectivamente); por otra parte, T1 alcanzó mayores valores en las semanas 2 y 6 (8.98 ± 0.72 y 17.74 ± 0.47 respectivamente). El contraste con mayor significancia fue C1 (Testigo vs todos Tratamientos), es decir tanto T2 como T1 alcanzaron valores significativamente superiores en relación con el T0. Los cambios evidenciados en la semana 2 y 6 refieren a que Sumakcrop contiene oligoelementos y minerales que estimulan el crecimiento radicular, así como la resistencia a condiciones de estrés abiótico; ya que en las semanas mencionadas hubo presencia de granizo.

Tabla 8

Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor de la Longitud de Raíz

Semana	Tratamiento	Longitud de Raíz (cm)	F	p-valor
1	T0	5.44 ± 0.10 c	80.29*	<0.0001
	T1	6.34 ± 0.59 b		
	T2	7.46 ± 0.84 a		
2	T0	5.82 ± 0.18 b	484.81*	<0.0001
	T1	8.98 ± 0.72 a		
	T2	8.82 ± 0.46 a		
3	T0	8.89 ± 0.43 c	113.90*	<0.0001
	T1	10.05 ± 0.48 b		
	T2	11.08 ± 0.73 a		
4	T0	8.91 ± 0.58 c	623.61*	<0.0001
	T1	12.75 ± 0.49 b		
	T2	13.49 ± 0.75 a		
5	T0	11.47 ± 1.11 b	108.59*	<0.0001
	T1	15.30 ± 1.74 a		
	T2	16.06 ± 1.50 a		
6	T0	14.04 ± 0.83 b	174.87*	<0.0001
	T1	17.74 ± 0.47 a		
	T2	17.36 ± 1.39 a		

Semana	Tratamiento	Longitud de Raíz (cm)	F	p-valor
7	T0	15.04 ± 1.14 c	431.00*	<0.0001
	T1	18.08 ± 0.41 b		
	T2	20.08 ± 0.22 a		
8	T0	18.04 ± 0.38 c	671.80*	<0.0001
	T1	19.91 ± 0.38 b		
	T2	21.30 ± 0.33 a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Podemos comparar los resultados obtenidos con los de (Shedeed & Gheda, 2022), quienes utilizaron *Arthrospira platensis* como biofertilizante en *Lupinus luteus*. Al aplicar una dosis mínima (0.25%) obtuvieron la mayor longitud de raíz (8.00 ± 0.23) cm, al igual que el resultado de T2 sobre la misma variable.

Morsy (2019), obtiene mayores longitudes en el cultivo de Colinabo (*Brassica oleracea var. gongylodes*) con un máximo de 60.48 cm utilizando espirulina, y lo atribuye directamente a una mayor elongación radicular, al igual que las plantas de T2 presentando una longitud máxima de (21.30 ± 0.33)

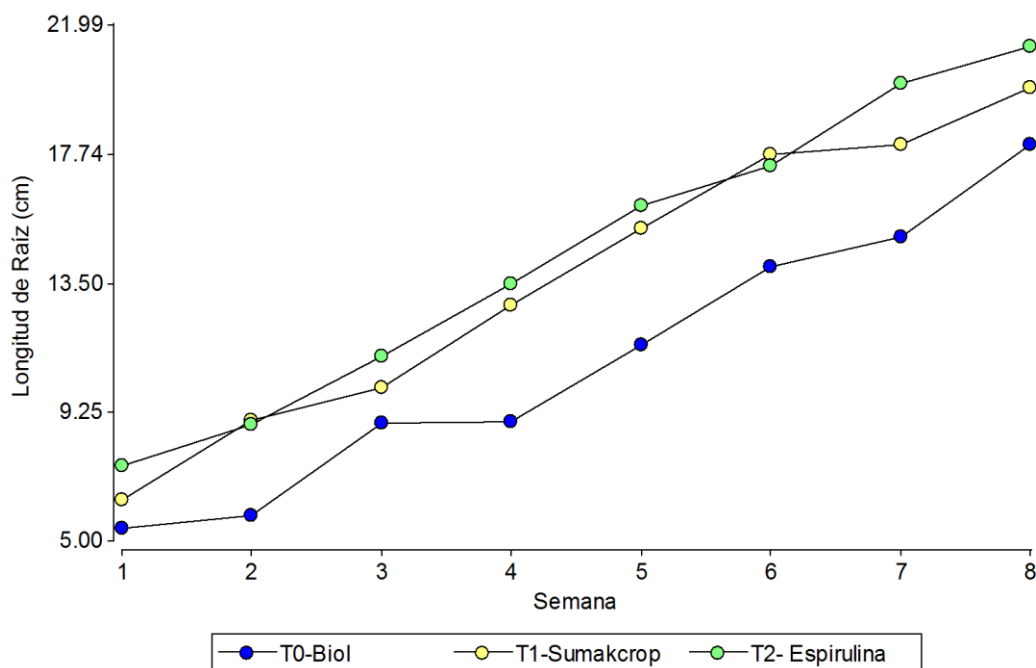
Referente a la longitud alcanzada por T1, (Nidhi & Krishnan, 2021) reportan valores importantes en su estudio donde se fertiliza con extracto de Algas Marinas (*Ascophyllum nodosum*) plantas de *Vigna aconitifolia*. Las plantas alcanzan una longitud de raíz de 17 cm en el día 40, siendo similar al valor obtenido en el ensayo (15.30 ± 1.74) cm.

En la Figura 12 Se puede observar la dinámica de crecimiento radicular durante las 8 semanas del ciclo de cultivo, se evidencia que en las semanas 2 y 6 (T1) supera en longitud (8.98 ± 0.72 y 17.74 ± 0.47) a (T2) (8.82 ± 0.46 y 17.36 ± 1.39). Cabe recalcar que en las semanas mencionadas hubo granizadas; se conoce que el extracto de *Ascophyllum nodosum*

(Sumakcrop) contiene compuestos esenciales que promueven el crecimiento y mejora la resistencia contra estrés biótico y abiótico.

Figura 13

Longitud de Raíz (cm) de los 3 tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo



Área Foliar

El Área Foliar presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre todos los tratamientos (Tabla 9), siendo T2 el tratamiento con resultados mayormente significativos. Durante las 8 semanas del ciclo de cultivo T2 alcanzó los valores superiores (11.03 ± 0.43 , 31.34 ± 1.66 , 116.69 ± 0.86 , 242.12 ± 1.29 , 242.93 ± 15.71 , 239.87 ± 3.39 , 278.07 ± 5.78 , 718.90 ± 7.01) cm en relación con los demás tratamientos.

De igual manera a lo largo de las semanas del cultivo, C1 (Testigo vs todos tratamientos) presentó mayores niveles de significancia, lo que ratifica que el uso de *Arthrospira platensis* (T2) y Sumakcrop (T1) generó niveles más altos en comparación al testigo, respecto a área foliar.

Tabla 9

Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Área Foliar

Semana	Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	F	p-valor
1	T0	7.19 \pm 0.30 c	1362.69*	<0.0001
	T1	9.61 \pm 0.13 b		
	T2	11.03 \pm 0.43 a		
2	T0	12.02 \pm 2.02 c	990.17*	<0.0001
	T1	31.19 \pm 2.85 b		
	T2	31.34 \pm 1.66 a		
3	T0	58.58 \pm 1.79 c	19889.27*	<0.0001
	T1	99.66 \pm 1.00 b		
	T2	116.69 \pm 0.86 a		
4	T0	80.46 \pm 0.65 c	35701.66*	<0.0001
	T1	158.37 \pm 3.74 b		
	T2	242.12 \pm 1.29 a		
5	T0	94.71 \pm 7.26 c	2183.75*	<0.0001
	T1	202.60 \pm 0.90 b		
	T2	242.93 \pm 15.71 a		
6	T0	121.55 \pm 2.52 c	20511.37*	<0.0001
	T1	216.51 \pm 2.08 b		
	T2	239.87 \pm 3.39 a		
7	T0	180.02 \pm 4.23 c	3481.12*	<0.0001
	T1	239.64 \pm 4.48 b		
	T2	278.07 \pm 5.78 a		
8	T0	458.53 \pm 8.36 c	121.48*	<0.0001
	T1	603.05 \pm 3.94 b		
	T2	718.92 \pm 7.01 a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

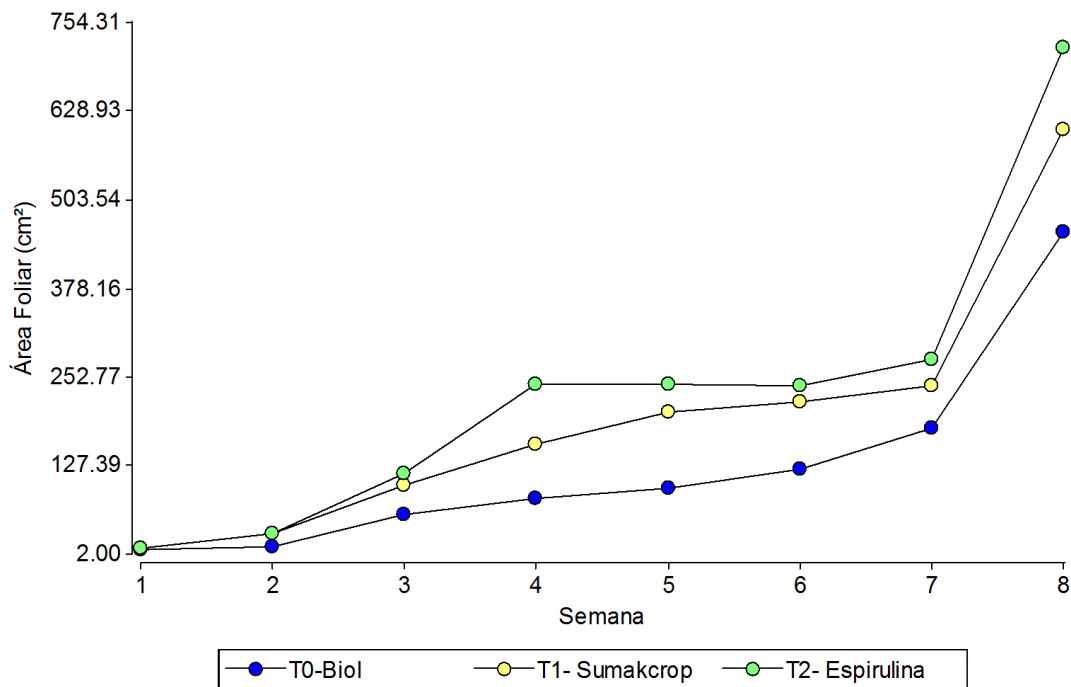
Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Siringi, Turoop & Njonge (2022), reportan valores para área foliar de $716.57 \pm 4.76 \text{ cm}^2$ para lechugas acuapónicas fertilizadas con *Arthrospira platensis* a razón de 4.0 g/L agua, siendo muy cercanos a los valores obtenidos en la semana 8 de este ensayo ($718.92 \pm 7.01 \text{ cm}^2$).

Por otra parte, evaluaciones de extracto de *Ascophylum nodosum* en lechuga reflejan valores para área foliar de $595 \pm 10.41 \text{ cm}^2$ en contraste con la media obtenida que fue de $603.05 \pm 3.9 \text{ cm}^2$ (Chrysargyris, Panayiota, Anastasiou, Pantelides, & Tzortzakis, 2018).

Figura 14

Área Foliar (cm^2) de los 3 tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo



Diámetro de Cabeza

Dentro de esta variable existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). De igual manera se puede observar en la (Tabla 10) que T2 inicia la fase de producción desde la semana 6 ya que se encuentran repollos de $(5.45 \pm 0.47) \text{ cm}$, mientras que T1 y T0 empiezan a la semana 7.

En cuanto a los contrastes ortogonales, durante la semana 6 y 7, C2 (Biofertilizante de Espirulina vs Sumakcrop) tuvo mayor significancia, debido a que T2 tuvo mayor impacto sobre T1 con valores de ($F= 3995.83, p < 0.0001$) y ($F= 624.89, p < 0.001$) respectivamente en cada semana.

Tabla 10

Media ± Desviación Estándar, F y p-valor del Diámetro de Cabeza

Semana	Tratamiento	Diámetro de cabeza (cm)	F	p-valor
6	T0	0.00 ± 0.00 b	3995.83**	<0.0001
	T1	0.00 ± 0.00 b		
	T2	5.45 ± 0.47 a		
7	T0	7.44 ± 0.95 b	624.89**	<0.001
	T1	7.17 ± 1.16 b		
	T2	17.93 ± 1.82 a		
8	T0	19.40 ± 0.52 c	463.30*	<0.001
	T1	26.38 ± 1.74 b		
	T2	32.32 ± 2.29 a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

** Contraste ortogonal 2 (C2) con mayor significancia en el análisis

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

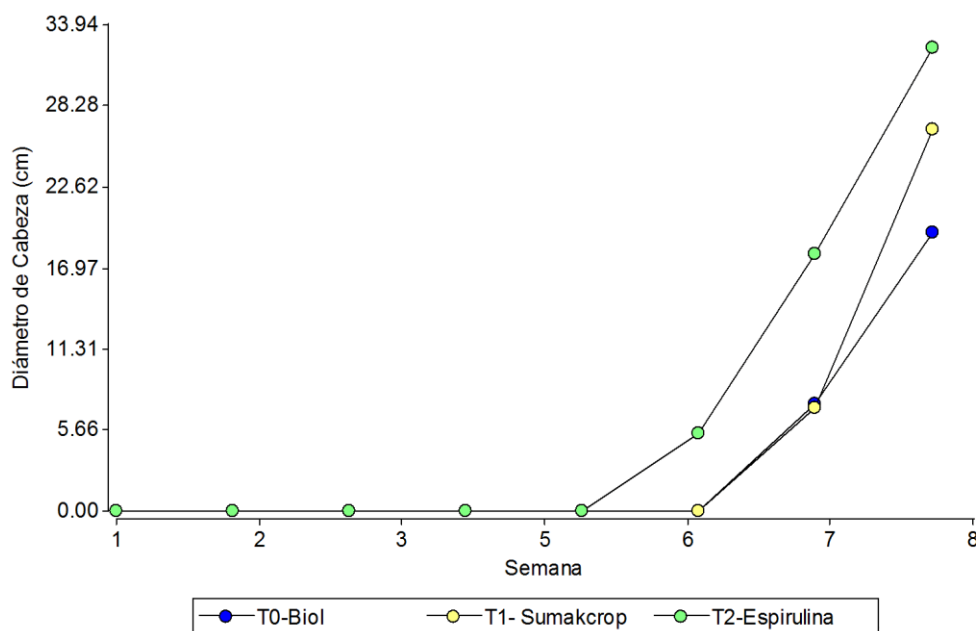
Franco & Olmedo (2018), en el ensayo de lechugas fertilizadas con Urea obtienen un diámetro promedio de 60.34 cm lo cual excede significativamente los valores obtenidos en este estudio (32.32 ± 2.29) cm, esto se justifica ya que debido a una fertilización en demasía de N desencadena el exuberante desarrollo vegetativo.

Por otra parte (Velazquez & Ruiz, 2014), implementan fertilización orgánica en plantas de lechuga obteniendo diámetro de cabeza en un intervalo de (17.07 – 20.33) cm; valores similares a los obtenidos con T0 (19.40 ± 0.52) cm.

Morsy (2019), en su estudio reporta los mejores diámetros en Colinabo (*Brassica oleracea var. Gongylodes*) fertilizado con espirulina (10.17) cm versus los demás tratamientos, lo cual se compara con los resultados obtenidos en este ensayo, ya que T2 (32.32 ± 2.29) cm alcanza los valores más altos en cuanto a diámetro de cabeza.

Figura 15

Diámetro de Cabeza (cm) de los 3 tratamientos a partir de la semana 6 del cultivo



En la Figura 15 se puede observar el inicio de la fase productiva de cada tratamiento. T2 inicia el ciclo de producción a la semana 6 con el apareamiento de repollos de (5.45 ± 0.17) cm, consecuentemente las plantas de T2 se cosecharon y comercializaron una semana precia a T0 y T1 que cumplieron con el tiempo establecido del cultivo (8 semanas). Esta información puede ser corroborada con estudios de (Varia, Kamaleson, & Lerer, 2022) quienes bioestimularon con extracto de Espirulina plantas de *Lactuca sativa* en hidroponía vertical; cosechando plantas en 22 días a comparación de las plantas no tratadas que fueron cosechadas a los 28 días, es decir hubo un adelanto productivo de 6 días.

Variables Fisiológicas

Mortalidad

Para esta variable, no existieron diferencias significativas ($F 3.49; p=0.0946$ ns) entre los tratamientos, ya que todos los tratamientos presentaron un porcentaje de mortalidad inferior al 4 % en todas las unidades experimentales; adicionalmente los valores de D.E exceden las

medias en los casos de T1 y T2 (1.00 ± 1.15 y 1.00 ± 1.15 respectivamente) siendo valores relativamente irrelevantes (Tabla 11; Figura 15). Cabe destacar que la escasa mortalidad presentada no se debió a factores como plagas o enfermedades, sino a factores externos como la presencia de perros en los predios.

Tabla 11

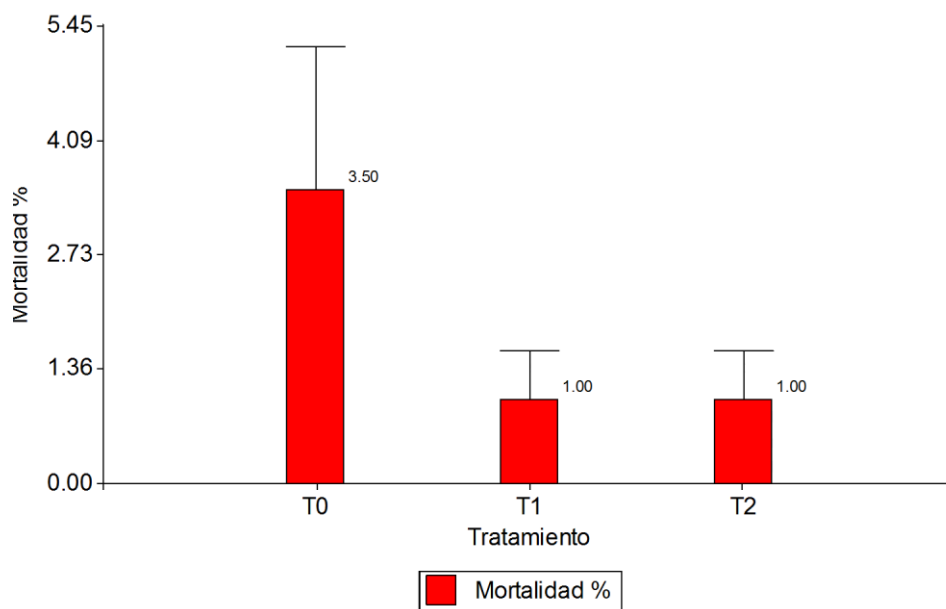
Media \pm Desviación Estándar del Porcentaje de Mortalidad

Tratamiento	Mortalidad (%)
T0	3.50 ± 3.42 a
T1	1.00 ± 1.15 a
T2	1.00 ± 1.15 a

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Figura 16

Media \pm Desviación Estándar del Porcentaje de Mortalidad



Niveles de Nitratos

Luego de realizar contrastes ortogonales, se determinó que el contraste con mayor significancia fue C1 (Testigo vs todos tratamientos) con ($F= 13.57$; $p= 0.005$). No existieron

diferencias significativas entre los tratamientos únicamente entre T0 (81.25 ± 12.50) mg NO_3^- / L y T2 (375.00 ± 54.34) mg NO_3^- / L hubo diferencias significativas.

Los niveles de (NO_3^-) son un importante indicador de calidad en los vegetales de hoja, el contenido de (NO_3^-) permitido en la ingesta humana es de 3.650 mg/kg de peso (Sánchez T. , 2010). Por ejemplo, una persona de 65kg de peso no debería consumir más de 237.25 mg de (NO_3^-) (Paloma, 2011).

Tabla 12

Media \pm Desviación Estándar, de Niveles de Nitratos (NO_3^-)

Tratamiento	NO_3^- (mg/L)
T0	81.25 ± 12.50 b
T1	212.50 ± 75.00 ab
T2	375.00 ± 54.34 a

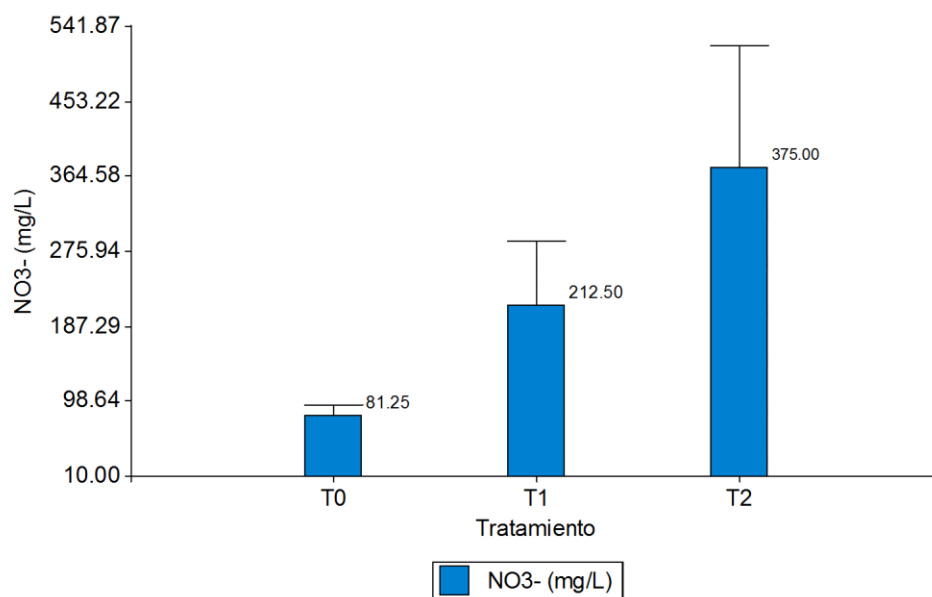
Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

En la (Tabla 12; Figura 17) se puede observar que T2 contiene el mayor nivel de Nitratos (375.00 ± 54.34) mg/L siendo valores inferiores a los reportados por Morsy (2019), quien indica un promedio de 473.85 mg/L al momento de la cosecha en su ensayo de Colinabo fertilizado con espirulina (Morsy, 2019).

Sánchez, Siquilin, Gilí, Baudino, & Morazzo (2012), señalan que en un cultivo de lechuga manejado con urea obtuvo una concentración de nitratos del 2.9 %, siendo valor inferior al T0 que obtuvo (81.25 ± 12.50) mg/L que representa el 0.81 % con relación al peso. Esto debido a que los nitratos se adjudican por varias fuentes, una de ellas es el nitrógeno proveniente de la fertilización; siendo T0 carente de una fertilización química los valores coinciden para ser mínimos.

Figura 17

Media \pm Desviación Estándar, de Niveles de Nitratos (NO₃-)



En la (Figura 17), se aprecia que tanto T0, T1 y T2 presentan valores mínimos en cuanto a la norma establecida para la ingesta de nitratos; en la publicación de Ortega, Martínez, Ospina, García, & Ficheira (2020), se realiza un compendio basado en la Comisión de Regulación de la Unión Europea los niveles de NO₃⁻ por kg de Lechuga iceberg fresca deben ser de 4516 mg * kg. Los resultados muestran que la concentración de NO₃⁻ en tejido vegetal está relacionado directamente con las prácticas de fertilización y más aún con excesos de Nitrógeno (Ortega, Martínez, Ospina, García, & Ficheira, 2020).

Clorofila

Luego de realizar las pruebas de contrastes ortogonales (Tabla 13), se obtuvo que C1 (Testigo vs todos tratamientos fue el contraste con mayor significancia a partir de la semana 6, 7 y 8 ($F_{s6} = 24134.08$, $F_{s7} = 1462.43$ y $F_{s8} = 1128.45^*$; $p < 0.0001$ para todos los casos). En el caso de las semanas 1, 2, 3, 4 y 5 el contraste con mayor significancia fue C2 (Sumacrop vs

fertilizante de espirulina), siendo en todos los casos T2 quien tuvo mayores valores. A lo largo del ciclo de cultivo los tratamientos presentan diferencias altamente significativas entre sí.

La importancia del contenido clorofílico a nivel foliar radica en el estado fisiológico de la planta, pues $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$ por acción de la *clorofila + luz* sintetizan estos compuestos → liberando glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) + Agua y ATP que serán transportados para los procesos de respiración y crecimiento (Castañeda, Almanza, Hernando, Cely, & Serrano, 2018).

Tabla 13

Media ± Desviación Estándar, F y p-valor de Clorofila

Semana	Tratamiento	Clorofila (mg*g-1)	F	p-valor
1	T0	1.65 ± 0.02 b	177.36**	<0.0001
	T1	1.60 ± 0.10 b		
	T2	1.88 ± 0.05 a		
2	T0	2.64 ± 0.02 b	546.12**	<0.0001
	T1	2.50 ± 0.06 c		
	T2	2.85 ± 0.06 a		
3	T0	2.64 ± 0.03 b	179.73**	<0.0001
	T1	2.57 ± 0.15 b		
	T2	3.00 ± 0.09 a		
4	T0	4.23 ± 0.03 b	354.23**	<0.0001
	T1	4.00 ± 0.09 c		
	T2	4.60 ± 0.14 a		
5	T0	5.12 ± 0.08 c	198.75**	<0.0001
	T1	4.93 ± 0.14 b		
	T2	5.53 ± 0.18 a		
6	T0	5.75 ± 0.04 b	24134.08*	<0.0001
	T1	6.94 ± 0.01 a		
	T2	6.96 ± 0.02 a		
7	T0	6.98 ± 0.02 c	1462.43*	<0.0001
	T1	7.08 ± 0.02 b		
	T2	7.19 ± 0.01 a		
8	T0	7.00 ± 0.01 c	1128.45*	<0.0001
	T1	7.15 ± 0.04 b		
	T2	7.48 ± 0.04 a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

** Contraste ortogonal 2 (C2) con mayor significancia en el análisis

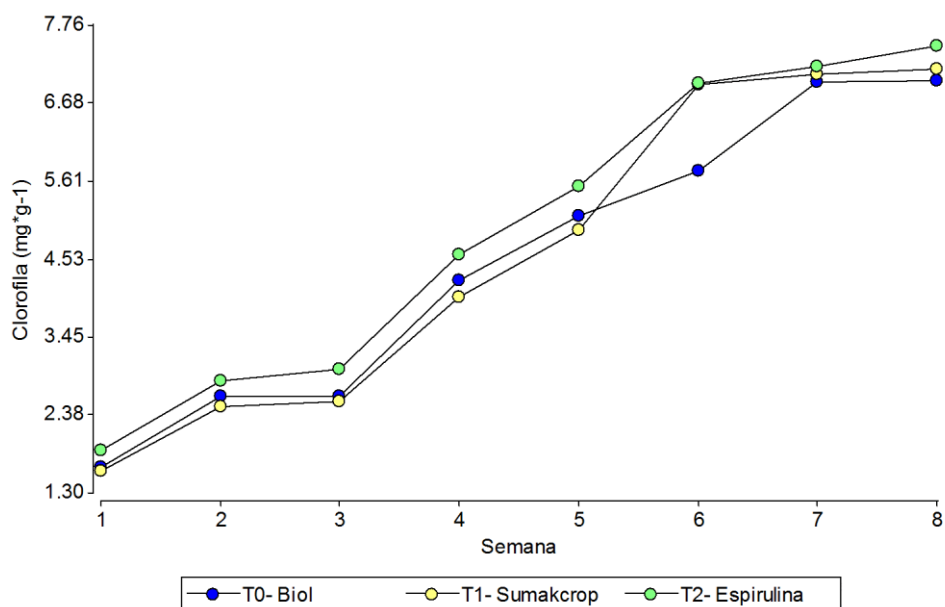
Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Shedeed & Gheda (2022), obtienen valores para clorofila de $1.334 \pm 0.021 \text{ mg} \cdot \text{g}$ de peso fresco en *L. luteus* fertilizado con espirulina, siendo valores inferiores a los obtenidos en este ensayo en el mismo periodo de tiempo pues los niveles de clorofila alcanzados a los 30 días por T2 fue de $4.60 \pm 0.14 \text{ mg} \cdot \text{g}$ de peso fresco en *Lactuca sativa*. Se ha encontrado que las microalgas contienen una amplia gama de compuestos como vitaminas, aminoácidos y expopolisacaridos que mejoran la biosíntesis interna de la clorofila (Shedeed & Gheda, 2022).

Cabe recalcar que T2 mantiene los valores más altos (Tabla13) en cuanto a niveles de clorofila, lo cual se asemeja con los resultados obtenidos por Faiz, (2019), quienes obtienen los mayores niveles de clorofila en el cultivo de Okra (*Abelmoschus esculentus*) fertilizado con espirulina ($T_{sp} = 53.9 \%$) versus el testigo ($T_0=42.4 \%$) (Faiz, 2019).

Figura 18

Contenido de Clorofila a lo largo del ciclo del cultivo



Se puede observar que durante las semanas 1, 2, 3, 4 y 5 (Figura 17) T0 obtuvo mayores valores respecto a T1, lo cual en comparación con los resultados de Carnicer, Shindoi, Delfino, & Leconte, (2020) se asemeja ya que se prueba fertilización orgánica con compost en *L. sativa* obteniendo mayores valores de clorofila (7.64, 7.1, 6.75, 6.86) mg*g de peso fresco. Gracias al alto contenido de Nitrógeno y sales en el biol, las células estimulan la actividad fotosintética generando mayor cantidad de pigmento clorofílico, desencadenando en una mayor eficiencia en el crecimiento vegetal (Carnicer, Shindoi, Delfino, & Leconte, 2020).

No obstante, T1 (Sumacrop) presenta resultados más altos versus T0 a partir de la semana 6 ($T0_{s6}=6.94 \pm 0.01$) (Figura 18), se debe tener en cuenta que uno de los componentes esenciales de *Ascophyllum nodosum* son las betainas, las cuales se conoce previenen la degradación clorofílica (Nidhi & Krishnan, 2021). Chrysargyris, Panayioti, Anastasiou, Pantelides, & Tzortzakis (2018), reportan contenido clorofílico de (2.06 ± 0.117) mg* g de peso fresco en lechugas fertilizadas con extracto de *A. nodosum* a los 32 días, siendo un valore menor al obtenido en este ensayo $T1_{s4}= (4.00 \pm 0.09)$ mg*g.

Parámetros Productivos

Rendimiento

Luego de realizar la prueba de contrastes ortogonales (Tabla 14), se determinaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los 3 tratamientos, así como el C1 (Testigo vs todos tratamientos) como el contraste de mayor significancia ($F = 7631.84$; p valor < 0.0001). Siendo una vez más T2 quien tuvo el mayor rendimiento ($10.48 + 0.08$) kg/ m².

Tabla 14*Media ± Desviación Estándar del Rendimiento*

Tratamiento	Rendimiento (kg*m ²)
T0	4.27 + 0.11 c
T1	7.01 + 0.04 b
T2	10.48 + 0.08 a

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Se puede traducir el rendimiento en cantidad de materia cosechada por superficie cultivada; en el caso de T2 se obtuvieron 10.48 kg* m². es decir, en cada metro cuadrado se obtuvieron repollos de aproximadamente 1.6 kg siendo este el máximo rendimiento alcanzado. Varia, Kamaleson, & Lerer, (2022) mejoran el peso de lechugas fertilizadas con *A. platensis* cultivadas en hidroponia vertical teniendo pesos de (238 ± 19) g versus el control que alcanzó 212.0 ± 17 g en peso.

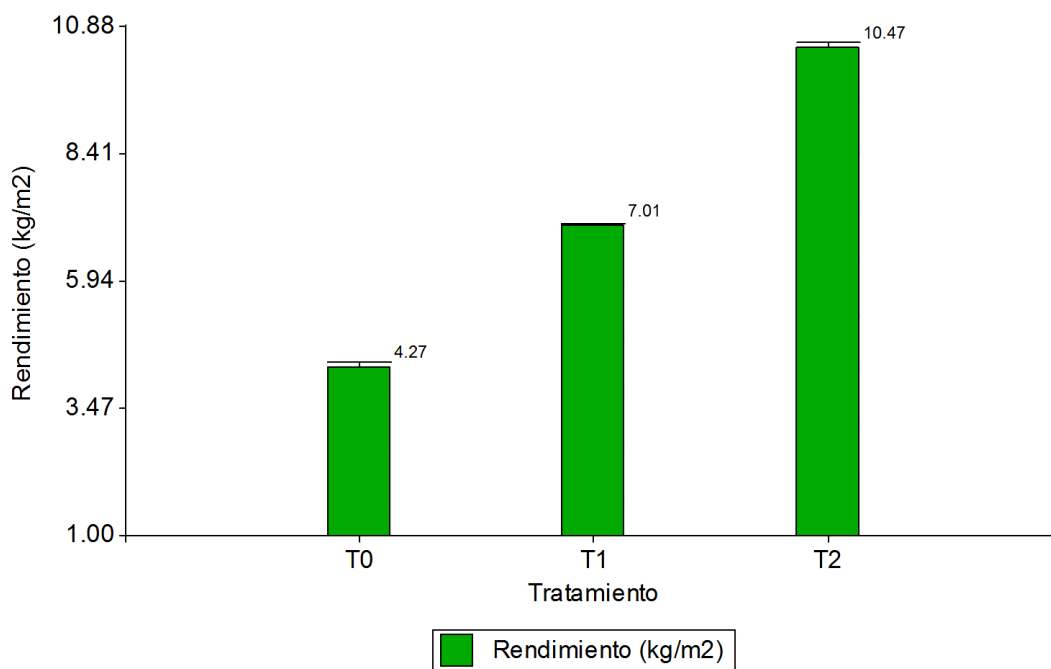
Igualmente, en estudios de Colinabo fertilizado con espirulina, Morsy (2019) obtuvo mayores rendimientos con bulbos que alcanzaron una productividad de 2.497 kg * m² en comparación a fertilizaciones orgánicas con Nitrógeno. Es evidente que T2 alcanzó los mayores pesos versus una fertilización orgánica tradicional (T0).

Faiz, (2019) afirma que “el rendimiento máximo de Okra (15,3t) se obtuvo con el tratamiento T_{Sp} (Espirulina) y el mínimo (11,4t) se obtuvo de T0, siendo un (25,5%) más alto que el tratamiento de control. Además, los T_{Os} y el tratamiento T_{Sp} tuvieron un mayor rendimiento (14,1 y 14,5) t, aumentando el rendimiento un (19,3% y 21,4% respectivamente) sobre el tratamiento de control”. En contraste con este estudio, T2 obtuvo un incremento productivo del 33.11 % sobre T1 lo cual se contrasta con los estudios de (Faiz, 2019).

(Shedeed & Gheda, 2022) presentan mejoras en el rendimiento de *Lupinus luteus* fertilizado con *Arthrospira platensis*. En este caso el rendimiento se midió como: número total de brotes por planta, cantidad de semillas y peso de semillas. Es decir, parámetros diferentes al peso por unidad de superficie obtenido. Encontrándose así que *A. platensis* (al 0.25%) presentó mejoras significativas en todas las variables mencionadas, al igual que los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo con T2.

Figura 19

Media ± Desviación Estándar del Rendimiento



Referente a T1, Nidhi & Krishnan (2021) evaluaron el rendimiento de semillas de *Vigna aconitifolia* obteniendo pesos de 6.5 gramos a una concentración de 0.02%; cabe recalcar que el tratamiento control de tal estudio obtuvo un rendimiento de 3.0 gramos siendo el tratamiento

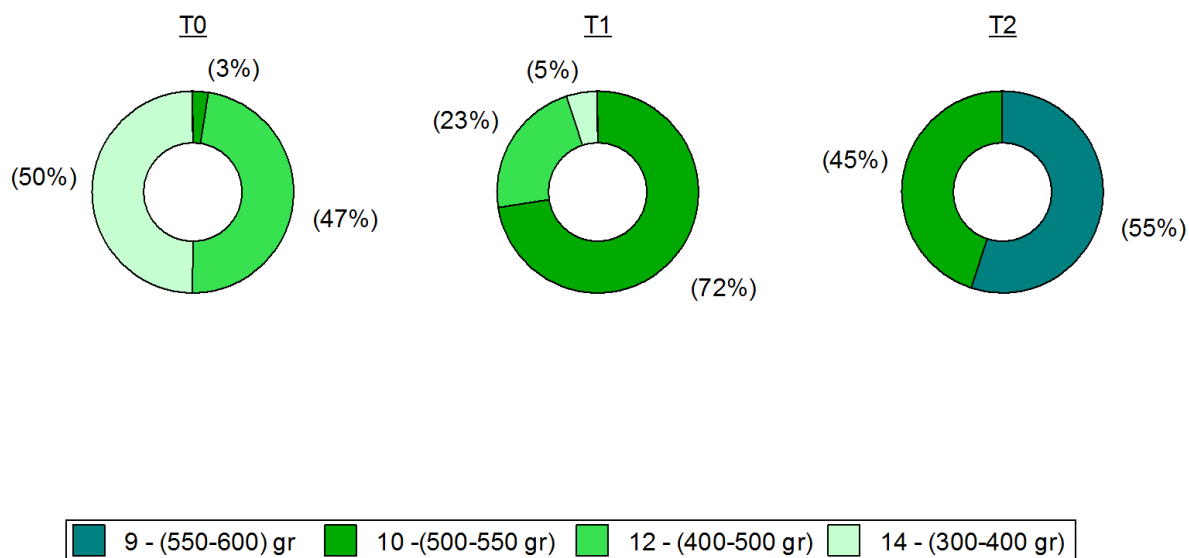
de *A. nodosum* superior por el doble. En nuestro caso existen similitudes ya que T1 obtuvo 7.01 kg versus T0 consiguió 4.27 kg siendo casi el doble del rendimiento.

En el caso de *Lactuca sativa*, (Chrysargyris, Panayiota, Anastasiou, Pantelides, & Tzortzakis, 2018) describen al rendimiento como el peso en biomasa fresca obtenido de cada planta. Al momento de la cosecha obtienen plantas de (371.4 ± 20.32) g consecuentemente en el presente ensayo T1 alcanza valores de (560.96 ± 64.79) g siendo superiores, pero a la vez concordantes para el tratamiento en discusión.

Calibre

Figura 20

Calibres expresados en porcentaje obtenido para cada tratamiento



Para determinar los calibres de la lechuga iceberg, se clasificaron de acuerdo al peso del repollo según lo estimado por (Carrillo, 2016) cosechado obteniéndose para T0; 5 unidades de calibre 10 (3%), 95 unidades de calibre 12 (47%) y 100 lechugas de calibre 14 (50 %); para T1: 145 unidad de calibre 10 (72 %), 45 lechugas de calibre 12 (23%) y 10 unidades de 14 (5%)

y para T2: 105 lechugas de calibre 9 (55%) y 90 lechugas de calibre 10 (45%) evidenciándose que T2 alcanza mejores calibres al momento de la cosecha.

Correlación entre variables.

Tabla 15

Índices de Correlación de Pearson entre variables Agronómicas

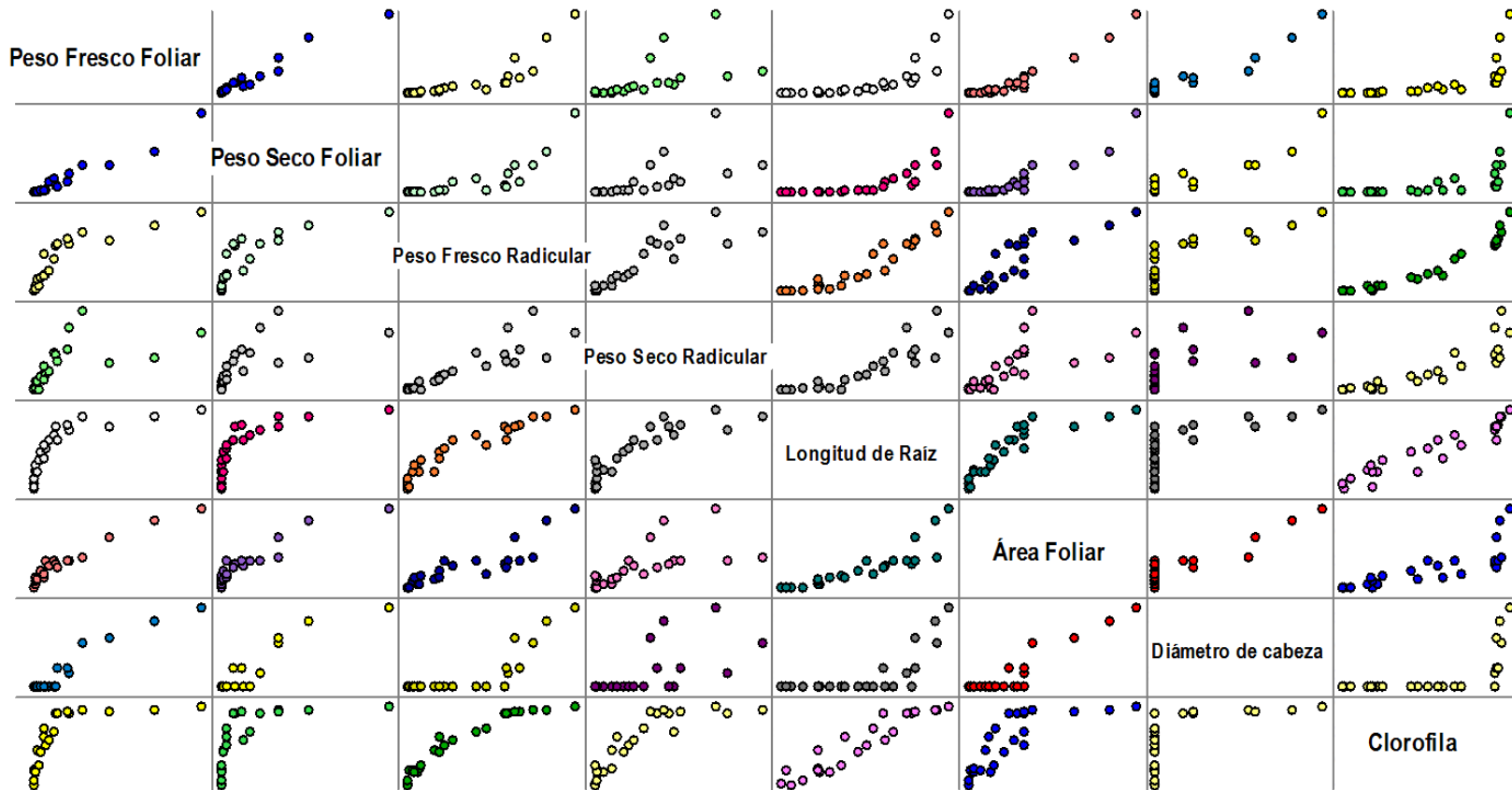
	Peso Fresco Foliar	Peso Seco Foliar	Peso Fresco Radicular	Peso Seco Radicular	Longitud de Raíz	Área Foliar	Diámetro de cabeza	Clorofila
Peso Fresco Foliar	1	0	ns	Ns	ns	0	0	ns
Peso Seco Foliar	0.98	1	ns	Ns	ns	ns	ns	ns
Peso Fresco Radicular	0.84	0.81	1	Ns	ns	ns	ns	ns
Peso Seco Radicular	0.63	0.67	0.88	1	ns	ns	ns	ns
Longitud de Raíz	0.75	0.73	0.95	0.87	1	ns	ns	ns
Área Foliar	0.96	0.93	0.87	0.66	0.86	1	ns	ns
Diámetro de cabeza	0.96	0.93	0.82	0.64	0.71	0.91	1	ns
Clorofila	0.68	0.64	0.95	0.85	0.95	0.77	0.65	1

Nota. valores cercanos a 1.0 indican mayor correlación positiva entre variables

Valores cercanos a 1.0 muestran mayor nivel de correlación entre variables. Se puede resumir que las plantas con mayor longitud y peso radicular ($r=0.95$, $r=0.88$) alcanzan mayor área y peso foliar ($r=0.96$, $r=0.98$) por consiguiente una mayor área efectiva para el proceso fotosintético lo que genera un contenido superior de clorofila ($r=0.95$); todos estos parámetros se correlacionan con un diámetro de cabeza superior ($r=0.96$) ya que la actividad fisiológica influye positivamente en una mayor productividad.

Figura 21

Matriz de Correlación entre variables Agronómicas



De acuerdo con los diagramas (Figura 20) de correlación entra variables, se puede evidenciar que la distribución de datos alcanza una alta uniformidad y tendencia positiva. Esto concuerda con los índices de Pearson (r) que en la mayoría de las variables agronómicas alcanzan valores cercanos a 1 (Tabla 15).

Tabla 16

Índices de Correlación de Pearson (r) entre variables Nutricionales

	Nitratos	M.O	Solidos solubles	Proteína	Fibra	Grasa	Ceniza	Humedad
Nitratos	1	0.01	ns	0.03	ns	0.02	ns	0.03
M.O	-0.74	1	ns	ns	ns	ns	ns	0.13
Solidos solubles	0.84	-0.88	1	ns	ns	0.01	ns	0.08
Proteína	0.63	-0.74	0.86	1	ns	0.05	ns	0.21
Fibra	-0.86	0.91	-0.98	-0.82	1	ns	ns	0.1
Grasa	0.66	-0.54	0.71	0.58	-0.77	1	ns	0.09
Ceniza	0.81	-0.94	0.92	0.7	-0.96	0.65	1	ns
Humedad	0.61	-0.47	0.53	0.39	-0.5	0.52	0.41	1

Nota. Valores cercanos a 1.0 indican mayor correlación positiva entre variables

Si bien es cierto las variables agronomicas como morfometricas de las plantas tuvieron altas correlaciones positivas (Tabla 15). Al momento de analizar su contenido celular a nivel de laboratorio encontramos un panorama distinto. A mayores niveles de nitratos existe mayor presencia de Solidos solubles ($r=0.84$) y Ceniza ($r=0.81$). Igualmente el contenido de M.O aumenta conforme lo hace el contenido de fibra ($r=0.91$) y entre solidos solubles y ceniza ($r=0.92$) existe un alta correlacion positiva.

Cabe recalcar que de igual manrea existen altos indices de correlacion negativa entre variables, dando a entender que exuiste una correlacion inversamente proporcional entre las categorias señaladas siendo el caso de Ceniza con M.O ($r=-0.94$) y Fibra ($r=0.96$).

Variables Nutricionales

Solidos Solubles

Luego de haber realizado la prueba de contrastes ortogonales se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) y el contraste con mayor significancia es C1 (Testigo vs todos tratamientos) demostrando que el efecto de T1 y T2 es significativamente superior al testigo ($F 366.02$; $p < 0.0001$). Evidentemente T2 obtiene el mayor nivel de solidos solubles (Tabla 16). Se debe tener en cuenta que los °Brix representan la cantidad de azucares, solidos solubles o materia seca que una solución liquida contiene (Mettler Toledo, 2021).

Tabla 17

Media \pm D.E para Solidos solubles (° Brix)

Tratamiento	Solidos solubles (°Brix)
T0	2.48 \pm 0.10 c
T1	3.23 \pm 0.15 b
T2	4.80 \pm 0.14 a

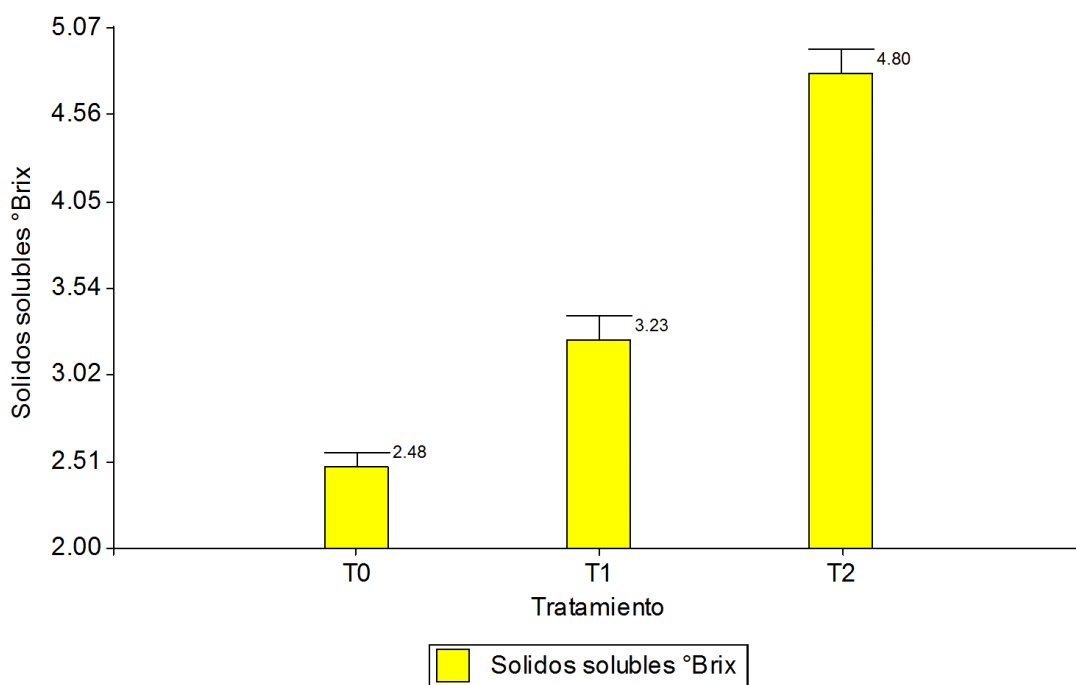
Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Oliveira, y otros, (2017) indican que plantas de *Lactuca sativa* tratadas con Spirufert® alcanzan una concentración de 4.16 ° brix al momento de la cosecha, lo cual es similar a T2 que obtiene (4.80 \pm 0.14) ° brix. Cabe destacar que en el caso de hortalizas los brix no significan que la hoja presentará un sabor “más dulce”, el contenido de solidos disueltos está relacionado con los azucares que la planta presente, confiriéndole así una tiempo más prolongado de vida en percha, pues la maduración ocurre debido al consumo de carbohidratos a causa del metabolismo de respiración celular, este proceso se retarda aún más conforme un mayor nivel de solidos solubles presentes, confiriendo así una mayor durabilidad de las características turgentes en las lechugas (Oliveira, y otros, 2017). De igual manera, Ergun,

Dasgan & Isik, (2020) afirman que las microalgas aumentan el contenido de solidos solubles, pues obtienen 4.17 ° brix en lechugas tratadas con *C. vulgaris*

Figura 22

Solidos Solubles (°brix) para cada tratamiento



Referente a los valores obtenidos por T1, (Figura 22) se logra un valor de 3.23 °brix, siendo mayor pero similar a los reportados por (Hoang, y otros, 2022), quienes consiguen 2.65 °brix en lechugas fertilizadas con extractos de algas marinas (*A. nodosum*), estableciendo así al contenido de solidos solubles como una característica de calidad para *Lactuca sativa* al momento de su comercialización.

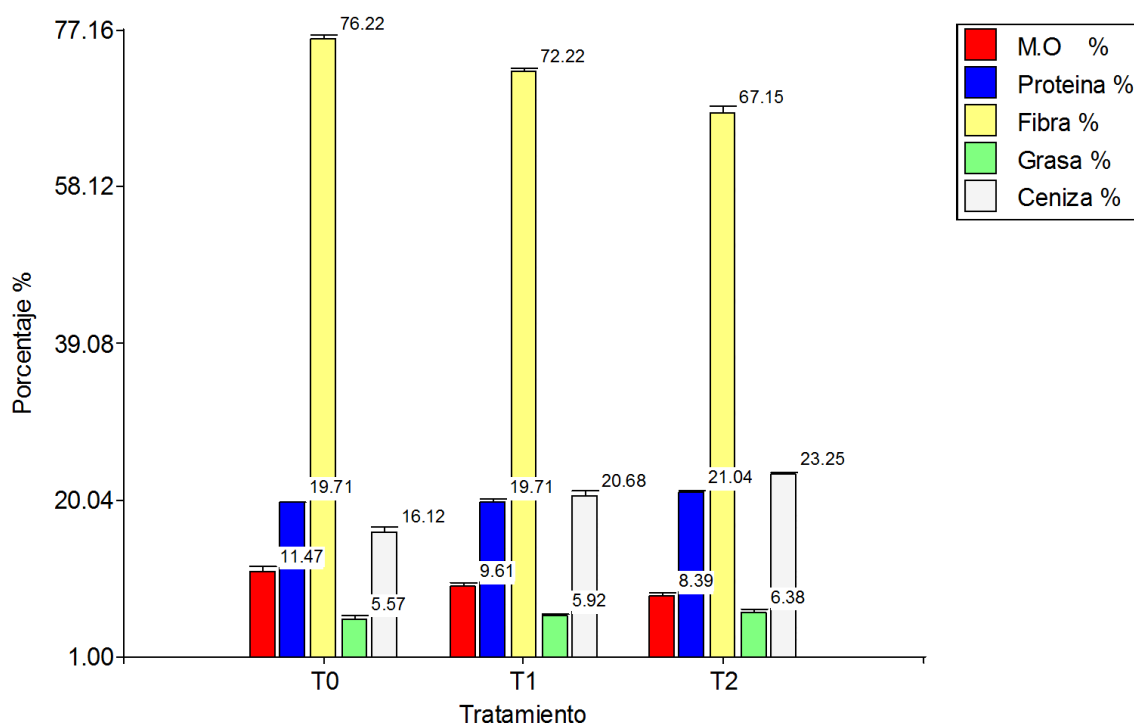
Análisis bromatológico

Una vez realizada la prueba de contrastes ortogonales (Tabla 18), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En el caso de Materia Orgánica (M.O), Fibra, Grasa y Ceniza, C1 fue el contraste con mayor significancia (Testigo vs todos tratamientos) es decir T2 y T1 tuvieron mejores resultados en comparación a T0. En el caso de Proteína, C2 (Sumakcrop vs Fertilizante de Espirulina) tuvo mayor significancia, siendo T2 el que alcanzó mayores niveles de proteína (21.04 + 0.06) % (F =44.9; p=0.0001).

En el caso de Proteína, Grasa y Ceniza, T2 obtuvo mayores valores con relación a los demás tratamientos (21.01 + 0.06, 6.38 +0.48 y 23.25 + 0.22) % respectivamente. Hay que destacar que en el caso de M.O y Fibra la relación es inversa ya que T0 obtiene valores superiores al resto de tratamientos (11.47 + 0.55 y 76.22 + 0.42) % respectivamente.

Figura 23

Porcentajes de Materia Orgánica, Proteína, Fibra, Grasa y Ceniza alcanzados por los tratamientos



Para niveles de Proteína, T2 obtiene mayores niveles (Figura 22) con relación a T1 ($F=44.90$; $p=0.0001$). Este valor se compara con lo obtenido por (Anitha, Kalpana, & Sai Bramari, 2015) , en su estudio evalúan niveles proteicos en *Amatranthus gangeticus* fertilizado con espirulina consiguiendo un 13.3 ± 0.00 % en niveles de proteína si bien es cierto nos son valores iguales ni cercanos, pero si son los tratamientos con mayor valor para esta variable al igual que el T2 (21.04 ± 0.06) % de este ensayo.

En cuanto a los niveles de Fibra, los resultados obtenidos para T0 (76.22 ± 0.42) % concuerdan con (Pak, 2000) , quien señala que la Lechuga iceberg contiene un 76.6 % de Fibra insoluble bajo un sistema de cultivo orgánico convencional. Esto se puede justificar ya que la fibra está compuesta por celulosa vegetal. En el caso de T1 (72.22 ± 0.32) % y T2 (67.15 ± 0.83) % los porcentajes fueron menores ya que tanto las microalgas como algas marinas aportan con nutrientes al componente de la biomasa vegetal es decir se aumentó el nivel nutricional asimilable por el organismo y disminuyó la cantidad de fibra que únicamente aporta volumen a un alimento (Bridges, 2020) .

Tabla 18

Media \pm D.E, F y p-valor para M.O, Proteína, Fibra, Grasa y Ceniza

Tto	M.O (%)	F	p-valor	Proteína (%)	F	p-valor	Fibra (%)	F	p-valor	Grasa (%)	F	p-valor	Ceniza (%)	F	p-valor
T0	11.47 \pm 0.55 a			19.71 \pm 0.06 b			76.22 \pm 0.42 a			5.57 \pm 0.33 b			16.12 \pm 0.68 c		
T1	9.61 \pm 0.43 b	83.50*	<0.0001	19.71 \pm 0.48 b	44.90**	0.0001	72.22 \pm 0.32 b	352.93*	<0.0001	5.92 \pm 0.30 ab	6.33*	0.033	20.68 \pm 0.45 b	382.72*	<0.0001
T2	8.39 \pm 0.30 c			21.04 \pm 0.06 a			67.15 \pm 0.83 c			6.38 \pm 0.48 a			23.25 \pm 0.22 a		

* Contraste ortogonal 1 (C1) con mayor significancia en el análisis

** Contraste ortogonal 2 (C2) con mayor significancia en el análisis

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

De acuerdo con los resultados obtenidos por (Sularz, Smolen, Koronowicz, Kowalska, & Leszczynska, 2020), en un estudio de lechuga fertilizada con fuentes orgánicas presentando resultados similares y un tanto inferiores en cuanto a Ceniza (19.18 ± 0.17) % y Grasa (3.26 ± 0.10) %, se puede evidenciar una diferencia significativa de una fertilización convencional y un biol enriquecido con sales. En cuanto a los niveles de proteína los 3 tratamientos alcanzan valores inferiores (Tabla 18) a los obtenidos por (Sularz, Smolen, Koronowicz, Kowalska, & Leszczynska, 2020) que fue de (24.01 ± 0.26) %. Para el caso del contenido de fibra los valores son considerablemente menores (28.74 ± 0.78) % a los de T0 (76.22 ± 0.42) %, esto se puede contrastar con los altos niveles de proteína obtenidos.

Análisis Económico

Luego de haberse realizado el análisis de presupuesto parcial (Tabla 19), se puede observar que espirulina (T2) tuvo un mayor Beneficio Neto en comparación de T1 y T0. En el caso de T2 el beneficio neto fue de (96.50 USD) luego de la venta de todas las lechugas. Se debe tener en cuenta que un factor crucial fue el precio de venta, ya que las plantas procedentes de este tratamiento salieron a la venta durante la semana del 20 de Junio (Paro Nacional 2022); ante la escasez de productos se vendieron las lechugas en un precio mayor (0.6 USD) al estipulado (0.5 USD).

Tabla 19

Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos

Variable	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Rendimiento (unidades)	200.00	200.00	200.00
Rendimiento ajustado (unidades)	193.00	198.00	198.00
Utilidad bruta (USD/ tratamiento)	96.5	99.00	118.80
Costo biol (USD/tratamiento)	6.19	-	-
Costo Sumakcrop (USD/ tratamiento)	-	9.00	-
Costo Espirulina (USD/tratamiento)	-	-	13.50
Total, costo variable (USD/tratamiento)	6.19	9.00	13.50
Beneficio neto (USD/ tratamiento)	93.81	91.00	96.50

Nota. En la tabla se aprecia el presupuesto parcial correspondiente a cada tratamiento

Tabla 20*Costos variables de T0 (Biol)*

Variable	T0		
	Cantidad	Precio unitario	Total, USD
Insumos del biol	-	-	0.17
Sales minerales	-	-	0.52
Plantas	200	0.015	3
Bomba	1	2.5	2.5
Costos variables/ tratamiento			6.19

Nota. Se muestran los costos variables del tratamiento T0: Biol

Dentro de los costos variables de T0 se han tomado en cuenta únicamente los insumos como: sales minerales, melaza, leche, levadura. Como se realizó en masa para el uso continuo de la comunidad; se proyectaron estos valores a la cantidad que se utilizó dentro del ensayo; obteniéndose así un total de 6.19 USD para la aplicación de este tratamiento (Tabla 20).

Tabla 21*Costos variables de T1 (Sumakcrop)*

Variable	T1		
	Cantidad	Precio unitario	Total, USD
Sumakcrop	0.318 kg	11	3.5
Bomba	1	2.5	2.5
Plantas	200	0.015	3
Costos variables/tratamiento			9.00

Nota. Se muestran los costos variables del tratamiento T1: Sumakcrop

Para el caso de T1 (Sumakcrop) su costo variable es un tanto elevado ya que este costo se mantiene al momento de calcular costos totales pues únicamente se utiliza lo descrito en la (Tabla 21), no se requiere de insumos extras ni procesos previos.

Tabla 22*Costos variables de T2 (Espirulina)*

Variable	T2		
	Cantidad	Precio unitario	Total, USD
Bicarbonato de sodio	4 kg	1.75	7
Sal en grano	2 lb	0.5	1
Plantas	200	0.015	3
Bomba fumigadora	1	2.5	2.5
Costos variables/tratamiento			13.5

Nota. Se muestran los costos variables del tratamiento T2: Espirulina

Para T2 (Espirulina), se consideran dentro de los costos variables insumos tales como: bicarbonato de sodio y sal (Tabla 22) ya que durante el proceso de producción se realizan realimentaciones periódicas y dichos insumos son gastos recurrentes, se debe tener en cuenta que en bicarbonato de sodio tiene un valor significativo en este tratamiento asiéndolo más caro con relación a T0 y T1.

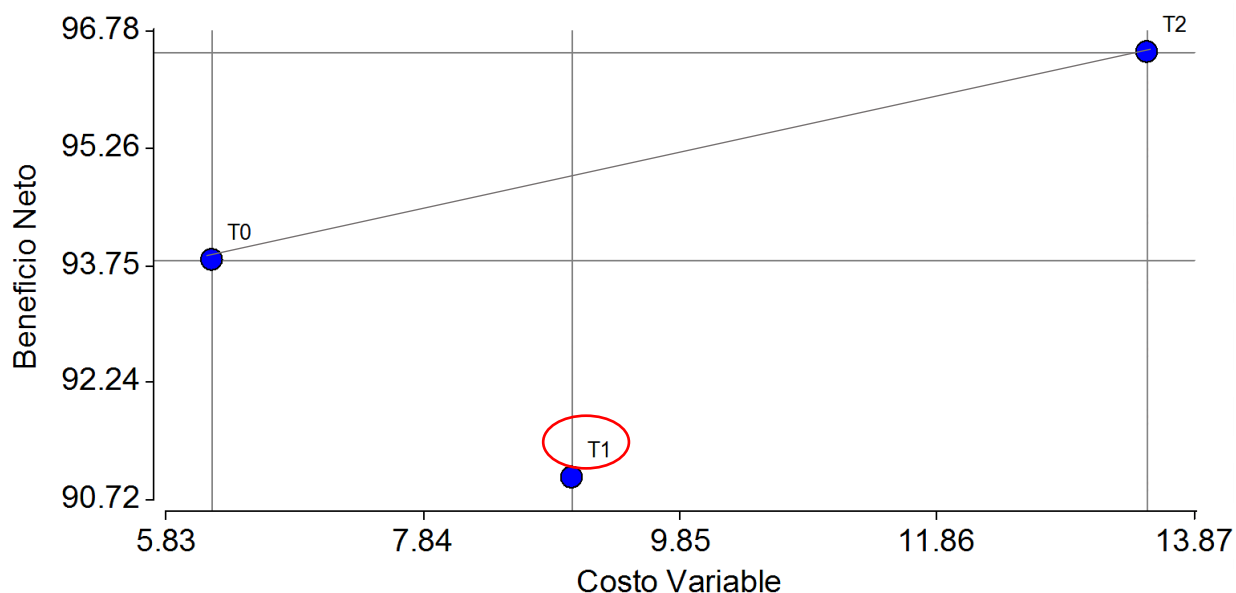
Tabla 23*Costo variable y Beneficio neto/ tratamiento*

Tratamiento	Costo Variable	Beneficio Neto
T0	6.19	93.81
T1	9.00	91.00
T2	13.50	96.50

Para realizar un análisis e identificar al tratamiento dominado, se procedió a calcular el beneficio neto y los costos variables que se generaron en cada tratamiento para este estudio. Se puede ver que T2 presenta el mayor valor en cuanto a costos variables, pero de igual manera genero un mayor beneficio neto.

Figura 24

Grafica del Tratamiento dominado



La Figura 24 identifica como T1 al tratamiento dominado, es decir aquel que tuvo menor beneficio en función de los costos variables en comparación con todos los tratamientos. Hay que tener en cuenta que el beneficio neto difiere mínimamente de T0 (Biol), y no necesariamente significa que T1 y T0 sean tratamientos económicamente inviables o que no generen un margen de utilidad.

Tabla 24*Análisis costo/beneficio de cada tratamiento*

Relación	Tratamiento		
	T0	T1	T2
Costo / beneficio	5.41	7.36	3.10

Nota. La tabla muestra los índices C/B

En la Tabla 24 se indican los valores de costo/beneficio, en los tres casos este valor es superior a 1; indicando que todos los tratamientos son rentables. Consecuentemente este proyecto genera una ganancia para los productores y a futuro retribuirá con un beneficio social (Váquiro, 2010) como lo fue la naturaleza de este proyecto.

Tabla 25*Proyección anual de ingresos para cada tratamiento*

Tratamiento	Ciclo (semanas)	Ventas (USD)/ ciclo	Numero Ciclos anuales	Ingresos anuales	Porcentaje de cosecha (%)		
					Semana 6	Semana 7	Semana 8
T0	8+1*	100	5.7	570	0.0	2.0	98.0
T1	8+1*	100	5.7	570	0.0	2.0	98.0
T2	7+1*	110	6.5	715	90.0	10.0	0.0

Nota. se aprecia una proyección anual de ciclos, así como el porcentaje de cosecha en las 3 últimas semanas

* +1: se considera una semana adicional al ciclo para la preparación del terreno previo a un nuevo ciclo.

Otra perspectiva para un análisis económico es evaluar el número de ciclos en una proyección anual, teniendo en cuenta la utilidad bruta por cada tratamiento. Como se mencionó en la (Figura 15), T2 presentó un adelanto productivo de una semana siendo su ciclo de producción de 7 semanas. Al considerar que 1 año consta de 52 semanas se calcula el número de ciclos anuales para cada tratamiento, y los ingresos que estos generen. Consiguiendo así un total de ingresos anuales de 715 USD por parte de T2 versus los 570 USD proyectados para T0 y T1 respectivamente (Tabla 25).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- En cuanto peso fresco y seco, T2 (Espirulina) obtuvo los mayores valores a lo largo del ciclo del cultivo, culminando con un peso fresco promedio de 783.50 ± 12.27 gr para la zona foliar y 24.06 ± 2.47 gr para la zona radicular; así mismo alcanzó un peso de 137.64 ± 1.37 gr de peso seco foliar y 2.51 ± 0.01 gr de peso seco radicular. El peso seco representó un 19 % de materia seca en relación con el peso total de las plantas con relación al 11% y 9% de materia seca en T1 y T0 respectivamente.
- Para el crecimiento radicular, T2 igualmente obtuvo una mayor longitud de raíz a lo largo del cultivo con 21.30 ± 0.33 cm en la octava semana de producción. Siendo relativo al desarrollo del área foliar ya que T2 alcanza un área promedio de 718.92 ± 7.01 cm².
- En cuanto al rendimiento del cultivo, T2 presentó mayor productividad con 10.48 ± 0.08 kg* m² asociándose con un mayor diámetro de cabeza de los repollos cosechados, siendo estos de 32.32 ± 2.29 cm de diámetro. De igual manera los repollos de T2 iniciaron su fase de producción 1 semana antes que T0 y T1, acortando así el ciclo de cultivo.
- Referente al porcentaje de mortalidad, esta fue mínima para todos los casos, ya que no existieron diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, la mortalidad de T0 (3.50 ± 3.42 %) fue superior a la de T1 y T2 que únicamente fue del 1.00%. Hay que mencionar que la mortalidad en todos los casos se debió a factores extrínsecos como animales sueltos en los predios.

- Acorde con la norma INEN para parámetros de calidad en productos hortícolas, todos los tratamientos alcanzan niveles de Nitratos (NO_3) inferiores a los establecidos. En este caso T0 presentó menores niveles de NO_3 - 81.25 ± 12.50 mg/L con relación a T2 con 375 ± 54.34 mg/L. Debido a que espirulina (T2) aporta una gran cantidad de macroelementos (en este caso Nitrógeno) que se asimilan y transforman en Nitratos en gran medida comparado con los demás tratamientos.
- En cuanto a niveles de clorofila, T2 alcanzó los valores más altos a lo largo del ensayo; siendo así en la semana 8, se obtuvo 7.48 ± 0.04 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, desencadenando en un desarrollo vegetativo superior ($r_{\text{PFR}} = 0.95$, $r_{\text{PSR}} = 0.85$, $r_{\text{LR}} = 0.95$ y $r_{\text{AF}} = 0.77$) debido a una eficiencia fisiológica que desencadena en mayor crecimiento.
- Para el contenido de sólidos solubles de igual manera, T2 obtuvo 4.80 ± 0.14 brix, lo que representa un mayor nivel de compuestos nutricionales. Esto se relaciona con lo obtenido en el análisis bromatológico, ya que T2 obtuvo los menores niveles de M.O 8.39 ± 0.30 % y Fibra 67.15 ± 0.83 %, siendo estos porcentajes el contenido que aporta únicamente volumen a la biomasa. Por otro lado, el contenido de grasa, ceniza y proteína fue superior ($6.38 \pm 0.48\%$, $23.25 \pm 0.22\%$ y 21.04 ± 0.06 % respectivamente); lo cual ratifica una relación con el alto nivel de sólidos solubles que se traduce en mayor nivel proteico, lipídico y mineral contenido en las hojas.
- Luego de realizar el análisis de presupuesto parcial se determinó que los costos variables de T0 (Biol) fueron de 6.19 USD, de T1 (Sumakcrop) 9.00 USD y T2 (Espirulina) 13.50 USD para la implementación en este ensayo. Alcanzando así T2 el valor más alto debido al mayor número de insumos y accesorios necesarios para la instalación. Posteriormente, se obtuvo un beneficio neto para T0 de 90.31 USD, T1 90.00 y T2 98.90 USD siendo T2 el tratamiento con mayor beneficio neto debido a que las lechugas se comercializaron a un valor superior. De igual manera, se estableció a

T1 como el tratamiento dominado ya que su beneficio neto es menor en función de los demás tratamientos comparado con los costos variables del mismo.

- Los índices de costo / beneficio demuestran que todos los tratamientos son rentables ya que los valores son superiores a 1. Siendo T1 el tratamiento con mayor costo/beneficio (7.36) sobre T0 y T2 (5.41 y 3.10 respectivamente). Esto se debe a que, si bien los costos variables de T1 (Sumakcrop) son superiores a los demás tratamientos, los costos totales no aumentan ya que no se requiere de mayor cantidad de insumos para su aplicación. Por otra parte, el costo/ beneficio de T2 es menor a los demás tratamientos debido a que los costos fijos de instalación son superiores.
- Cabe destacar que dentro del análisis económico se estableció un parámetro de rentabilidad en función de los ingresos percibidos de manera anual ya que al T2 acortar con una semana en producción permite abarcar más ciclos productivos a lo largo del año siendo así se obtuvo que T2 genera un ingreso anual de 715 USD versus T0 y T1 que acumulan 570 USD cada uno en el mismo periodo de tiempo.
- A lo largo de todas las variables analizadas T2 obtuvo los mejores resultados, las pruebas de contrastes ortogonales demostraron que el contraste de mayor significancia fue C1 a lo largo de este estudio, siendo así que tanto T2 (Espirulina) como T1 (Sumakcrop) presentaron un mejor desempeño en relación con el testigo, considerándose así a T1 no como un tratamiento con malos resultados.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar espirulina sobre otros cultivos, en especial, que produzcan frutos (*Lycopersicon esculentum*, *Cucumis sativus* etc.) para así evaluar la producción de la parte comestible.
- Se recomienda fomentar el cultivo de microalgas con la finalidad de implementar nuevas tecnologías de Agricultura Orgánica.
- Se recomienda difundir con productores agrícolas sobre los beneficios de *Arthrospira platensis* como biofertilizante de cultivos orgánicos, para su producción en a mayor escala.
- Se recomienda evaluar Sumakcrop en cultivos hortícolas y frutales, así como analizar diferentes dosis de aplicación.
- Se recomienda utilizar los biofertilizantes tanto de Espirulina como Sumakcrop en la evaluación de germinación de semillas forestales y cultivos hidropónicos.
- Se recomienda hacer un análisis de absorción tanto de macro y micronutrientes en cultivos fertilizados con Espirulina y Sumakcrop, con la finalidad de analizar la eficiencia de absorción de nutrientes.
- Se sugiere evaluar biofertilizantes de Espirulina y Sumakcrop en cultivos florícolas de exportación, para analizar rendimiento, calidad de las flores, así como vida en florero y poscosecha.

Bibliografía

- Abalde, J., Cid, A., Fidalgo, P., Torres, E., & Concepcion, H. (2020). Microalgas. 10-19.
- Abalde, J., & Cid, A. (2009). *Microalgas: Cultivo y Aplicaciones*. Coruña: Universidad de la Coruña. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/25013/Abalde_Julio_1995_Microalgas_cultivo_aplicaciones.pdf
- Agriculture and Food Development Authority. (2017). *Teagasc*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de <https://www.teagasc.ie/rural-economy/rural-development/diversification/organic-horticulture/>
- Agrocalidad. (Febrero de 2020). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA*. Recuperado el Septiembre de 2022, de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>
- Alobwede, E. (2015). The advantages of algae as biofertilisers in agriculture. *Journal Club*, 1-5. Recuperado el Septiembre de 2022, de <https://grantham.sheffield.ac.uk/journal-club-with-emangalobwede/#:~:text=Benefits%20of%20algal%20fertilisers&text=Plus%20algae%20release%20plant%20hormones,toward%20biotic%20and%20abiotic%20stress.>
- Anitha, L., Kalpana, P., & Sai Bramari, G. (2015). Evaluation of *Spirulina platensis* as microbial inoculants to enhanced protein levels in *Amaranthus gangeticus*. *African Journal of Agricultural Research*, 1353-1360. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/1221D1E58055>
- Bautista, N., & Soto, L. (2009). *Tópicos Selectos de Estadística Aplicados a la Fitosanidad*. Ciudad de Mexico. Recuperado el 9 de Marzo de 2022, de <https://www.researchgate.net/profile/Aurelio-Pedroza->

Sandoval/publication/266259484_Analisis_del_area_bajo_la_curva_del_progreso_de_las_enfermedades_ABCPE_en_patosistemas_agricolas/links/542af6f10cf277d58e8a0f02/ Analisis-del-area-bajo-la-curva-del-progres

Bejarano, C., & Ménde, H. (2004). Fertilizacion Organica comparada con la Fertilizancion Quimica en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris*), para minimizar el efecto de degradacion del suelo. *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*, 4-128. Recuperado el 2022, de <https://core.ac.uk/download/pdf/200329075.pdf>

Bridges, M. (2020). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000193.htm>

Cabos, J., & Bardales, C. (2019). Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. *Arnaldoa*, 1165-1177. doi:10.22497/arnaldoa.263.26321

Carnicer, S., Shindoi, M., Delfino, M., & Leconte, M. (2020). Contenido de Antioxidante Totales y Clorofila en Lechuga bajo Fertilizacion Organica con Compost. *Asociacion Argentina Ciencia del Suelo*, 1-5. Recuperado el Agosto de 2022, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_contenido_de_antioxidantes_totales_y_clorofila_en_lechuga_bajo_fertilizacion_organica_con_compost.jpg

Carrillo, G. (2016). *Repositorio Universidad Politecnica Salesiana*. Recuperado el 21 de Marzo de 2022, de <https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F13230%2F1%2FUPS-QT10340.pdf&cien=1763025>

- Carrillo, G. (2016). *Repositorio UPS*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13230/1/UPS-QT10340.pdf#page33>
- Castañeda, C., Almanza, P., Hernando, E., Cely, G., & Serrano, P. (2018). Chlorophyll concentration estimation using non-destructive. *SciELO*, 329-339. Recuperado el Agosto de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n2/2011-2173-rcch-12-02-329.pdf>
- Chrysargyris, A., Panayioti, X., Anastasiou, M., Pantelides, I., & Tzortzakis, N. (2018). Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh cut salad storage under potassium deficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5861-5872. doi:10.1002/jsfa.9139
- Di Rienzo, J., & al, e. (2001). InfoStat: software estadístico. *Researchgate*.
- Ergun, O., Dasgan, H., & Isik, O. (2020). Effects of microalgae *Chlorella vulgaris* on hydroponically grown lettuce. *Acta Horti*, 169-176. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://10.17660/ActaHortic.2020.1273.23>
- Faiz, A. (2019). Foliar application of *Spirulina* and *Oscillatoria* on growth and yield of okra as bio-fertilizer. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* , 1840-1844. doi:10.18801/jbar.220219.227
- FAO. (1999). *fao.org*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de <https://www.fao.org/ag/esp/revista/9901sp3.htm>
- FAO. (2013). *Fao*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>
- Fernandez, A., & Alvitez, E. (2009). Taxonomía e Importancia de "Spirulina". *Amaldoa*, 3(26), 1091-1105. doi:10.22497

- Franco, M. B., & Olmedo, P. (2018). Rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca Sativa*) en bolsas slabs con diferentes momentos de aplicación de urea. . *Jornadas de Jóvenes Investigadores AUGM*, 1-9 . Recuperado el 2022, de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13291/27-agroalimentario-franco-belnfiaune.pdf
- Garcés, F. (2013). Cuantificación de Enfermedades en Líneas Promisorias y Variedades de Frejol en Quevedo, Ecuador. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.*, 196-207. Recuperado el 9 de Marzo de 2022, de www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a23.pdf
- Garibay, S. (2007). *Orgprints: Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (FiBL)*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de <http://orgprints.org/00002683/>
- González, O. (2017). *Abonamos*. Recuperado el Septiembre de 2022, de <https://www.abonamos.com/blog/2017/10/23/mezclas-mineral-organicas-importancia-utilizacion-e-incorporacion-en-los-esquemas-de-fertilizacion-de-la-agricultura-del-pais>
- Granval, N., & Gaviola, J. (1997). *INTA*. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de https://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Finta.gov.ar%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fscript-tmp-4__origen_e_historia__botanica.pdf&clen=750149&chunk=true
- Guiberteau, A., & Labrador, J. (2008). *Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_08.pdf
- Hernandez, A., & Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157-173. doi:10.4067/S0718-19572014000200001

- Hines, S., & van der Zwan, T. (2021). Alkaline extract of the seaweed *Ascophyllum nodosum* stimulates arbuscular mycorrhizal fungi and their endomycorrhization of plant roots. *Nature Portfolio*, 1-12. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93035-9.pdf>
- Hoang, T., Tran, D., Do, T., Tran, T., Nguyen, C., & Hafeez, R. (2022). Efficiency of bio-foliar fertilizer extracted from seaweed and water hyacinth on lettuce (*Lactuca sativa*) vegetable in Central Vietnam. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 59(1), 1-7. doi: 10.21162/PAKJAS/22.1257
- Horticultural. (2017). *Horti Quality S.L.* Obtenido de <http://hortiquality.com/staff/lechuga-iceberg/>
- INDESOL. (2020). *Instituto Nacional de Desarrollo Social*. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Producci%C3%B3n%20de%20Alimentos/Gu%C3%ADa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20Espirulina,%20nutrici%C3%B3n%20verde.pdf>
- Instituto de Recursos Renovables. (2019). Manual de Biol . *Sistema Biobolsa*, 1-16. Recuperado el 2022, de https://efaidnbnmnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf
- Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2012). Indesol. En *Manual de Huertos Organicos*. Obtenido de indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Huertos%20Familiares%20y%20Comunitarios/Manual%20de%20Huertos%20Org%C3%A1nicos.pdf
- Japon, J. (1997). *La Lechuga*. Madrid: Neogralis. Recuperado el 2022, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf

- Japon, J. (2009). La Lechuga. *Hojas Divulgadoras*, 8(10), 1-20. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.mapa.gob.es%2Fministerio%2Fpags%2Fbiblioteca%2Fhojas%2Fhd_1977_10.pdf&clen=987128&chunk=true
- Jímenez, A., & Guerrero, A. (2019). *Interciencia*. Recuperado el 9 de Marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/339/33961096005/html/>
- Khan, W., Kaur, I., & Bhatnagar, A. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of Plant growth and development. *Scielo*(4), 386-399. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-093420150010043700012&Ing=en
- Layam, A., Sai Bramari, G., & Kalpana, P. (2016). Effect of Supplementation of *Spirulina platensis* to Enhance the Zinc Status in Plants of *Amaranthus gangeticus*, *Phaseolus aureus* and Tomato. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 289-299. Recuperado el Agosto de 2022, de <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2016.76027>
- Lopez, I., & Martínez, L. (2020). Las Algas y sus usos en la agricultura. Una vision Actualizada. *Scielo*, 41(2). Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200010
- López, I., Martínez, L., Geydi, P., Reyes, Y., Núñez, M., & Cabrera, J. (2020). Algae and their uses in agriculture. An update. *Cultivos Tropicales (Inca)*, 1-18. Recuperado el Septiembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/en_1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf
- Mettler Toledo. (2021). *La medición de Brix y los instrumentos para realizarla*. Recuperado el 2022, de <https://www.mt.com/es/es/home/perm-lp/product-organizations/ana/brix->

meters.html#:~:text=El%20Brix%20es%20una%20medida,en%20100%20gramos%20de%20soluci%C3%B3n.

Morsy, N. (2019). Productivity and Quality of Kohlrabi Grown in a Newly Reclaimed Sandy Soil Using Organic and Mineral-N Fertilizer Regimes with or without Spraying of *Spirulina platensis* Extract. *Egyptian Journal of Horticulture*, 169-178.

doi:10.21608/ejoh.2019.12503.1105

MYCSA AG. (2017). Extracto de Algas Marinas. *myscainc*. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de

https://www.myscainc.com/theme/fichas/esp/tech/Extracto_de_Algas_Marinas_Mycsa_E_SP_TS_.pdf

Nidhi, V., & Krishnan, S. (2021). Potential Use of *Ascophyllum nodosum* as a Biostimulant for Improving the Growth Performance of *Vigna aconitifolia*. *Plants*, 1-16. Recuperado el 2020, de <https://plants-10-02361.pdf>

Nutter, F., & Esker, P. (2006). *Springer Link*. Recuperado el 9 de Marzo de 2022, de

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-005-1230-z>

Oliveira, D., & Silva, J. (2017). Production, mineral nutrition and physiological aspects of lettuce under foliar fertilization with *Spirulina platensis*. *Revista Verde de Agroecologia e*

Desenvolviminetto Sustentavel, 12(1), 41-47. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de

<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i1.4722>

Oliveira, D., Rocha, R., Nóbrega, J., Dias, G., Lima, J., & Guedes, W. (2017). Post-harvest quality of lettuce cv. Elba in relation to *Spirulina platensis* foliar applications. *Científica, Jaboticabal*, 45(2), 162-170. Recuperado el Agosto de 2022, de

<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n2p162-168>

- Ortega, R., Martínez, M., Ospina, P., García, A., & Ficheira, P. (2020). Nitrate Concentration in Leafy Vegetables from the Central Zone of Chile: Sources and Environmental Factors. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-9. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00183-4>
- Pak, N. (2000). Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Recuperado el Agosto de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100014
- Paloma, M. (2011). Contaminantes: Nitratos en productos vegetales y alimentos infantiles. En S. Iñigo, & M. d. Carretero, *Documentos Técnicos de Higiene y Seguridad Alimentaria n° 8* (págs. 1-39). Madrid: Dirección General de Ordenación e Inspección Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid . Recuperado el Agosto de 2022, de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM017074.pdf>
- Parcuna, J., Gaude, I., & Castejón, P. (2010). *Agroecología*. (FECOAV, Ed.) Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2010/12/Guia_Hortícolas_aire_libre-fecoav.pdf
- Perrin, R., & et all. (1983). *Formulacion de recomendacions a partir de datos agronomicos. Un manual metodológico de evaluación economica*. CIMMYT. Obtenido de [//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.cimmyt.org%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F10883%2F1063%2F9031.pdf&clen=5149180](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.cimmyt.org%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F10883%2F1063%2F9031.pdf&clen=5149180)
- Pineda, J. (2018). *En Colombia*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/orticultura-organica/>

Ponce, E. (2013). Superalimento para el mundo en crisis: Spirulina a bajo costo. *IDESIA*, 31(1), 135-139. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <http://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v31n1/art16.pdf>

Ribera, B. (2011). GUÍA PARA LA PREPARACIÓN Y USO DEL BIOL. *SEGURIDAD ALIMENTARIA Y DESARROLLO ECONOMICO LOCAL EN BOLIVIA Y ECUADOR*, 1-12. Recuperado el 2022, de <https://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo40.1/documentos/676.pdf>

Sánchez, A., & Vayas, T. (2019). *CEDIA*. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Brocoli-en-Ecuador.pdf>

Sánchez, T. (2010). Evaluación de la calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) respecto a su contenido de nitratos y materia seca. *Revista de la Facultad de Agronomía- UNLPam*, 29-37. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/4539/4700>

Sánchez, T., Siquilin, O., Gilí, A., Baudino, E., & Morazzo, G. (2012). Contenido de nitratos y proteína en lechuga crespa y amaranto hortícola producidos con enmienda y urea. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. Recuperado el Agosto de 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000200003

Sandoval, D. (2017). *Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14508*T-IASA%20I-005379.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Shedeed, Z., & Gheda, S. (2022). Spirulina platensis Biofertilization for Enhancing Growth, Photosynthetic Capacity and Yield of Lupinus luteus. *Agriculture*, 781.
doi:10.3390/agriculture12060781
- Shedeed, Z., & Gheda, S. (Mayo de 2022). Spirulina platensis Biofertilization for Enhancing Growth, Photosynthetic Capacity and Yield of Lupinus luteus. *Agriculture*, 1-15.
doi:10.3390
- Siringi, J., Turoop, L., & Njonge, F. (2022). BIOSTIMULANT EFFECT OF SPIRULINA(ARTHROSPIRA PLATENSIS) ON LETTUCE(LACTUCASATIVA) CULTIVATED UNDER AQUAPONIC SYSTEM. *SCIREA Journal of Biology*, 7(1), 1-18.
doi:10.54647/biology18204
- Sularz, O., Smolen, S., Koronowicz, A., Kowalska, I., & Leszczynska, T. (2020). Chemical Composition of Lettuce (Lactuca sativa L.) Biofortified with Iodine by KIO₃, 5-Iodo-, and 3,5-Diiodosalicylic Acid in a Hydroponic Cultivation. *Agronomy*, 1-17. Recuperado el Septiembre de 2022, de <https://doi.org/10.3390/agronomy10071022>
- Sumak Earth. (2015). Sumakcrop Extracto de Algas. Shenyang , China. Recuperado el 20 de Marzo de 2022
- Turner, J. (2017). *Jrank*. Obtenido de Spirulina: <https://reference.jrank.org/diets/Spirulina.html>
- Váquiro, J. (2010). *Pymesfuturo*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.pymesfuturo.com/costobeneficio.html>
- Varia, J., Kamaleson, C., & Lerer, L. (2022). Biostimulation with phycocyanin-rich Spirulina extract in hydroponic. *Elsevier Scientia Horticulturae*(299), 1-7. Recuperado el Agosto de 2022, de

https://agfstorage.blob.core.windows.net/misc/VFD_com/2022/03/14/onderzoek_maandag.pdf

Vásquez, C., & Céspedes, C. (2016). *Ciaorganico*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de www.ciaorganico.net/documypublic/397_NR38266.pdf

Velásquez, P., & Ruiz, H. (2014). PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA *Lactuca sativa* EN CONDICIONES DE MACROTUNEL EN SUELO Vitric haplustands. *Revista de Ciencias Agrícolas* , 93-105. Recuperado el Agosto de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v31n2/v31n2a08.pdf>

Velásquez, P., & Ruiz, H. (2014). PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA *Lactuca sativa* EN CONDICIONES DE MACROTÚNEL EN SUELO Vitric haplustands. *Revista de Ciencias Agrícolas* , 93-105. doi:10.22267

Velazquez, P., & Ruiz, H. (2014). Productividad de lechuga *Lactuca sativa* en condiciones de Macrotunel en Suelo. . *Revista de Ciencias Agrícolas* , 93-105.

Villalba, I. (Productor), Gómez, M. J. (Escritor), & Montero, J. M. (Dirección). (2020). *Cultivos demicroalgas para producir abono ecologico y sostenible* [Película]. España. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://www.youtube.com/watch?v=NHjM9Pzw8Yc>

Willer, H., & Yussefi, M. (2008). *Statistics and Emerging Trends 2008*. Obtenido de <https://orgprints.org/id/eprint/13123/2/willer-yussefi-sorensen-2008-final-tables.pdf>

Xermeño, A., & Lopez, B. (2015). *Scielo México*. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437&Ing=es&nmr=iso

Zermeño, A., & Lopez, B. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias Agrícolas*, 6(12).

Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437&lng=es&nrm=iso#B26