



Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui

Martínez Guerrero, Angie Micaela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Urbano Salazar, Ruth Elizabeth PhD.

22 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui**, fue realizado por la señorita: **Martínez Guerrero, Angie Micaela**; la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fuerevisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 de febrero del 2023



Firmado electrónicamente por:
RUTH ELIZABETH
URBANO SALAZAR

Ing. Urbano Salazar, Ruth Elizabeth PhD.

C. C.: 1709787939

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

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
REVISION DE TESIS

NOMBRE DEL ALUMNO
MARTÍNEZ ANGIE MICAELA

NOMBRE DEL ARCHIVO
MARTÍNEZ ANGIE MICAELA - TESIS MARTINEZ

SE HA CREADO EL INFORME
22 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	4	0,7 %
Fragmentos citados o entrecomillados	4	0,5 %

Coincidencias de la Web

mundohuerto.com	3	0,5 %
uta.edu.ec	3	0,3 %
portalfruticola.com	1	0,2 %
uady.mx	1	0,1 %



Escaneado electrónicamente por:
RUTH ELIZABETH
URBANO SALAZAR

Ing. Urbano Salazar, Ruth Elizabeth PhD.

C. C.: 1709787939



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Martínez Guerrero, Angie Micaela**, con cédula de ciudadanía No. 1727623850 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui**, 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, 22 de febrero del 2023

Martínez Guerrero, Angie Micaela

C.C.: 1727623850



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Martínez Guerrero, Angie Micaela**, con cédula de ciudadanía No. 1727623850 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.**

Sangolquí, 22 de febrero del 2023

Martínez Guerrero, Angie Micaela

C.C.: 1727623850

Dedicatoria

A la niña que un día fui, sé que está orgullosa de lo que soy.

Agradecimiento

A mi papi William Martínez por compartir conmigo la pasión por la naturaleza, por ser mi ejemplo de perseverancia, esfuerzo y dedicación, estoy orgullosa de ser su hija.

A mi mami Maritza Guerrero por siempre estar pendiente de mí, por su apoyo incondicional como madre y amiga, agradezco a la vida por tenerla junto a mí.

A mi abuelita Consuelo Chávez por siempre estar para mí, por su cariño y paciencia, mi vida no fuese tan maravillosa sin su presencia.

A Michel Cofre por ser incondicionalmente el camino a unos nuevos pasos.

A mi querido IASA por permitirme formar como un profesional con los mejores valores.

A mis profesores por compartir conmigo valiosos conocimientos, y en especial gracias a la Ingeniera Martha Vargas por su apoyo a lo largo de mi vida estudiantil.

A cada uno le agradezco desde el fondo de mi corazón, soy muy afortunada por haber coincidido con ustedes en este camino llamado vida.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	14
Resumen.....	16
Abstract.....	17
CAPÍTULO I.....	18
INTRODUCCIÓN	18
Antecedentes	18
Justificación.....	19
Objetivos.....	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
Agricultura orgánica	22
Fertilizantes orgánicos	23

Bioles	23
Espirulina	25
Generalidades del cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>).....	27
Origen	27
Descripción taxonómica	27
Descripción botánica	27
Planta	27
Sistema radicular	28
Tallo principal	28
Hojas	28
Flores	28
Pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) variedad híbrido Nathalie	29
Requerimientos edafo-climáticos.....	30
Temperatura	30
Humedad relativa	31
Suelo.....	31
Cuidados del cultivo	32
Manejo del agua	32
Control de malezas.....	32
Fertilización.....	32
Poda.....	33
Formación.....	33
Destallado.....	33
Deshojado.....	34
Aclareo de frutos	34
Tutorado	34

Importancia del cultivo de pimiento (<i>Capsicum annum</i>)	34
Bioinsecticidas naturales.....	35
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA.....	36
Ubicación del lugar de investigación	36
Caracterización del lugar de investigación	36
Tipo de investigación	37
Diseño experimental	37
Modelo matemático	37
Manejo del experimento.....	38
Fase 1: Preparación del lugar de investigación.....	38
Fase 2: Adquisición del material vegetal	39
Fase 3: Trasplante de plántulas.....	39
Fase 4: Cultivo de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	40
Fase 5: Adquisición del biol	43
Fase 6: Preparación de los biofertilizantes.....	43
Fase 7: Cronograma de aplicaciones	44
Fase 8: Manejo del cultivo.....	46
Fase 9: Medición de variables	46
Altura de la planta	46
Diámetro del tallo	47
Aparecimiento de la floración	48
Número de frutos cosechados por planta	48
Peso de los frutos	49
Longitud de los frutos.....	49
Rendimiento.....	50

Fase 11: Análisis de laboratorio.....	50
Análisis de suelo	50
Análisis foliar	51
Análisis estadístico.....	51
Análisis económico	51
CAPÍTULO IV	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
Comportamiento de las variables agronómicas del cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) variedad híbrido Nathalie	52
Altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (cm)	52
Frutos por planta, peso de los frutos (g) y longitud de los frutos (cm)	59
Rendimiento (kg/ha)	65
Aparecimiento de la floración	67
Análisis económico	68
CAPÍTULO V	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
Conclusiones.....	74
Recomendaciones	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Composición nutricional de 100 g de espirulina (Arthrospira platensis)</i>	25
Tabla 2	<i>Clasificación taxonómica del pimiento</i>	27
Tabla 3	<i>Etapas fenológicas del cultivo del pimiento variedad híbrido Nathalie</i>	29
Tabla 4	<i>Rangos de temperatura para el cultivo de pimiento</i>	31
Tabla 5	<i>Plan de fertilización para el cultivo de pimiento</i>	33
Tabla 6	<i>Dosificación de los biofertilizantes</i>	43
Tabla 7	<i>Cronograma de aplicaciones de los biofertilizantes</i>	45
Tabla 8	<i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: altura de la planta (cm) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante</i>	53
Tabla 9	<i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: diámetro del tallo (cm) de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante</i>	54
Tabla 10	<i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: frutos por planta del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante</i>	59
Tabla 11	<i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: peso de los frutos (g) cosechados de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante</i>	61
Tabla 12	<i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: longitud de los frutos (cm) cosechados de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante</i>	62

Tabla 13 <i>Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie.....</i>	65
Tabla 14 <i>Semana en que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie iniciaron la floración.....</i>	68
Tabla 15 <i>Descripción del experimento.....</i>	69
Tabla 16 <i>Cálculo del beneficio neto (USD) por tratamiento para el primer mes de producción.....</i>	69
Tabla 17 <i>Cálculo del beneficio neto (USD) por tratamiento para un ciclo del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie.....</i>	70
Tabla 18 <i>Medias \pm Desviación Estándar de las variables agronómicas evaluadas en el cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) variedad híbrido Nathalie en la decimoctava semana después del trasplante.....</i>	73

Índice de figuras

Figura 1 <i>Visión satelital del lugar de investigación</i>	36
Figura 2 <i>Caracterización del lugar de investigación</i>	37
Figura 3 <i>Preparación del lugar de investigación</i>	38
Figura 4 <i>Adquisición del material vegetal</i>	39
Figura 5 <i>Trasplante de plántulas</i>	39
Figura 6 <i>Cultivo de espirulina (Arthrospira platensis)</i>	42
Figura 7 <i>Adquisición del biol</i>	43
Figura 8 <i>Preparación de los biofertilizantes</i>	44
Figura 9 <i>Aplicaciones de los biofertilizantes</i>	45
Figura 10 <i>Manejo del cultivo</i>	46
Figura 11 <i>Altura de la planta</i>	47
Figura 12 <i>Diámetro del tallo</i>	47
Figura 13 <i>Aparecimiento de la floración</i>	48
Figura 14 <i>Número de frutos cosechados por planta</i>	48
Figura 15 <i>Peso de los frutos</i>	49
Figura 16 <i>Longitud de los frutos</i>	49
Figura 17 <i>Rendimiento</i>	50
Figura 18 <i>Incremento de la altura de las plantas (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante</i>	53
Figura 19 <i>Altura de las plantas (cm) del T0, T1 y T2</i>	54
Figura 20 <i>Incremento del diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante</i>	55
Figura 21 <i>Diámetro de los tallos (cm) de las plantas del T0, T1 y T2</i>	55
Figura 22 <i>Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante</i>	56

Figura 23 <i>Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante.....</i>	57
Figura 24 <i>Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante.....</i>	57
Figura 25 <i>Gráfico de barras del número de frutos cosechados por planta</i>	60
Figura 26 <i>Número de frutos cosechados por planta del T0, T1 y T2</i>	60
Figura 27 <i>Gráfico de barras del peso de los frutos (g) cosechados.....</i>	61
Figura 28 <i>Peso de los frutos (g) cosechados del T0, T1 y T2</i>	62
Figura 29 <i>Gráfico de barras de la longitud de los frutos (cm) cosechados</i>	63
Figura 30 <i>Longitud de los frutos (cm) cosechados del T0, T1 y T2.....</i>	63
Figura 31 <i>Gráfico de barras del rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie.....</i>	66
Figura 32 <i>Rendimiento (kg/ha) del T0, T1 y T2.....</i>	67
Figura 33 <i>Beneficio neto del T2.....</i>	71
Figura 34 <i>Sistema de manejo sustentable para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie.....</i>	72

Resumen

La presente investigación tuvo como objeto evaluar el efecto de biol y espirulina en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui, para ello se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T0 = Testigo, T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina) y cada uno con cuatro repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales. Las variables agronómicas que se evaluaron fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), apareamiento de la floración, número de frutos cosechados por planta, peso (g) y longitud (cm) de los frutos cosechados y rendimiento (kg/ha) de cada tratamiento. Además, se realizó un análisis de presupuesto parcial propuesto por Perrín *et al.*, (1976) para determinar el tratamiento que permitió un mayor beneficio neto. El Tratamiento 2 presentó los mejores resultados superando al Tratamiento 1 y al Tratamiento 0, ya que las plantas que recibieron aplicaciones foliares de espirulina alcanzaron una altura promedio de 87.04 cm y los tallos un diámetro promedio de 1.70 cm, iniciaron su floración 2 semanas antes que el resto de plantas, permitieron cosechar de 3 a 4 pimientos por planta el primer mes de producción, produjeron frutos con un peso promedio de 119.18 g y una longitud promedio de 17.04 cm, además, de este tratamiento se obtuvo el mayor rendimiento que fue 14643.53 kg/ha y permitió obtener un beneficio neto de \$732.4 por ciclo de producción, es decir al año, por lo que resulta factible implementar un sistema de manejo sustentable para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie mediante la aplicación foliar de espirulina como un biofertilizante con una concentración de 1:3 ya que es capaz de promover los procesos fisiológicos de las plantas incrementando la producción de una manera completamente orgánica.

Palabras clave: Pimiento variedad híbrido Nathalie, espirulina, biol.

Abstract

The purpose of this investigation was to evaluate the effect of biol and spirulina on the cultivation of pepper (*Capsicum annuum*) hybrid variety Nathalie in the Rumiñahui canton, for which a completely randomized design (DCA) was acquired with three treatments (T0 = Witness, T1 = foliar application of biol and T2 = foliar application of spirulina) and each with four repetitions, giving a total of 12 experimental units. The agronomic variables that were evaluated were: plant height (cm), stem diameter (cm), flowering appearance, number of fruits harvested per plant, weight (g) and length (cm) of the harvested fruits, and yield (kg/ha) of each treatment. In addition, a partial budget analysis proposed by Perrín *et al.*, (1976) to determine the treatment that allowed the greatest net benefit. Treatment 2 presented the best results, surpassing Treatment 1 and Treatment 0, since the plants that received foliar applications of Spirulina reached an average height of 87.04 cm and the stems an average diameter of 1.70 cm, began flowering 2 weeks before the rest of the plants, allowed to harvest 3 to 4 peppers per plant the first month of production, produces fruits with an average weight of 119.18 g and an average length of 17.04 cm, in addition, the highest yield was obtained from this treatment, which was 14643.53 kg/ha and allowed to obtain a net benefit of \$732.4 per production cycle, that is, per year, so it is feasible to implement a sustainable management system for the cultivation of Nathalie hybrid pepper variety through foliar application of spirulina as a biofertilizer with a concentration of 1:3 since it is capable of promoting the physiological processes of plants increasing the production of a in a completely organic way.

Keywords: Nathalie hybrid variety pepper, spirulina, biol.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El pimiento (*Capsicum annuum*) es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo por los múltiples beneficios que ofrece para la salud de los seres humanos. De acuerdo con los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021), en el año 2021 se alcanzó una producción de 38.2 millones de toneladas de pimiento en el mundo en una superficie de 2.069.990 hectáreas, siendo Países Bajos el país con el mejor rendimiento logrado, seguido por España que además de haber obtenido un rendimiento significativo, es uno de los mayores productores mundiales de pimiento.

En el Ecuador el cultivo del pimiento constituye un importante rubro para la economía del país y gran parte de la producción va dirigida hacia el autoconsumo de los ecuatorianos. Este cultivo se ha visto beneficiado en nuestro país debido a las características climáticas, geográficas y edafológicas que posee, las cuales son las apropiadas para el correcto desarrollo del cultivo de pimiento, siendo la región Costa y Sierra donde mayor éxito se ha logrado especialmente en la provincias de Manabí, Guayas, Santa Elena, El Oro, Chimborazo, Imbabura y Loja, donde el suelo es considerado como uno de los pilares fundamentales para la seguridad alimentaria, Batallas *et al.*, (2022).

El pimiento forma parte a la familia botánica de las solanáceas, se trata de una planta herbácea perenne, con un ciclo de cultivo anual y un tamaño y color variable según las distintas variedades, sus frutos pueden consumirse verdes o maduros y también puede ser utilizado deshidratado para la elaboración de condimentos, constituyéndose así como una hortaliza muy importante debido a los beneficios que brinda para la salud de quienes lo consumen por su alto contenido de vitamina A, la cual es vital para la subsistencia de la población humana y vitamina

C que presenta una actividad biológica para convertirse fácilmente en ácido ascórbico para los humanos, Montoya *et al.*, (2022).

Según la FAO (2021), la producción de pimiento en el mundo ha aumentado sin parar durante los últimos años, sin embargo esto ha conllevado al uso intensivo de agroquímicos con el propósito de lograr cubrir la demanda, provocando consecuentemente un daño significativo para el medio ambiente y para la salud de los consumidores, es por ello que actualmente se busca alternativas que permitan un sistema de producción ecológico, es así como la agricultura orgánica se ha convertido en una estrategia para la producción de alimentos saludables mediante un adecuado manejo del suelo y sobretodo mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos para la elaboración de biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas que permitan el control y cuidado del desarrollo de los cultivos.

Justificación

En el Ecuador el pimiento es considerado una de las hortalizas más importantes en la alimentación de la población por los múltiples beneficios que ofrece para la salud de los seres humanos, sin embargo estos beneficios se han visto afectados durante los últimos años por el uso de agroquímicos como fertilizantes, plaguicidas e insecticidas de origen químico que permiten una gran producción en corto tiempo pero ponen en riesgo la salud de los consumidores, ante tal problemática la agricultura orgánica se ha convertido en una alternativa para una producción de alimentos saludables al ser un sistema de cultivo agrícola autónomo basado en el uso óptimo de los recursos naturales, Carrasco & Sánchez (2020).

La agricultura orgánica ha ido ganando gran acogida por los agricultores medianos y pequeños, debido a que la producción y la comercialización de alimentos orgánicos han aumentado en el mundo, Soto (2020). Además, permite una serie de estrategias fáciles de adoptar para lograr el control de plagas y enfermedades, también brinda los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de los cultivos otorgándole un valor agregado a los

productos en el mercado, y convirtiéndose en una fuente rentable de ingresos para el productor.

El cantón Rumiñahui, ubicado en la provincia de Pichincha presenta un gran número de pequeños agricultores que mediante el apoyo de organizaciones públicas como “Misión Social” han logrado implementar sistemas agrícolas totalmente orgánicos gracias al trabajo conjunto con estudiantes y docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, permitiéndoles producir alimentos para después ser comercializados y generando una fuente de ingresos, sin embargo estos agricultores afrontan algunos problemas en el cultivo de pimiento, como es la baja adaptabilidad de las plántulas, el ciclo de cultivo prolongado y la baja productividad, por lo que se ha buscado un biofertilizante que proporcione los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de las plantas.

Debido a los significativos resultados que ha logrado la espirulina en el campo de la farmacéutica, medicina y nutrición, se ha optado por utilizarla en la agricultura para la elaboración de biofertilizantes, ya que debido a su elevado porcentaje de proteína, alto contenido de ácidos grasos y minerales como el fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro, zinc y selenio la convierte en un excelente complemento biológico por su alta biodisponibilidad para las plantas, generando resistencia al estrés, induciendo un rápido enraizamiento, reforzando sus mecanismos de defensa, acelerando su periodo vegetativo y aumentando su producción, gracias a la cantidad de compuestos bioactivos que presenta la espirulina, Barreto & Linton (2020).

En base a lo antes mencionado es que la espirulina es una alternativa para la elaboración de un biofertilizante ideal para el cultivo de pimiento, por sus múltiples propiedades y sencilla masificación, es por ello que la presente investigación tiene el objetivo de evaluar el efecto de un biol y de la espirulina en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad

híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui para determinar cuál de los biofertilizantes permite obtener los mejores resultados.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de biol y espirulina en pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui.

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de manejo sustentable desde el trasplante hasta la cosecha del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie.
- Realizar el seguimiento de las variables agronómicas que se presentan durante el desarrollo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie.
- Evaluar la productividad del pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie.
- Determinar el tratamiento más económico aplicando el método de presupuesto parcial propuesto por Perrín *et al.*, (1976).

Hipótesis

- H1: El cultivo de *Capsicum annuum* tratado con espirulina presenta mejores parámetros de calidad y productividad que las plantas tratadas con biol.
- H0: El cultivo de *Capsicum annuum* tratado con biol y espirulina presenta parámetros de calidad y productividad similar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Agricultura orgánica

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción que respeta el medio ambiente durante todas las etapas de producción, consiste en la gestión del ecosistema para evitar la utilización de insumos agrícolas como fertilizantes y plaguicidas sintéticos o especies modificadas genéticamente, en lugar de todo esto se llevan a cabo prácticas totalmente orgánicas que mantienen e incrementan la fertilidad del suelo a largo plazo y evitan la propagación de plagas y enfermedades, además de facilitar la construcción de sistemas alimentarios auto-regenerativos, Ayala & Dabdab (2019).

La agricultura orgánica en la actualidad se ha convertido en un sistema de gestión de producción de alimentos que fomenta y mejora la salud entre el agroecosistema y los seres humanos, protegiendo la biodiversidad y la actividad biológica del suelo, ya que considera de suma importancia el empleo de prácticas culturales y biológicas en lugar del uso de agroquímicos, logrando cumplir las funciones específicas necesarias dentro del ecosistema, además de mantener y cuidar la salud ecológica, social y física ya que uno de sus mayores retos es la producción de alimentos para una población creciente con recursos limitados, Ochoa, M. *et al.*, (2018).

La agricultura orgánica, se fundamenta en permitir que sea la naturaleza misma la que incremente tanto los rendimientos como la resistencia de los cultivos, es por ello que la relación entre el aire, agua y suelo logra alcanzar una forma de producción armoniosa, tomando en cuenta las necesidades e interacciones que suceden entre la naturaleza y los seres humanos buscando un beneficio mutuo y reduciendo totalmente las necesidades de aportes externos como abonos químicos, plaguicidas o cualquier tipo de producto de síntesis química, con el

único fin de minimizar la contaminación y dar seguridad alimentaria al mundo sin perjudicar al medio ambiente y a la salud de los seres vivos, Dilas & Ascurra (2020).

Durante las últimas décadas la agricultura orgánica ha tomado poder en el mundo debido a la gran problemática que ha generado el crecimiento demográfico, incrementando la demanda de alimentos ricos nutricionalmente, es así como la agricultura orgánica ha logrado obtener significativos niveles de producción sostenible, aportando a la recuperación y conservación de los recursos naturales, además de brindarle importancia a la utilización de ciertos insumos naturales que con el paso del tiempo han sido olvidados pero que gracias al apoyo de agricultores con conocimientos ancestrales, se ha logrado rescatar los conocimientos y cualidades de dichos insumos para aprovecharlos de la mejor manera en la agricultura siempre manteniendo tanto la productividad como la rentabilidad, Saldaña *et al.*, (2022).

Fertilizantes orgánicos

Bioles

El biol es considerado un abono natural debido a que es el producto de la descomposición anaeróbica de ciertos desechos orgánicos, este se caracteriza por su carácter fitoregulator, el cual es capaz de promover la actividad fisiológica y el desarrollo de los cultivos, haciendo a las plantas más resistentes al ataque de plagas y enfermedades, además de su importancia económica, ambiental y social por reducir los costos de producción, asegurar alimentos de calidad para la población y mitigar la contaminación de los recursos naturales, Jara (2022). Este biopreparado es apto para todo tipo de cultivos desde las etapas iniciales hasta las etapas de producción, además puede ser utilizado como un abono foliar o edáfico, puesto que en cualquiera de los casos actúa eficientemente. Al actuar como un abono edáfico le brinda efectos muy positivos a la vida activa del suelo, ya que promueve la actividad de microorganismos benéficos y mejora la disponibilidad de micronutrientes para el cultivo.

Un biol está compuesto por los nutrientes esenciales para las plantas, reguladores de crecimiento, ácidos húmicos y fúlvicos además de poseer una considerable carga de microorganismos benéficos, es por ello que cumple funciones nutricionales en las plantas, actúa como un promotor, fortalecedor de crecimiento vegetal y hasta protector de ciertas plagas y enfermedades, es por ello que es capaz de incrementar el rendimiento de los cultivos, García, R. (2021).

El biol agregado al suelo actúa como una fuente de materia orgánica y una reserva de nitrógeno que resulta elemental en la evolución de los suelos ayudando a su estructuración, la cantidad y calidad de dicha materia orgánica tendrá una influencia directa en los procesos físicos, químicos y biológicos del sistema llegando a ser un factor de suma importancia en la fertilidad de estos, de esta manera la combinación de todos estos efectos provocará un mejor rendimientos de los cultivos que sean producidos en ese suelo. Es importante considerar que la capacidad de fertilización del biol es muy eficiente y es mayor al estiércol fresco o compostado ya que el nitrógeno es convertido a amonio para posteriormente ser transformado en nitratos, una fuente asimilable de nitrógeno para la planta. El biol en el suelo es capaz de producir efectos en sus propiedades químicas por presentar una mayor disponibilidad de nutrientes, Cruz *et al.*, (2022).

El biol como un fertilizante orgánico foliar también actúa eficientemente incrementando y estimulando el óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que les aporta los nutrientes necesarios asimilables. El biol puede lograr los mismos efectos que un fertilizante sintético provocando una similar o hasta mayor productividad del cultivo debido a su alto contenido de micronutrientes de fácil asimilación y hormonas de crecimiento relacionadas con los macronutrientes N, P, K, Reynoso (2020). Además, es capaz de generar un significativo ahorro para el agricultor y una mayor preferencia en el mercado por su valor agregado, y sobretodo un beneficio para la salud de los consumidores.

Espirulina

La espirulina se define como una cianobacteria con forma de espiral y color azul verdoso, su tonalidad verde por el contenido de clorofila y su tonalidad azulada por el contenido de ficocianina, Ochoa, K. & Moyano (2022). Actualmente pertenece al género *Arthrospira sp*, en el interior de sus células posee una molécula de ADN y en su periferia se encuentran membranas tilacoidales por lo cual es capaz de realizar la fotosíntesis, se reproduce por división celular cada 72 horas y puede crecer en un medio mineral que tenga CO₂ como una fuente de carbono y N₂ como una fuente de nitrógeno.

Cada 100 g de espirulina (*Arthrospira platensis*) contiene:

Tabla 1

Composición nutricional de 100 g de espirulina (Arthrospira platensis)

Vitaminas		Minerales	
Vitamina A	0.11 – 0.2 mg	Potasio (K)	1 -14 mg
Vitamina K	2.2 mg	Sodio (Na)	0.45 – 0.5 mg
Timina B1	3 – 4 mg	Fósforo (P)	0.3 – 0.7 mg
Riboflavina B2	2.5 – 3.5 mg	Calcio (Ca)	0.1 – 0.4 mg
Fenilalanina	2.6 – 3.3 mg	Magnesio (Mg)	0.1 – 0.2 mg
Niacina B3	0.014 mg	Manganeso (Mn)	0.005 mg
Vitamina B6	0.5 – 0.7 mg	Zinc (Zn)	0.003 mg
Vitamina B12	0.15 – 0.25 mg	Cobre (Cu)	0.0012 mg
		Cromo (Cr)	0.28 mg

Nota. Composición nutricional de 100 g espirulina (*Arthrospira platensis*), obtenido de: Malpartida *et al.*, (2022).

En la agricultura la espirulina tiene múltiples beneficios que están relacionados con su composición química, haciéndolo un excelente complemento biológico, ya que posee gránulos

de polifosfato, glucógeno y cianoficina, los cuales son los responsables de su alto contenido en proteínas, convirtiéndolo en un excelente suplemento alimenticio para todo ser vivo. El uso y consumo de la espirulina se remonta miles de años atrás cuando los aztecas la recolectaban del Lago de Texcoco y la dejaban secar al sol para luego consumirla en forma de pequeñas tortillas, años después se analizaron los nutrientes que contenía esta cianobacteria y se descubrió que se trataba de un superalimento y hasta un alimento del futuro, ya que contiene el 96% de los nutrientes necesarios para el ser humano como vitaminas, minerales, aminoácidos y proteínas, Silos & Soria (2021).

La composición bioquímica de la espirulina ha permitido utilizarla como un biofertilizante foliar y edáfico con magníficos resultados debido a que posee un contenido de proteína con alta biodisponibilidad del 50 al 70% de su masa seca, por lo que actúa como una excelente fuente de aminoácidos, contiene también ácidos grasos poliinsaturados y presenta un alto contenido de vitaminas B1, B2, B6 y B12, ácido pantoténico, ácido fólico y antioxidantes como la ficocianina, además de poseer xantinas, ficobiliproteínas, polisacáridos, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, hierro, manganeso y zinc de una forma asimilable para la planta. La espirulina también funciona como un bioestimulante debido a que los aminoácidos que contiene al hidrolizarse son precursores de fitorreguladores que en conjunto con los oligoelementos, antioxidantes y polisacáridos intervienen como un complemento biológico excelente estimulando el desarrollo y floración de la planta. Además, es ideal para ser utilizada en la agricultura ya que contiene proteínas resistentes al estrés inducido por las altas temperaturas en presencia de la luz, Bohórquez (2017). Durante los últimos años se ha buscado alcanzar una agricultura sostenible y libre de sustancias químicas pero que logre cubrir la demanda de productos saludables, es ahí donde la espirulina ha desempeñado un papel fundamental ya que en el campo de la agricultura ha sido capaz de fortalecer los mecanismos de defensa de la

planta, aumentar la producción, reducir los periodos vegetativos, cosechar frutos de mayor calidad, generar resistencia al estrés biótico y abiótico e inducir enraizamiento.

Generalidades del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*)

Origen

El pimiento es oriundo del territorio de México, Bolivia y Perú, en el siglo XV ya se cultivaba en España, para posteriormente distribuirlo al resto de Europa y del mundo, su incorporación en Europa conllevó un avance culinario significativo, puesto que complementó e incluso sustituyó a otro condimento muy empleado en ese tiempo que era la pimienta negra, la cual era de gran importancia comercial entre el Oriente y Occidente, Pino *et al.*, (2018).

Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica del pimiento es la siguiente:

Tabla 2

Clasificación taxonómica del pimiento

Categoría	Taxón
Familia	Solanaceae
Género	Capsicum
Especie	Annuum
Nombre científico	<i>Capsicum annuum</i>

Nota. Clasificación taxonómica del pimiento, obtenido de: Arce (2013).

Descripción botánica

Planta

Se trata de una planta herbácea perenne, con un ciclo de cultivo anual de tamaño variable dependiendo de la variedad, Quiñonez *et al.*, (2020).

Sistema radicular

La raíz es axonomorfa con ramificaciones laterales que adoptan una forma de punta de flecha triangular con el ápice en el extremo del eje de crecimiento alcanzando una profundidad entre los 30 y 60 cm verticalmente y extendiéndose de forma horizontal hasta los 50 cm, González *et al.*, (2019).

El sistema radicular del pimiento se caracteriza por ser pivotante y profundo, con abundantes raíces adventicias que pueden alcanzar una longitud comprendida entre los 50 cm y 1m horizontalmente, Reyes *et al.*, (2021).

Tallo principal

El tallo principal de la planta es de crecimiento erecto y limitado, ya que a partir de la primera cruz que se forma desprende 2 o 3 ramificaciones según el material genético, para continuar ramificándose de forma dicotómica hasta alcanzar el final de su ciclo, Luna *et al.*, (2015).

Hojas

Las hojas se caracterizan por ser enteras y lampiñas, de forma lanceolada, con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo, su inserción en los tallos tiene lugar de forma alterna, su color característico que puede ser verde claro u oscuro, así como su tamaño, dependerán de la variedad, Ezziyyani *et al.*, (2004).

Flores

Las flores de la planta de pimiento son hermafroditas, por lo que una misma flor es capaz de producir gametos femeninos y masculinos, se encuentran distribuidas en cada uno y con su pedúnculo en dirección hacia abajo, son pequeñas y su cáliz está formado por 5 u 8 sépalos verdes que se mantienen hasta endurecerse y formar el fruto, la corola es comúnmente

blanca y está formada por 5 u 8 pétalos, el androceo de igual manera está formado por 5 u 8 estambres y el gineceo por 2 o 4 carpelos, Pacheco *et al.*, (2019).

Pimiento (*Capsicum annum*) variedad híbrido Nathalie

Tabla 3

Etapas fenológicas del cultivo del pimiento variedad híbrido Nathalie

Fase	Etapas	Descripción	DDE (Días después de la emergencia)
	Germinación.	Emergencia.	1 – 10
		Desarrollo de las hojas cotiledonales y verdaderas.	10 – 22
Crecimiento Vegetativo.	Macollamiento.	Formación de brotes laterales.	22 – 37
	Elongación del tallo.	Crecimiento longitudinal del tallo.	37 – 95
Floración.	Emergencia de las inflorescencias.		95 – 100
	Floración.		100 – 110
Fructificación.	Desarrollo del fruto.		110 – 135
	Coloración o maduración del fruto.		135 – 145
Cosecha	Cosecha.		145 – 150

Nota. Etapas fenológicas del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie, obtenido de: Rivera *et al.*, (2021)

El pimiento variedad Nathalie es un pimiento híbrido de crecimiento alto, frutos alargados terminados en una sola punta, de color verde o rojo cuando llegan a madurarse, con un peso promedio entre los 170 y 220 g, con un ciclo de 150 días después de su trasplante y característico por su alta rusticidad y tolerancia a *phytophthora*, sus frutos poseen una pared gruesa que le brinda una larga vida post-cosecha, su alto cuajado de flores evita el aborto de flores y su excelente *color* y sabor permite una mejor aceptación por parte del consumidor. Las semillas de esta variedad de pimiento son producidas y comercializada por, Syngenta Cedeño *et al.*, (2020).

Requerimientos edafo-climáticos

El correcto manejo de los factores edafo-climáticos de forma conjunta es elemental para el adecuado funcionamiento del cultivo, puesto que todos guardan una estrecha relación y el efecto de uno de estos incide directamente sobre el resto.

Temperatura

La planta del pimiento es muy exigente en temperatura, es por ello que los saltos térmicos muy bruscos son capaces de ocasionar graves desequilibrios vegetativos, las bajas temperaturas durante la formación del botón floral provoca flores con anomalías como la formación de múltiples ovarios que pueden llegar a formar frutos distribuidos alrededor del principal, también es capaz de retardar el desarrollo de los frutos dejándolos con tamaños muy pequeños, y hasta induce la formación de frutos partenocárpicos, Bader *et al.*, (2020).

Los rangos de temperatura que se deben controlar durante las distintas fases de desarrollo del cultivo del pimiento son:

Tabla 4

Rangos de temperatura para el cultivo de pimiento

Fases del cultivo	Temperatura óptima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Germinación	20 – 25	13	40
Crecimiento Vegetativo	20 – 25 (Día)	15	32
	16 – 18 (Noche)		
Floración y Fructificación	26 – 28 (Día)	18	35
	18 – 20 (Noche)		

Nota. Rangos de temperatura para el cultivo de pimiento, obtenido de: Bader *et al.*, (2020)

Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de pimiento oscila entre el 50 y el 70%, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de múltiples enfermedades aéreas, especialmente fúngicas, además de dificultar la fecundación, mientras que la coincidencia entre altas temperaturas y baja humedad relativa provoca el aborto de flores y de frutos recién cuajados, Gómez (2021).

Suelo

Debido al sistema radicular de la planta de pimiento los suelos más adecuados son los franco-arenosos, profundos, con un contenido en materia orgánica del 3 al 4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos se encuentran entre 6,5 y 7, aunque la planta es capaz de resistir ciertas condiciones de acidez, es decir hasta un pH de 5,5, Lacasa *et al.*, (2021).

Cuidados del cultivo

Manejo del agua

El cultivo de pimiento es muy sensible a los excesos de agua, por lo que los encharcamientos del terreno por continuas lluvias, riegos excesivos o un drenaje deficiente, consecuentemente provocan asfixia radicular y un decaimiento general de la planta que puede acabar completamente con ella si la situación no es controlada rápidamente. En cuanto al agua de riego, se debe considerar que el pH óptimo es de 5,5 a 7, Mendoza (2021).

Control de malezas

Es muy importante que desde las primeras etapas del cultivo se mantenga un control sobre la proliferación de malezas que pueden competir con las plantas de pimiento, además de ser un refugio para plagas y enfermedades, Clemente & Álvarez (2019).

Fertilización

Como todas las solanáceas, el cultivo del pimiento es muy exigente en cuanto a los nutrientes. Durante las etapas iniciales del cultivo, hasta el inicio de la floración, el cultivo necesita grandes cantidades de nitrógeno y fósforo.

Posteriormente, durante el cuajado y engorde de los frutos, necesita mayores cantidades de potasio, calcio y boro, Toñanez *et al.*, (2021).

Es recomendable realizar un buen abonado pre-plantación, así se garantizará una mayor disponibilidad de todos los nutrientes antes mencionados.

A continuación, se presenta un plan de fertilización durante todo el ciclo del cultivo:

Tabla 5

Plan de fertilización para el cultivo de pimiento

Elemento	Crecimiento vegetativo (30 – 95 días)	Floración (95 – 110 días)	Fructificación (110 – 145 días)
Nitrógeno	140 ppm	140 ppm	120 ppm
Fósforo (P ₂ O ₅)	120 ppm	120 ppm	120 ppm
Potasio (K ₂ O)	120 ppm	150 ppm	200 ppm
Calcio (CaO)	60 ppm	80 ppm	120 ppm
Magnesio (MgO)	30 ppm	40 ppm	60 ppm

Nota. Plan de fertilización para el cultivo de pimiento, obtenido de: Toñanez *et al.*, (2021)

Poda

La poda en el cultivo de pimiento no es estrictamente necesaria, sin embargo, es recomendable puesto que se podrá mejorar algunos aspectos como la estructura de las plantas, la aireación, la precocidad, homogeneidad y tamaño de los frutos y, en general, el equilibrio y salud general de la planta, Moreno *et al.*, (2019).

Formación

La formación de la planta de pimiento va de mano con la poda y consiste en dejar solo 2 o 3 ramas principales en la planta, podando el resto, así como todas las hojas y brotes que se encuentren por debajo de la primera cruz, Ezziyani *et al.*, (2004).

Destallado

Consiste en ir eliminado continuamente las ramas que se encuentren en el interior con el objetivo de favorecer el desarrollo de las demás y mejorar tanto la aireación como la iluminación de la planta, esta actividad debe realizarse con el cuidado de no dejar expuestos

los frutos a la luz directa del sol, ya que si éste es intenso sufrirían quemaduras que los echarían a perder, Díaz *et al.*, (2013).

Deshojado

Es importante eliminar las hojas viejas o enfermas conforme se van identificando para mantener la salud de la planta y reducir el riesgo de aparición de enfermedades.

Aclareo de frutos

Es recomendable eliminar el fruto que se forma en la primera cruz para favorecer que los demás adquieran mayor tamaño, uniformidad y maduren más pronto.

Tutorado

El tutorado es muy necesario en el cultivo del pimiento, ya que una vez que los frutos empiecen a desarrollar las plantas necesitaran de un soporte que las mantenga erguidas y evite la rotura de las ramas por el peso de los frutos, Pino *et al.*, (2018).

Importancia del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*)

El cultivo de pimiento es uno de los más importantes en la actualidad ya que se trata de una hortaliza muy consumida a nivel mundial, por lo que los agricultores han visto la necesidad de incrementar considerablemente su producción para poder abastecer la demanda de consumo aumentando su nivel de exportación, Ranco *et al.*, (2021).

El pimiento es considerado una de las hortalizas más consumidas ya que es utilizada como uno de los principales condimentos de la alimentación humana, además de aportar con un gran número de nutrientes, ya que presenta un alto contenido de vitamina C, es muy rico en fósforo y calcio y contiene un alto nivel de fibra, también uno de sus mayores beneficios es que se lo puede consumir de distintas formas, frescos, deshidratados o procesado. El pimiento ha formado parte importante de la dieta de los seres humano desde hace más de 10.000 años de diferentes maneras, los pimientos de variedades dulces pueden ser consumidos crudos en

ensaladas o cocinados como verduras, mientras que los pimientos de variedades picantes son procesados para ser consumidos como condimentos o especias para sazonar, Lacasa, R. (2016).

Las múltiples propiedades del pimiento han permitido llevar a cabo varias investigaciones con resultados significativos, ya que gracias a estas se ha logrado obtener nuevos híbridos con un mayor rendimiento, resistencia y tolerancia a todo tipo de condiciones adversas manteniendo o hasta superando su nivel nutricional, convirtiéndose así en una de las hortalizas esenciales en la dieta de los seres humano por el alto contenido de vitamina C y B6, la cual es elemental para el sistema nervioso central y la parte cerebral, además de ayudar a prevenir enfermedades crónicas y degenerativas, además su elevado nivel de licopeno le otorgan propiedades anticancerígenas, Alvarado & Cabrera (2019).

Bioinsecticidas naturales

Los bioinsecticidas naturales son elaborados a base de extractos vegetales ocupando un lugar importante en la agricultura orgánica por su facilidad de elaboración y sus eficientes resultados, su empleo ha beneficiado tanto a los agricultores como a los consumidores, ya que se trata de una alternativa amigable con el medio ambiente y sobretodo rentable, produciendo alimentos de alta calidad con un valor agregado en el mercado y permitiendo combinar y aprovechar ciertas cualidades que brindan las plantas por medio de sus ingredientes activos que actúan como fungicidas e insecticidas, García, C. & González (2010).

El extracto de ajo es muy utilizado para la elaboración de bioinsecticidas por sus ingredientes activos que actúan como un plaguicida natural contra plagas como las cochinillas, áfidos, ácaros y pulgones, además de ser totalmente inofensivo para las plantas, el suelo y los microorganismos benéficos, sin embargo, es importante considerar que su efecto no será inmediato pues para mejores resultados las aplicaciones deberán ser constantes, Villanueva (2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación se llevó a cabo en la propiedad de la señora Luz María Chanataxi Caiza, ubicado en el barrio “El Cortijo”, en el cantón Rumiñahui, en la provincia de Pichincha, entre las coordenadas geográficas $0^{\circ}21'59.7''S$ $78^{\circ}28'17.4''W$, a una altitud de 2600 msnm.

Figura 1

Visión satelital del lugar de investigación



Nota. Propiedad de la señora Luz María Chanataxi Caiza, lugar donde se llevó a cabo la investigación, obtenido de: (Google Earth (2023)).

Caracterización del lugar de investigación

El invernadero que se utilizó posee:

- Un área de 55 m^2 .
- Un sistema de riego por goteo.

Figura 2

Caracterización del lugar de investigación



Nota. Invernadero que se utilizó para la investigación. Autoría propia.

Tipo de investigación

La investigación fue completamente experimental usando una estadística descriptiva que permitió comparar y realizar un análisis con un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que se consideraron las características fenotípicas del cultivo y todos aquellos datos que se pudieron ordenar y procesar, para ello se estableció un cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie con la aplicación de dos diferentes biofertilizantes con el objetivo de evaluar el efecto de estos sobre las características que definen un buen desarrollo del cultivo.

Diseño experimental

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA) con un total de 168 plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie, los factores que se consideraron fueron los tipos de biofertilizantes que fueron la espirulina y el biol, también se consideró el testigo, obteniéndose así 3 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales.

Modelo matemático

El modelo matemático que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + F + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Productividad del pimiento variedad híbrido Nathalie

μ = Media general

F = Efecto de la i -ésima biofertilización foliar

e_{ij} = Error experimental

Manejo del experimento

Fase 1: Preparación del lugar de investigación

Se realizó la limpieza de malezas con herramientas como azadón, pala y rastrillo, se removió el suelo y se procedió a la elaboración de 4 camas de 10.5 m de largo por 0.8 m de ancho y una altura de 0.2 m, dejando caminos de 0.36 m.

Figura 3

Preparación del lugar de investigación



Nota. Limpieza del invernadero. Autoría propia.

Fase 2: Adquisición del material vegetal

Las plántulas de pimiento variedad híbrido Nathalie de un mes de edad se adquirieron en una pilonera de la provincia de Imbabura que maneja semillas certificadas y garantiza la calidad de las plántulas, el costo por plántula fue de \$ 0.12, para cada tratamiento se utilizaron 56 plantas, es decir que el costo del material vegetal para cada tratamiento fue de \$ 6.72.

Figura 4

Adquisición del material vegetal



Nota. Plántulas de pimiento variedad híbrido Nathalie. Autoría propia.

Fase 3: Trasplante de plántulas

El trasplante de las plántulas se realizó en las primeras horas de la mañana al siguiente día de su adquisición, para ello las camas fueron humedecidas un día antes con el objetivo de minimizar el estrés post-trasplante.

Las plántulas se sembraron a tresbolillo a una distancia de 0.5 m entre plantas con un total de 42 plantas por cama.

Las mangueras del sistema de riego se dejaron ubicadas en los filos de las camas para mantener un mejor control de la humedad.

Figura 5

Trasplante de plántulas



Nota. Plántulas de pimiento variedad híbrido Nathalie trasplantadas a tresbolillo a una distancia de 50 cm. Autoría propia.

Fase 4: Cultivo de espirulina (*Arthrospira platensis*)

El cultivo y masificación de espirulina se realizó en el laboratorio de acuacultura del campus de la carrera de ingeniería agropecuaria IASA I, en la parroquia San Fernando, en el cantón Rumiñahui, en la provincia de Pichincha.

El cultivo se lo realizó en tubos de ensayo partiendo con 1 mL de la cepa mexicana *Arthrospira platensis* y 3 mL de un medio de mantenimiento, el cual estuvo compuesto por NaHCO_3 , Na_2CO_3 , K_2HPO_4 , NaNO_3 , K_2SO_4 , NaCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, solución PIV, solución de micronutrientes, vitamina B12 y agua destilada. La primera etapa consistió en realimentar la cepa con 3 mL del medio de mantenimiento cada semana hasta llegar alcanzar un volumen de 15 mL para posteriormente pasar el contenido a matraces.

La segunda etapa consistió en seguir realimentando la cepa con 100 mL del medio de mantenimiento cada semana y con una fuente de oxígeno y luz controlada hasta alcanzar un volumen de 500 mL para pasar el contenido a botellones plásticos.

La tercera etapa finalmente fue la de masificación y consistió en realimentar 2 veces por semana con 1 L del medio de masificación compuesto por macro y micronutrientes, sal, bicarbonato y agua destilada, manteniendo la fuente de oxígeno y luz contralada.

Durante todas las etapas de producción se utilizaron materiales y compuestos estériles para evitar cualquier tipo de contaminación y se controló la fuente de oxígeno y luz mediante el uso de un timer para mantener el fotoperiodo adecuado para la espirulina.

La cosecha se realizó una vez que la cepa alcanzó una densidad entre los 7.5×10^5 y 8.0×10^5 filamentos mL^{-1} , esto se lo determinó mediante un recuento celular que consistió en realizar una dilución de 1:10 de la cepa, es decir en un tubo eppendorf se colocó 1 μL de la cepa y 9 μL de agua destilada, se homogenizó y con una micropipeta se tomó 1 μL , se lo colocó en un portaobjetos y se cubrió con un cubreobjetos dividido en 16 cuadrantes, se observó en el microscopio y se registró el número de filamentos presentes en cada cuadrante para luego sacar un promedio y aplicar la siguiente ecuación:

$$DC_{in\acute{o}culo} = \frac{N \times 10^3}{10} \times FD$$

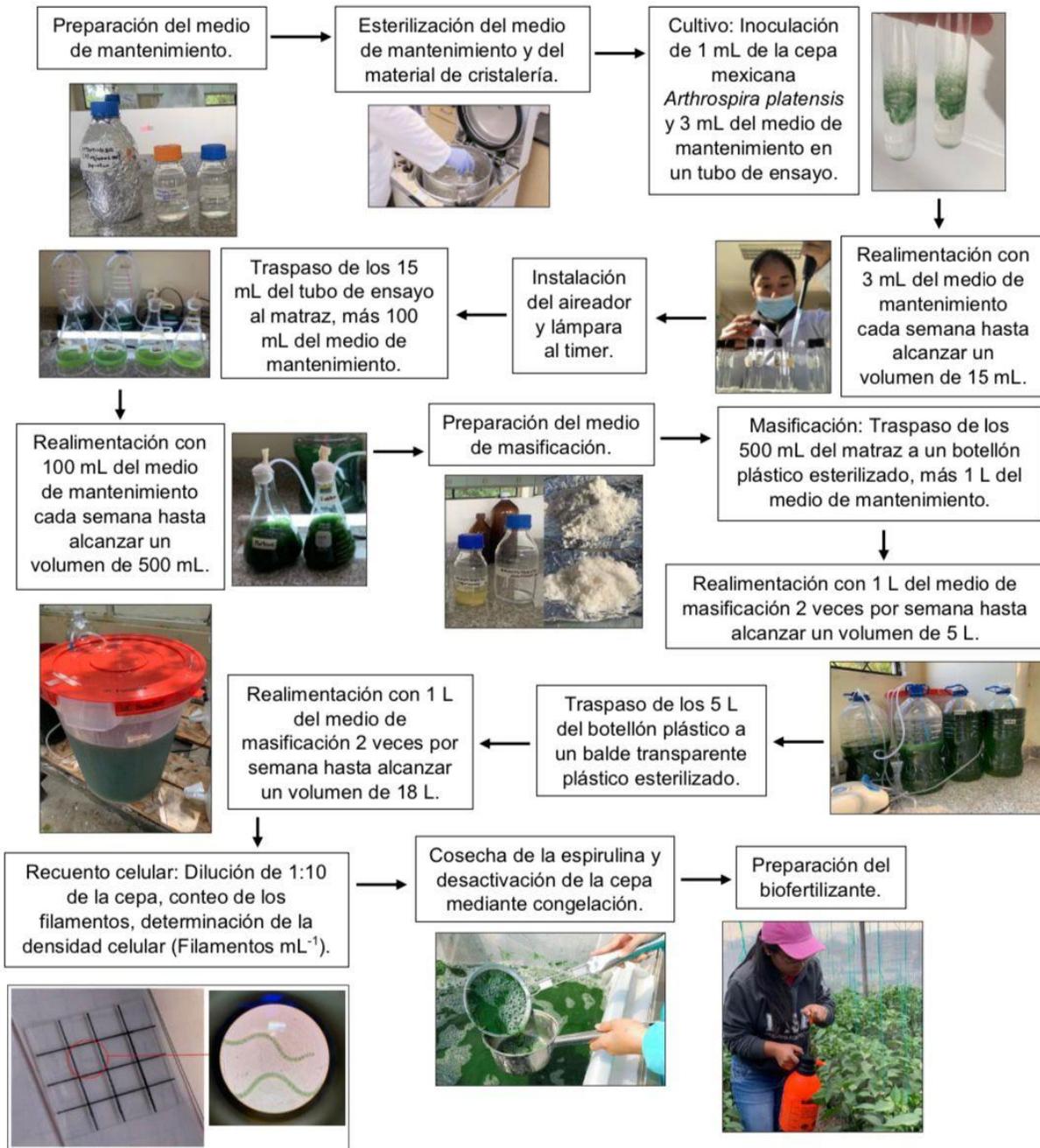
Donde:

- $DC_{in\acute{o}culo}$: Densidad celular del inóculo (Filamentos mL^{-1})
- N: Número de filamentos contabilizados
- 10^3 : Factor de conversión de 10 μL a 1 mL
- FD: Factor de dilución

La cosecha consistió en separar el sobrenadante del medio líquido con la ayuda de un cedazo para colocarlo en una bolsa plástica hermética estéril y llevarlo a refrigeración durante 24 horas.

Figura 6

Cultivo de espirulina (Arthrospira platensis)



Nota. Diagrama de flujo del cultivo, masificación, recuento celular y cosecha de espirulina (*Arthrospira platensis*). Autoría propia.

Fase 5: Adquisición del biol

El biol que se utilizó para la presente investigación fue elaborado por la señora Luz María Chanataxi Caiza a partir de estiércol, leguminosas, ceniza, melaza, leche y levadura, con 2 meses de fermentación. Este biol es el utilizado por la agricultora para todos sus cultivos, para su aplicación únicamente considera su dilución en agua y prefiere siempre incorporarlo de manera foliar. El costo de elaboración de 1 L de biol es de \$ 0.59.

Figura 7

Adquisición del biol



Nota. Biol elaborado por la señora Luz María Chanataxi Caiza. Autoría propia.

Fase 6: Preparación de los biofertilizantes

Para la preparación de los biofertilizantes se consideró las siguientes dosis:

Tabla 6

Dosificación de los biofertilizantes

Biofertilizante	Concentración	Dosificación
Espirulina	1:3	1 L en 3 L de agua
Biol	1:3	1 L en 3 L de agua

Nota. Dosificación de los biofertilizantes. Autoría propia.

Figura 8

Preparación de los biofertilizantes



Nota. 1 litro de espirulina por 3 litros de agua y 1 litro de biol por 3 litros de agua. Autoría propia.

Fase 7: Cronograma de aplicaciones

Para diseñar el cronograma de aplicaciones se consideró el manejo convencional de la agricultora, de esta manera se estableció que cada 15 días se realizarían las aplicaciones de los biofertilizantes en las primeras horas de la mañana, realizando la primera aplicación el día del trasplante de las plántulas. A continuación se detalla el cronograma de aplicaciones que se ejecutó:

Tabla 7

Cronograma de aplicaciones de los biofertilizantes

Fecha	Número de aplicación
8/23/2022	1ra aplicación
9/7/2022	2da aplicación
9/22/2022	3ra aplicación
10/7/2022	4ta aplicación
10/22/2022	5ta aplicación
11/6/2022	6ta aplicación
11/21/2022	7ma aplicación
12/6/2022	8va aplicación

Nota. Cronograma de aplicaciones de los biofertilizantes durante el desarrollo del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie. Autoría propia.

Figura 9

Aplicaciones de los biofertilizantes



Nota. Aplicaciones de los biofertilizantes con una bomba de fumigar. Autoría propia.

Fase 8: Manejo del cultivo

El manejo del cultivo consistió en realizar ciertas actividades durante el desarrollo de las plantas, como la limpieza de la maleza de las camas y caminos, la poda de formación de las plantas y el tutorado.

Figura 10

Manejo del cultivo



Nota. Limpieza de malezas y tutorado de las plantas. Autoría propia.

Fase 9: Medición de variables

La medición de las variables se realizó cada semana, durante 18 semanas, realizando la primera medición el día del trasplante de las plántulas.

Las variables evaluadas y su forma de evaluación se describen a continuación:

Altura de la planta

La altura de la planta se midió en centímetros con un metro desde la superficie de la tierra hasta el ápice de la hoja más joven.

Figura 11

Altura de la planta



Nota. Medición de la altura de las plantas con una regla. Autoría propia.

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo de la planta se midió en centímetros con pie de rey digital a la altura del primer nudo de la planta.

Figura 12

Diámetro del tallo



Nota. Medición del diámetro de los tallos de las plantas. Autoría propia.

Aparecimiento de la floración

Se consideró las semanas transcurridas a partir del trasplante hasta el aparecimiento de la floración en todas las plantas.

Figura 13

Aparecimiento de la floración



Nota. Aparecimiento de la floración. Autoría propia.

Número de frutos cosechados por planta

Se registró el número total de frutos cosechados de cada planta.

Figura 14

Número de frutos cosechados por planta



Nota. Registro del número de frutos cosechados por planta. Autoría propia.

Peso de los frutos

Se registró el peso en gramos de todos los frutos cosechados de cada planta con una balanza.

Figura 15

Peso de los frutos



Nota. Pesaje. Autoría propia.

Longitud de los frutos

Se registró la longitud en centímetros de todos los frutos cosechados de cada planta con una regla.

Figura 16

Longitud de los frutos



Nota. Medición. Autoría propia.

Rendimiento

Se consideró el promedio de los frutos por planta y del peso de los pimientos cosechados de cada repetición correspondiente a cada tratamiento, y en base a la densidad de siembra se estimó la producción del cultivo expresado en kg/ha.

Figura 17

Rendimiento



Nota. Cálculo del rendimiento del cultivo. Autoría propia.

Fase 11: Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio fueron realizados en Agrocalidad, agencia de regulación y control fito y zoonosanitario, ubicado en la parroquia de Tumbaco, cantón Quito, provincia de Pichincha.

Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se requirió una muestra de suelo de 1 kg de cada tratamiento, para ello con un barreno se tomó submuestras de los primeros 30 cm de profundidad y se las colocó en un balde hasta completar 1 kg, se colocaron las muestras en fundas herméticas, se las identificó y se las llevó a Agrocalidad.

Análisis foliar

Para el análisis foliar se requirió una muestra de hojas de 500 g de cada tratamiento, para ello con una tijera estéril se cortaron 200 hojas del sector medio de las plantas de cada tratamiento, se colocaron en fundas herméticas, se las identificó y se las llevó a Agrocalidad.

Análisis estadístico

Las variables de estudio: altura de la planta, diámetro del tallo, apareamiento de la floración, número de frutos cosechados por planta, peso y longitud de los frutos y rendimiento se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media \pm desviación estándar). Se comprobó la normalidad y homocedasticidad de todos los datos recolectados para ser sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia para establecer las diferencias significativas entre los tratamientos.

Todo el análisis estadístico se lo realizó en R, un software libre diseñado para realizar análisis estadísticos y gráficas, y se utilizó específicamente la librería “Agricolae” un paquete destinado específicamente a experimentos en la agricultura.

Análisis económico

Para el análisis económico de la aplicación de biol y espirulina en el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui se siguió la metodología propuesta por Perrín *et al.*, (1976), para ello se determinaron los costos variables de cada tratamiento que corresponden a los equipos, materiales y reactivos utilizados, se calculó el beneficio bruto multiplicando el rendimiento (kg/tratamiento) por el valor de cada kilogramo en el mercado, finalmente se obtuvo el beneficio neto restando los costos variables del beneficio bruto y así se determinó el tratamiento que le permitió una mejor rentabilidad a la agricultora.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación se llevó a cabo durante 4 meses, desde agosto hasta diciembre del 2022, con un total de 168 plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie, las cuales al iniciar contaban con un 1 mes de edad y eran homogéneas en cuanto a su altura y diámetro del tallo. El invernadero bajo el cual se desarrollaron las plantas presentó una temperatura promedio de 32 °C en el día y 15 °C en la noche, un suelo profundo, ligero, con un pH promedio de 7.4 y con un contenido de materia orgánica del 8%, valores que se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cultivo de pimiento según, López, J. (2016).

Comportamiento de las variables agronómicas del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie

Altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (cm)

Para realizar el análisis de varianza (ANOVA) para las variables agronómicas: altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (cm) de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie, se consideró únicamente los datos registrados en la decimoctava semana después del trasplante, ya que para este tiempo las plantas alcanzaron su crecimiento máximo. De acuerdo con la Tabla 8 y la Tabla 9 el T2 alcanzó los mayores valores para la altura (87.04 cm \pm 0.51) y diámetro (1.70 cm \pm 0.01), mientras que el T0 presentó los menores valores para la altura (47.45 cm \pm 0.46) y diámetro (1.05 cm \pm 0.01), además todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) tanto para la altura de la planta como para el diámetro del tallo.

Tabla 8

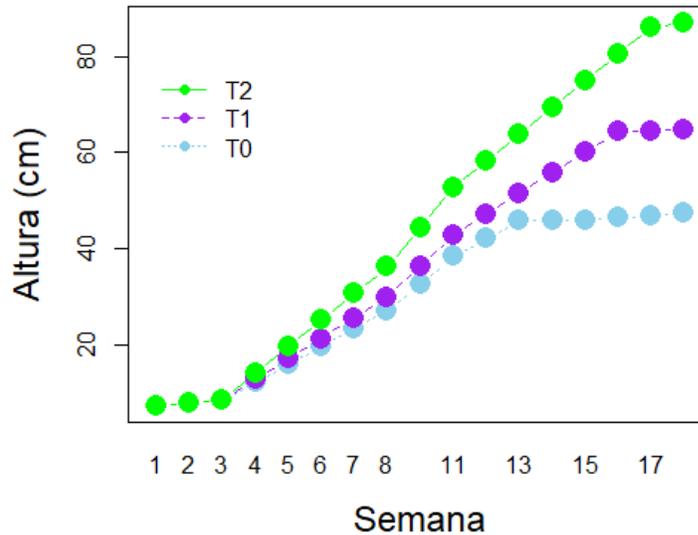
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: altura de la planta (cm) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante

Tratamiento	Altura de la planta (cm)			
T0	47.45	\pm	0.46	c
T1	64.76	\pm	0.39	b
T2	87.04	\pm	0.51	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 0.1782. Autoría propia.

Figura 18

Incremento de la altura de las plantas (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante.



Nota. Representación del crecimiento de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie durante 18 semanas. Autoría propia.

Figura 19

Altura de las plantas (cm) del T0, T1 y T2



Nota. Altura de las plantas (cm) del T0, T1 y T2. Autoría propia.

Tabla 9

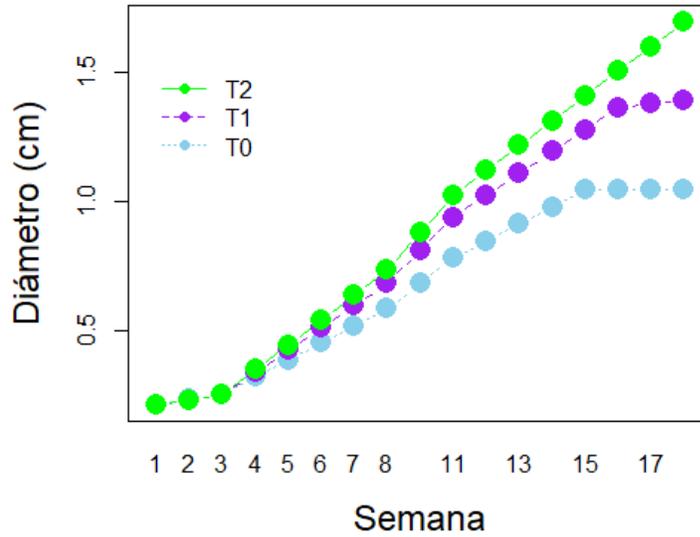
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: diámetro del tallo (cm) de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante

Tratamiento	Diámetro del tallo (cm)		
T0	1.05	\pm 0.01	c
T1	1.39	\pm 0.02	b
T2	1.70	\pm 0.01	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 0.0068. Autoría propia.

Figura 20

Incremento del diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante



Nota. Representación del desarrollo de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie durante 18 semanas.

Autoría propia.

Figura 21

Diámetro de los tallos (cm) de las plantas del T0, T1 y T2

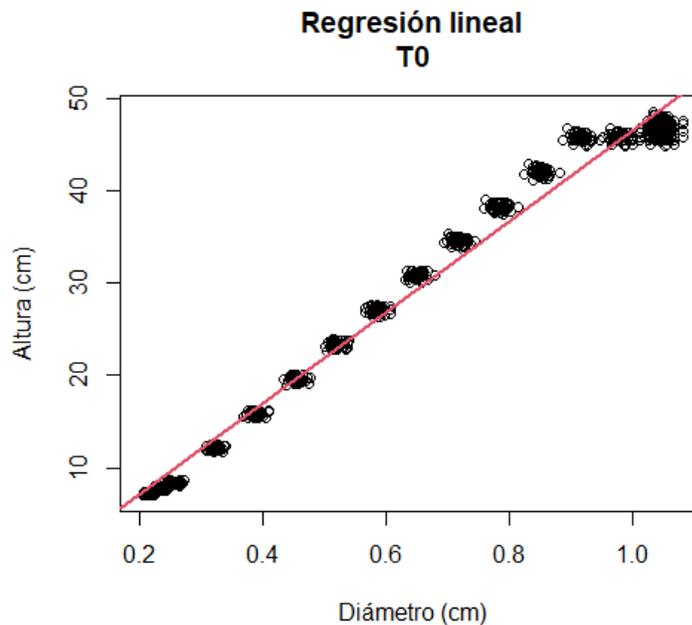


Nota. Diámetro de los tallos (cm) de las plantas del T0, T1 y T2. Autoría propia.

Las curvas de crecimiento muestran que las plantas del T2 tuvieron un mejor desarrollo a través del tiempo superando en altura y diámetro correspondientemente a las plantas del T1 y del T0, por lo que la aplicación de espirulina como un biofertilizante foliar influenció directamente sobre la altura de la planta y diámetro del tallo permitiéndoles a las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie un mejor desarrollo a diferencia de las plantas que fueron aplicadas biol y las plantas que no fueron tratadas con nada.

Figura 22

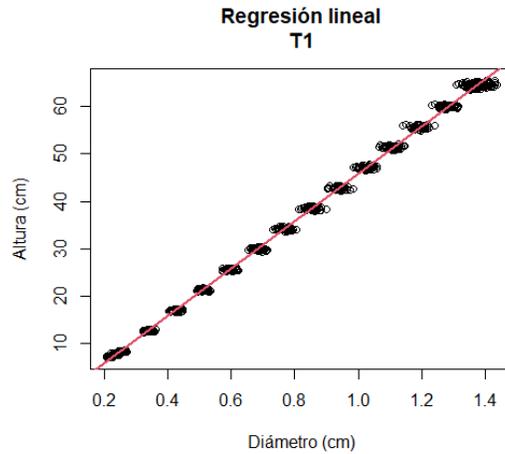
Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante



Nota. Relación entre la altura de las plantas y diámetro de los tallos de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie del T0 durante 18 semanas. Autoría propia.

Figura 23

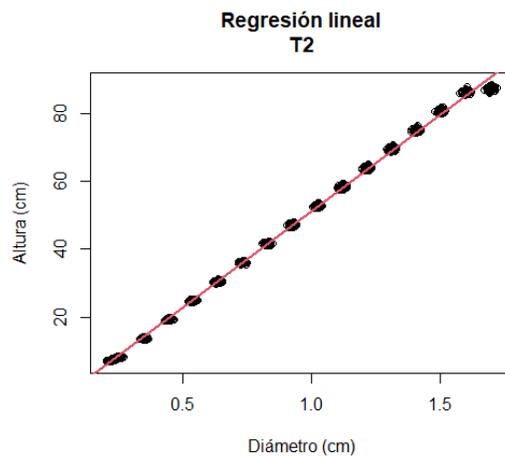
Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante



Nota. Relación entre la altura de las plantas y diámetro de los tallos de las plantas. Autoría propia.

Figura 24

Regresión lineal de la altura de las plantas (cm) y diámetro de los tallos (cm) durante 18 semanas a partir del trasplante



Nota. Relación entre la altura de las plantas y diámetro de los tallos de las plantas. Autoría propia.

La Figura 22, Figura 23 y Figura 24 muestran una relación lineal positiva entre la altura de las plantas y el diámetro de los tallos durante 18 semanas a partir del trasplante, evidenciando que ambas variables agronómicas estuvieron completamente relacionadas, ya que a medida que la plantas aumentaban su altura, también aumentaba el diámetro de sus tallos, sin embargo fueron las plantas del T2 las que presentaron un crecimiento más homogéneo en comparación con las plantas del T1 y T0.

En base los resultados obtenidos las plantas del T2 que recibieron aplicaciones foliares de espirulina fueron las que presentaron una mayor altura y un mayor diámetro de sus tallos además de presentar un crecimiento homogéneo entre estas dos variables a través del tiempo, seguidas por las plantas del T1 las cuales recibieron aplicaciones foliares de biol y por las plantas del T0 que no fueron tratadas con nada, estableciendo una diferencia significativa entre los 3 tratamientos, lo que supone que el biofertilizante elaborado a partir de espirulina tuvo un efecto directo sobre el desarrollo de las plantas de pimiento permitiéndoles aumentar más en altura y diámetro, resultados similares a los alcanzados por, Chuquitarco *et al.*, (2021), demostrando que los compuestos bioactivos presentes en la espirulina le permiten actuar como un óptimo bioestimulante agrícola capaz de mejorar ciertas características agronómicas como la altura de la planta y diámetro del tallo, ya que al aplicar la espirulina de forma foliar sus nutrientes disponibles son fácilmente absorbidos a través de las hojas mediante los estomas y poros de la cutícula especialmente cuando estos están completamente abiertos durante las primeras horas de la mañana, además la espirulina es capaz de promover la producción de fitohormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas en la planta, las cuales permiten que las células presentes en las áreas meristemáticas se dividan y multipliquen para luego alargarse provocando que la planta aumente en tamaño y en grosor. Por otra parte, Medina *et al.*, (2022) menciona que el efecto de la aplicación de biol como un biofertilizante foliar en las plantas de pimiento no fue tan exitoso debido a que este actúa de una forma más eficaz al ser

aplicado directamente al suelo, ya que su contenido de nutrientes presenta una mayor disponibilidad que puede ser aprovechada de mejor manera por las raíces, además de intensificar los recursos microbiológicos del suelo.

Frutos por planta, peso de los frutos (g) y longitud de los frutos (cm)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado a las variables agronómicas: frutos por planta, peso de los frutos (g) y longitud de los frutos (cm) consideró únicamente a los frutos cosechados. De acuerdo con la Tabla 10, la Tabla 11 y la Tabla 12 el T2 alcanzó los mayores valores para los frutos por planta (3.73 ± 0.14), peso de los frutos (119.18 ± 3.16) y longitud de los frutos (17.04 ± 0.37), mientras que el T0 presentó los menores valores para los frutos por planta (1.10 ± 0.07), peso de los frutos (67.73 ± 1.36) y longitud de los frutos (14.14 ± 0.42), además todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) tanto para los frutos por planta, como para peso y longitud de los frutos.

Tabla 10

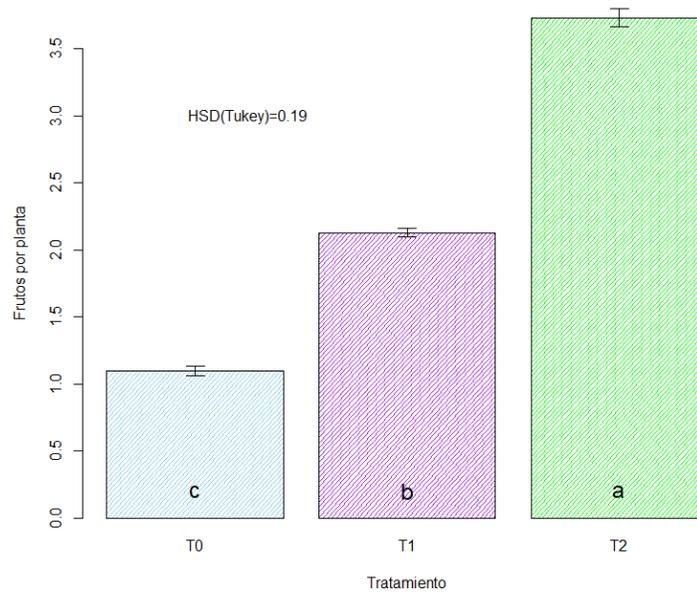
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: frutos por planta del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante

Tratamiento	Frutos por planta			
T0	1.10	\pm	0.07	c
T1	2.13	\pm	0.07	b
T2	3.73	\pm	0.14	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 0.1925. Autoría propia.

Figura 25

Gráfico de barras del número de frutos cosechados por planta



Nota. Representación del número de frutos cosechados por planta de cada tratamiento. Autoría propia.

Figura 26

Número de frutos cosechados por planta del T0, T1 y T2



Nota. Número de frutos cosechados por planta del T0, T1 y T2. Autoría propia.

Tabla 11

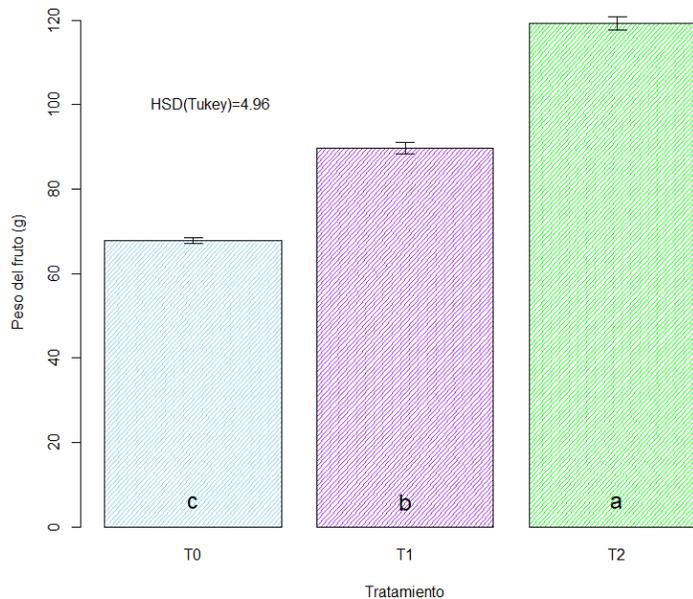
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: peso de los frutos (g) cosechados de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante

Tratamiento	Peso de los frutos (g)			
T0	67.73	\pm	1.36	c
T1	89.69	\pm	2.66	b
T2	119.18	\pm	3.16	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 4.9551. Autoría propia.

Figura 27

Gráfico de barras del peso de los frutos (g) cosechados



Nota. Representación del peso de los frutos cosechados por planta de cada tratamiento. Autoría propia.

Figura 28

Peso de los frutos (g) cosechados del T0, T1 y T2



Nota. Peso de los frutos (g) cosechados del T0, T1 y T2. Autoría propia.

Tabla 12

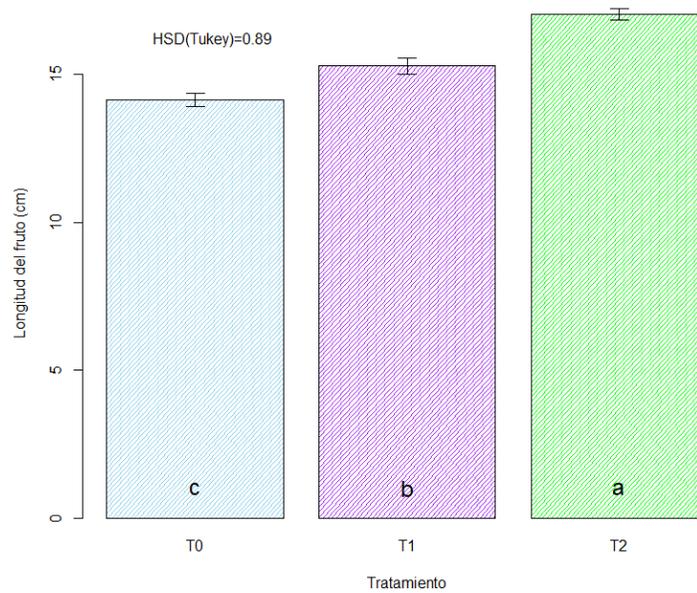
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: longitud de los frutos (cm) cosechados de las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie a la decimoctava semana del trasplante

Tratamiento	Longitud de los frutos (cm)		
T0	14.14	\pm 0.42	c
T1	15.28	\pm 0.54	b
T2	17.04	\pm 0.37	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 0.8882. Autoría propia.

Figura 29

Gráfico de barras de la longitud de los frutos (cm) cosechados



Nota. Representación de la longitud de los frutos cosechados por planta de cada tratamiento. Autoría propia.

Figura 30

Longitud de los frutos (cm) cosechados del T0, T1 y T2



Nota. Longitud de los frutos (cm) cosechados del T0, T1 y T2. Autoría propia.

La Figura 25, Figura 27 y Figura 29 demuestran que la aplicación de espirulina como un biofertilizante foliar permitió que las plantas de pimiento produzcan un mayor número de frutos con un peso y tamaño considerable a diferencia de las plantas a las que se les aplicó biol y de las plantas que no fueron tratadas, ya que estas produjeron pocos frutos pequeños, por lo que el T2 resultó ser el mejor, seguido por el T1.

En cuanto al número de frutos cosechados por planta, peso de los frutos y longitud de los frutos el T2 obtuvo los mejores resultados, ya que las plantas que recibieron aplicaciones foliares de espirulina permitieron cosechar de 3 a 4 pimientos con un peso promedio de 119.18 g y una longitud promedio de 17.04 cm, valores que superaron a los obtenidos por, Alemán *et al.*, (2018), que evaluando los indicadores morfofisiológicos y productivos del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie sin ningún plan de fertilización obtuvo pimientos de un peso y longitud menor, lo que demuestra que la composición nutricional de la espirulina en cuanto a minerales es ideal para que se formen frutos de un peso y longitud considerable. De acuerdo con, León *et al.*, (2021) el cuajado es el inicio de la formación del fruto, por ello es importante que la planta tenga a su disposición minerales como el N, P, K, Ca, B y Mo, además de vitaminas y fitohormonas que den paso al crecimiento de las paredes del ovario y otras estructuras para la formación del fruto, durante esta etapa el fruto incorpora los minerales, fotoasimilados y agua, los cuales son factores claves que determinarán su peso y tamaño final, mientras más sea la disponibilidad de estos, mayor será la calidad del fruto, es por ello que la aplicación de la espirulina de manera foliar permitió una translocación continua de compuestos carbonados desde los órganos fuente que fueron las hojas hacia los órganos vertederos que fueron los frutos mejorando el proceso de distribución de los fotoasimilados en las plantas y formando frutos más pesados y más grandes.

Rendimiento (kg/ha)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable agronómica: rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie consideró el número de frutos por planta que fueron cosechados y su peso correspondientemente a cada tratamiento. De acuerdo con la Tabla 13 el T2 alcanzó los mayores valores para el rendimiento (14643.53 kg/ha \pm 289.69), mientras que el T0 presentó los menores valores para el rendimiento (2451.74 kg/ha \pm 119.61), además todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) para el rendimiento del cultivo.

Tabla 13

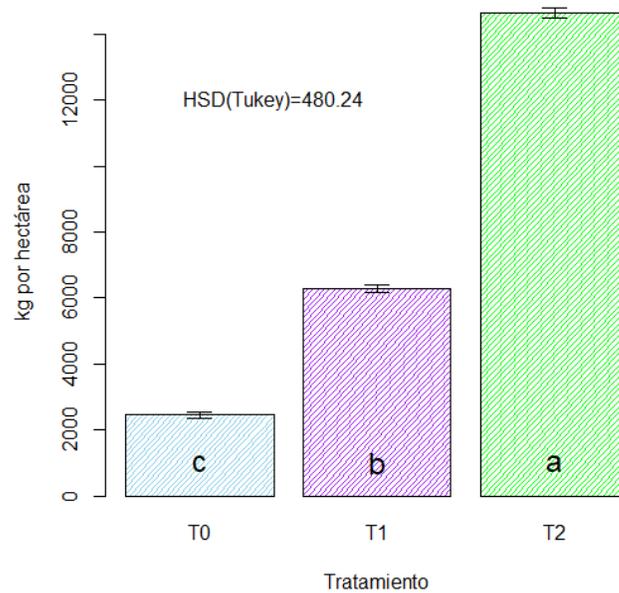
Medias \pm Desviación Estándar de la variable agronómica: rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)		
T0	2451.74	\pm 119.61	c
T1	6289.19	\pm 231.84	b
T2	14643.53	\pm 289.69	a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. LSD: 480.24. Autoría propia.

Figura 31

Gráfico de barras del rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie



Nota. Representación del rendimiento del cultivo de pimiento de cada tratamiento. Autoría propia.

La Figura 31 muestra que el T2 permitiría obtener una mayor producción de pimientos en una hectárea en comparación con el T1 y el T0, por lo que la aplicación de la espirulina como un biofertilizante foliar es capaz de incrementar la producción de pimientos variedad híbrido Nathalie mientras que la aplicación de biol como un biofertilizante foliar no es lo suficientemente efectiva en cuanto al rendimiento.

Por otra parte, el T2 fue el que alcanzó el mejor rendimiento (kg/ha) del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie en comparación al T1 y T0, por lo que el biofertilizante de espirulina tuvo un control sobre los factores que influyen en el rendimiento de un cultivo, así lo corrobora, Pérez *et al.*, (2020), que estudiando el uso de algas como una alternativa natural

para la producción de diferentes cultivos determinó que un biofertilizante elaborado a partir de espirulina es capaz de inducir una resistencia al estrés biótico y abiótico principalmente por el contenido de aminoácidos que presenta su composición nutricional, los cuales actúan como bioestimulantes que contribuyen a mitigar lesiones ocasionadas por el estrés que la planta puede padecer descartando problemas de polinización, fecundación o caída de flores y más bien garantizando una buena producción.

Figura 32

Rendimiento (kg/ha) del T0, T1 y T2



Nota. Rendimiento (kg/ha) del T0, T1 y T2. Autoría propia.

Aparecimiento de la floración

La variable agronómica: aparecimiento de la floración se analizó considerando la semana después del trasplante en que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie iniciaron su floración. De acuerdo con la Tabla 14 las plantas del T2 iniciaron la floración durante la semana 9 y 10, mientras que las plantas del T1 y T0 iniciaron la floración durante la semana 11 y 12.

Tabla 14

Semana en que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie iniciaron la floración

Tratamiento	Semana después del trasplante			
	9	10	11	12
T0			14	37
T1			34	20
T2	21	35		

Nota. Semana en que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie iniciaron la floración. T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. Autoría propia.

Con respecto al apareamiento de la floración las plantas del T2 iniciaron su floración durante la semana 9 y 10 después del trasplante, mientras que las plantas del T1 y T0 iniciaron su floración durante la semana 11 y 12 después del trasplante, por lo que la aplicación de la espirulina permitió que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie adelanten su floración 2 semanas, un acontecimiento similar registrado por, Aguilar (2015), quién menciona que la aplicación de espirulina como un biofertilizante es capaz de actuar como un bioestimulante por su alto contenido de proteínas, polisacáridos, elementos minerales y principalmente fitohormonas que son de fácil asimilación para la planta y son claves para inducir la floración.

Análisis económico

Para el análisis económico de la presente investigación se consideró el peso en kilogramos obtenido de la cosecha de los pimientos de cada tratamiento y el área que utilizaron las 56 plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie de cada tratamiento.

Tabla 15*Descripción del experimento*

Plantas por tratamiento	56
Área de cada tratamiento	11.2 m ²
Peso de pimientos cosechados del T0	2.9 kg
Peso de pimientos cosechados del T1	10.3 kg
Peso de pimientos cosechados del T2	24.7 kg
Costo de las plantas por tratamiento	\$ 6.72
Volumen del biofertilizante por aplicación	1 L
Número de aplicaciones del biofertilizante por mes	2
Volumen de los biofertilizantes utilizados durante 4 meses	8 L
Costo de elaboración de 1 L de biol	\$ 0.59
Costo de elaboración de 1 L de espirulina	\$ 4.69

Nota. Descripción del experimento. Autoría propia.

Tabla 16*Cálculo del beneficio neto (USD) por tratamiento para el primer mes de producción*

Tratamiento	Rendimiento (kg/tratamiento)	Venta (USD/kg)	Beneficio Bruto (USD)	Costos Variables (USD)	Beneficio Neto (USD)
T0	2.9	3	8.7	6.72	1.98
T1	10.3	3	30.9	11.44	19.46
T2	24.7	3	74.1	44.24	29.86

Nota. Beneficio neto (USD) por tratamiento para el primer mes de producción. T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. Autoría propia.

Considerando que el ciclo del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie dura 16 meses, 4 meses desde la emergencia de las plántulas hasta la formación de los frutos, y 12 meses de producción, se utilizaría un total de 32 L de los biofertilizantes.

Tabla 17

Cálculo del beneficio neto (USD) por tratamiento para un ciclo del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie

Tratamiento	Rendimiento (kg/tratamiento)	Venta (USD/kg)	Beneficio Bruto (USD)	Costos Variables (USD)	Beneficio Neto (USD)
T0	34.8	3	104.4	6.72	97.7
T1	123.6	3	370.8	25.9	344.9
T2	296.4	3	889.2	156.8	732.4

Nota. Cálculo del beneficio neto (USD) por tratamiento para ciclo del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie. T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. Autoría propia.

De acuerdo con la Tabla 16 se obtuvo el mejor beneficio neto (USD) del T2 para el primer mes de producción, pues a pesar de que la inversión fue mayor permitió que el agricultor recupere su inversión y obtenga una ganancia.

Por lo que se refiere al presupuesto parcial propuesto por Perrín *et al.*, (1976) el T2 le permitió obtener una mejor rentabilidad al agricultor, ya que en 11.2 m² 56 plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie sembradas a tresbolillo a una distancia de 50 cm permitieron obtener un total de 24.7 kg de pimiento en el primer mes de producción, los cuales fueron comercializadas en el cantón Rumiñahui permitiéndole conseguir a la agricultora \$ 29.86 de ganancia, si consideramos que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie producen frutos durante un año la agricultora obtendría un beneficio neto de \$ 732.4 por ciclo de

producción como lo muestra la Tabla 17 lo cual representa un ingreso considerable para la economía de una familia, así pues se asegura que la aplicación de la espirulina como un biofertilizante foliar es capaz de incrementar hasta el doble el rendimiento de un cultivo, tal como lo asevera, López, I. *et al.*, (2020), que evaluando los usos de las algas en la agricultura demostró que la aplicación de extractos de cianobacterias permiten aumentar los rendimientos agrícolas induciendo una floración más temprana y garantizando la formación de frutos de primera calidad.

Figura 33

Beneficio neto del T2



Nota. El mejor beneficio neto se obtuvo del T2.

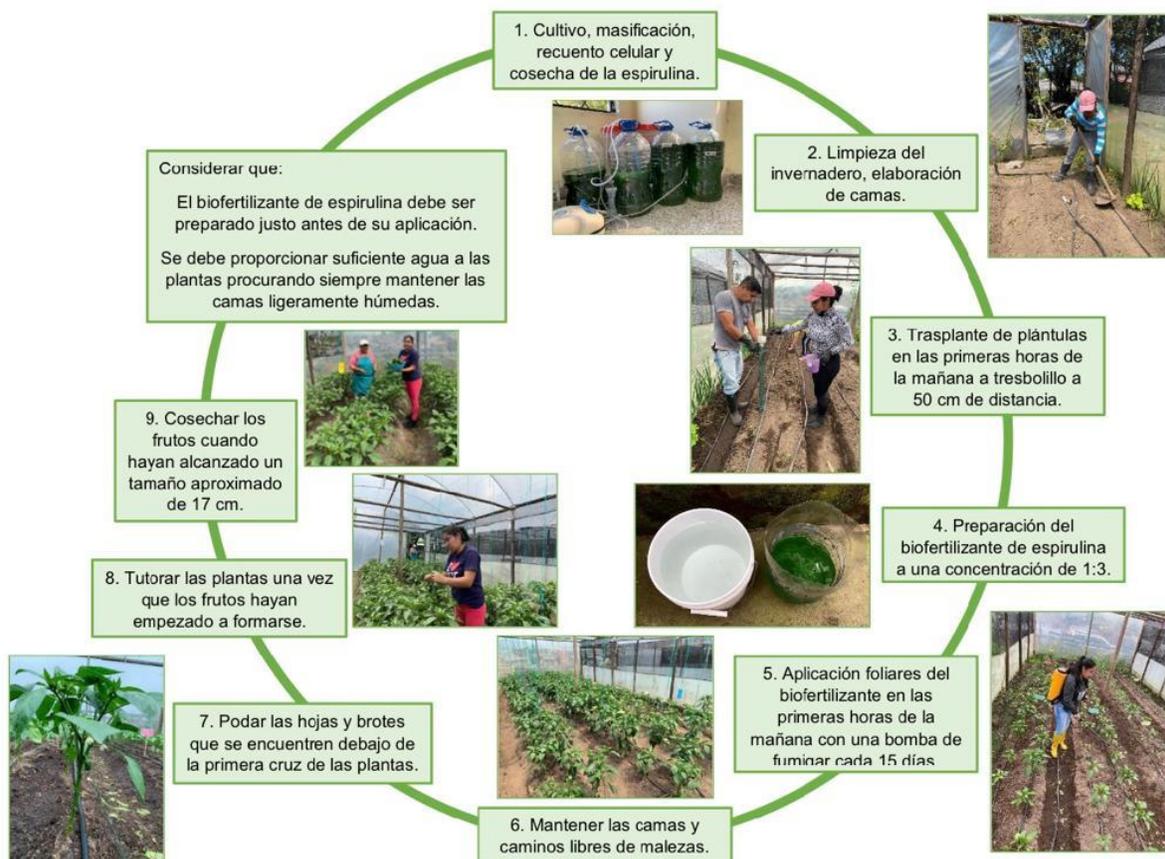
Autoría propia.

Considerando los resultados obtenidos, un sistema de manejo sustentable para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie consiste en brindar una fertilización foliar de espirulina a las plantas durante todo su desarrollo, estas aplicaciones deben realizarse estrictamente en las primeras horas de la mañana cada 15 días procurando cubrir por completo el envés de las hojas, el biofertilizante a base de espirulina se lo debe preparar a una

concentración de 1:3, es decir que por cada litro de espirulina se debe agregar 3 litros de agua y su preparación debe realizarse justo antes de la aplicación, las plantas deben sembrarse a tresbolillo a una distancia de 50 cm, se les debe proporcionar suficiente agua procurando que la cama siempre se mantenga ligeramente húmeda, se debe podar las hojas y brotes que se encuentren debajo de la primera cruz de la planta, una vez que empiece la formación de los frutos es necesario tutorar las plantas y siempre hay que mantener las camas y caminos libres de malezas.

Figura 34

Sistema de manejo sustentable para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie



Nota. Diagrama de flujo del sistema de manejo sustentable para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie. Autoría propia.

Tabla 18

*Medias \pm Desviación Estándar de las variables agronómicas evaluadas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) variedad híbrido Nathalie en la decimoctava semana después del trasplante*

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Frutos por planta	Peso de los frutos (g)	Longitud de los frutos (cm)	Rendimiento (kg/ha)
T0	47.45 \pm 0.46 c	1.05 \pm 0.01 c	1.10 \pm 0.07 c	67.73 \pm 1.36 c	14.14 \pm 0.42 c	2451.74 \pm 199.61 c
T1	64.76 \pm 0.39 b	1.39 \pm 0.02 b	2.13 \pm 0.07 b	89.69 \pm 2.66 b	15.28 \pm 0.54 b	6289.19 \pm 231.84 b
T2	87.04 \pm 0.51 a	1.70 \pm 0.01 a	3.73 \pm 0.14 a	119.18 \pm 3.16 a	17.04 \pm 0.37 a	14643.53 \pm 289.69 a

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en base a la prueba de Tukey ($p > 0.05$). T1 = Aplicación foliar de biol y T2 = Aplicación foliar de espirulina. Autoría propia.

Después de analizar todos los resultados obtenidos se afirma la hipótesis alternativa, ya que las plantas de pimiento variedad híbrido Nathalie tratadas con espirulina presentaron los mejores parámetros de calidad y productividad alcanzando un altura promedio de 87.04 cm, un diámetro promedio de los tallos de 1.70 cm, un desarrollo homogéneo, un floración temprana, un mayor número de frutos con un peso promedio de 119.18 g y una longitud promedio de 17.04 cm, un rendimiento de 14643.53 kg/ha y un beneficio neto de \$732.4 por ciclo de producción descartando por completo la hipótesis nula considerando que las plantas tratadas con biol no lograron resultados tan exitosos, por lo un biofertilizante elaborado a partir de espirulina es ideal para la producción del cultivo de pimiento de una manera orgánica.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Un sistema de manejo sustentable ideal para el cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie consiste en realizar aplicaciones foliares de un biofertilizante elaborado de espirulina en una concentración de 1:3 cada 15 días en las mañanas desde las primeras etapas fenológicas.
- Las plantas que recibieron aplicaciones foliares de espirulina alcanzaron una altura promedio de 87.04 cm y los tallos un diámetro promedio de 1.70 cm, permitieron cosechar hasta 4 pimientos de cada planta con un peso promedio de 119.18 g y una longitud promedio de 17.04 cm e iniciaron su floración 2 semanas antes que las plantas a las que se les aplicó biol.
- El biofertilizante de espirulina fue capaz de incrementar la producción del cultivo, ya que el T2 presentó un rendimiento de 14643.53 kg/ha superando al T1 y T0.
- El T2 permitió alcanzar la mejor rentabilidad considerando todos los costos variables, ya que se obtuvo un beneficio neto de \$732.4 por ciclo de producción, es decir al año, valor que supera al beneficio neto obtenido del T1 y T0.

Recomendaciones

- Realizar estudios sobre la funcionalidad de la espirulina como posible controlador de plagas y enfermedades.
- Estudiar el efecto de la espirulina como un biofertilizante de aplicación directa al suelo.
- Promover la certificación orgánica, a fin de que se reconozca económicamente este sistema de manejo sustentable.
- Incentivar el reconocimiento económico de alimentos producidos de forma orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. (2015). *Algas marinas para la agricultura de alto rendimiento*. Interpresas.
<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/136576-Algas-marinas-para-la-agricultura-de-alto-rendimiento.html>
- Alemán, R., Domínguez, J., Rodríguez, Y., Soria, S., Torres, R., Vargas, J., Medina, C., & Alba, J. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 14–23. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n1/cag02118.pdf>
- Alvarado, M., & Cabrera, L. (2010). *Determinación del tiempo de vida útil en los pimientos California verdes fresco en bandejas plásticas empacados con papel film* [Seminario de graduación, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9058/1/Pimientos%20verdes.pdf>
- Arce, O. (2013). Identification and management of thrips in pepper (*Capsicum annuum* L.) crops grown in greenhouse in Tucumán. *Revista Agronómica Del Noroeste Argentino*, 33, 27–31.
https://www.researchgate.net/publication/267544411_Identification_and_management_of_thrips_in_pepper_Capsicum_annuum_L_crops_grown_in_greenhouse_in_Tucuman
- Ayala, C., & Dabdab, P. (2019). Agricultura orgánica, maíz criollo y extensión rural: percepciones de profesionales salvadoreños. *Realidad y Reflexión*, 49(49), 106–126.
<https://doi.org/10.5377/ryr.v49i49.8068>
- Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F., & Consolo, F. (2020). Bioformulación de *Trichoderma harzianum* en sustrato sólido y efectos de su aplicación sobre plantas de pimiento. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 119(1), 1–9. <https://doi.org/10.24215/16699513e037>

- Barreto, A., & Linton, M. (2020). Características nutraceuticas, herramientas de cultivo y estudio genotóxico de Spirulina. In *Agrobiología*. Mérida Publishers. <https://doi.org/10.4322/mp.2020.001.05>
- Batallas, P., Jaramillo, E., & Luna, A. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. *Agroecosistemas*, 10(3), 143–152. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/572>
- Bohórquez, S. (2017). *Efecto de la espirulina en el manejo de las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad*. [Tesis, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5eb5a7ff-8fd6-4a39-869b-f97c9018318f/content#:~:text=As%C3%AD%20mismo%20en%20pacientes%20con,las%20comorbilidades%20de%20la%20obesidad>.
- Carrasco, F., & Sánchez, J. D. R. (2020). Factores de adopción de agricultura orgánica en la región de Piura 2020. *Semestre Económico*, 9(1), 27–59. <https://doi.org/10.26867/se.2020.v09i1.97>
- Cedeño, J., Ardisana, E., Torres, A., & Fosado, O. (2020). Respuestas del crecimiento y el rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie a un lixiviado de vermicompost bovino. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 1–10. https://www.researchgate.net/publication/345133388_Respuestas_del_crecimiento_y_el_rendimiento_en_pimiento_Capsicum_annuum_L_hibrido_Nathalie_a_un_lixiviado_de_vermicompost_bovino
- Chuquitarco, V., Raura, J., Gaviláñez, T., & Luna, R. (2021). La calidad de atención del servicio y la fidelización de los estudiantes en una institución de educación universitaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4160–4181. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.612

- Clemente, G., & Álvarez, H. (2019). The influence of agricultural landscape in biological control from a spatial perspective. *Ecosistemas*, 28(3), 13–25. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1730>
- Cruz, E., Marín, I., & Cuervo, J. (2022). Efecto de la aplicación de biol producido a partir de estiércol bovino en las propiedades de un suelo dedicado a la producción de forraje. *RedBioLAC*, 5(1), 60–65. <http://www.revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/45>
- Díaz, A., Alvarado, M., Ortiz, F., & Grageda, O. (2013). Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Campo Experimental Río Bravo, INIFAP*, 4(2), 315–321. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n2/v4n2a11.pdf>
- Dilas, J., & Ascurra, D. (2020). Agroecología: Una alternativa sostenible para la pequeña agricultura en un escenario post COVID19. *Llamkasun*, 1(2). <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v1i2.9>
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Requena, M., Sid, A., & Candela, M. (2004). Evaluación del biocontrol de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.) por tratamiento con *Burkholderia cepacia*. *Anales de Biología*, 26, 47–59. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30461>
- FAO. (2021). *Producción/Rendimiento de Chile, Pimientos Picantes, Pimientos (Verdes) En Mundo*. FAOStats. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- García, C., & González, M. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 6(1), 17–22. http://uaim.edu.mx/webbraximhai/Ej-16articulosPDF/03%20Bioinsecticidas_control_de_plagas.pdf

- García, R. (2021). Uso y manejo de biol, una alternativa para la nutrición de cultivos en agricultura sustentable. *Simposio Nacional de Garbanzo Memoria*, 3(1).
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6105592.pdf>
- Gómez, G. (2021). *Efecto de dos enmiendas retentivas de humedad con dos frecuencias en riego por goteo para el cultivo pimiento en invernadero* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5098/gomez-tunque-ghefryn-styn-jackson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, S., Bautista, R., Claros, G., Cañas, A., Palma, J., & Corpas, F. (2019). Nitric oxide-dependent regulation of sweet pepper fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, 70(17), 4557–4570. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz136>
- Jara, J. (2022). Preparación de biol a partir de residuos orgánicos. *RedBioLAC*, 6(1), 51–55.
<http://www.revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/28>
- Lacasa Plasencia, A., & Lacasa Plasencia, A. (2016). El cultivo de brásicas para biosolarización reduce las poblaciones de *Meloidogyne incognita* en los invernaderos de pimiento del Sudeste de España. *Información Técnica Económica Agraria*, 112(2).
<https://doi.org/10.12706/itea.2016.008>
- León, A., Beltrán, G., Barragán, A., & Balaguera, H. (2021). Distribución de fotoasimilados en los órganos vertederos de plantas Solanaceas, caso tomate y papa. Una revisión. *Ciencia y Agricultura*, 18(3), 79–97. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.13566>
- López, I., Martínez, L., Pérez, G., Reyes, Y., Núñez, M., & Cabrera, J. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Revista de Cultivos Tropicales INCA*, 41(2).
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>

- López, J. (2016). Estudio de la rentabilidad del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero con el uso de sombreo. *Información Técnica Económica Agraria*, 112(1). <https://doi.org/10.12706/itea.2016.004>
- Luna, R., Reyes, J., López, R., Reyes, M., Álava, A., Velasco, A., Álvarez, G., Castillo, H., Cedeño, D., & Macías, R. (2015). Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Artículos Generales*, 42(4), 11–18. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_4/cag02415.pdf
- Malpartida, R., Aldana, L., Sánchez, K., Gómez, L., & Lobo, J. (2022). El valor nutricional y compuestos bioactivos de la Espirulina: Potencial suplemento alimenticio. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 42–51. <https://doi.org/10.46480/esj.6.1.133>
- Medina, K., Leiva, F., Rodríguez, Á., Gil, L., Bardales, C., & León, C. (2022). Influencia de las concentraciones del bioabono “biol” en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* var. *longifolia* (Asteraceae). *Arnaldoa*, 29(1), 137–148. <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v29n1/2413-3299-arnal-29-01-137.pdf>
- Mendoza, C. (2021). *Respuesta agronómica del pimiento (*Capsicum annuum*) a la siembra social del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) en el cantón milagro* [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MENDOZA%20VERA%20CINDY%20VALERIA.pdf>
- Montoya, V., Arreola, J., Castillo, X., Arreola, J., & Báez, A. (2022). Efecto de la levaza en la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Suelos Ecuatoriales*, 52(1 y 2), 137–141. [https://doi.org/10.47864/SE\(52\)2022p137-141_165](https://doi.org/10.47864/SE(52)2022p137-141_165)
- Moreno, E., Sánchez, F., Martínez, F., Ramírez, A., & Beryl, T. (2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la

cuarta bifurcación. *Agrociencia*, 53(5), 697–707. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1837/1834>

Ochoa, K., & Moyano, W. (2022). Aplicaciones de la espirulina - planta marina: revisión panorámica. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2, 174. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2022174>

Ochoa, M., Armenta, A., Moreno, S., Fernández, E., & Ochoa, A. (2018). Fertilización orgánica y su impacto en la calidad del suelo. *Biocencia*, 21(1), 87–92. <https://doi.org/10.18633/biotech.v21i1.817>

Pacheco, R., Verón, R., & Cáceres, S. (2019). Efecto del raleo de flores y estado de madurez de cosecha sobre el rendimiento y calidad de fruto de pimiento. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), 19–28. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000100002&lng=es&tling=es.

Pérez, Y., López, I., & Reyes, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Revista de Cultivos Tropicales INCA*, 41(2). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e09.pdf>

Pino, M., Campos, A., Saavedra, J., Álvarez, F., Salazar, C., Hernández, C., Soto, S., Estay, P., Vitta, N., Escaff, M., Pabón, C., & Zamora, O. (2018). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA*, 360, 110. https://www.researchgate.net/profile/Maria-Teresa-Pino/publication/325034385_Pimientos_para_la_industria_de_alimentos_e_ingredientes/links/5af2670d458515c283795a5d/Pimientos-para-la-industria-de-alimentos-e-ingredientes.pdf#page=21

- Quiñonez, J., Tandazo, J., & Arias, J. (2020). Producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) mediante la aplicación de productos orgánicos. *Revista de Ciencia e Investigación*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3926919>
- Ranco, A., Veliz, K., Solís, L., & Celi, A. (2021). Identification of the entomofauna present in the pepper crop (*Capsicum annum* L) in the Lodana sector of the Santa Ana canton, Ecuador. *Manglar*, 18(4), 397–402. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.051>
- Reyes, J., Rivero, M., Solórzano, A., Carballo, F., Lucero, G., & Ruiz, F. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Revista terra latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>
- Reynoso, F. (2020). Producción de grano de ecotipos locales de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con aplicación de biol de estiércol bovino en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales*, 7(1), 30–39. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/141>
- Rivera, W., Ortiz, C., García, R., & Rodríguez, I. (2021). Influencia de la fertilización nitrogenada en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 51–90. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/410/430>
- Saldaña, F., Acosta, M., de la Cruz, C., & Valenzuela, M. (2022). Impacto de la agricultura orgánica en la producción de plantas medicinales. *Medicina Naturista*, 16(1), 41–47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8257031>
- Silos, C., & Soria, R. (2021). Efectos benéficos para la salud asociados al consumo de espirulina. *Revista Universitarios Potosinos*, 261(18), 12–17. <https://leka.uaslp.mx/index.php/universitarios-potosinos/article/view/136>

Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215–226. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.13>

Toñanez, L., Bottino, J., & Galeano, X. (2021). Efectos de fertilización potásica en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) Var: Híbrido Nathalie. *Revista Alfa*, 5(13), 78–90. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.99>

Villanueva, V. (2021). *Evaluación de biopreparados del ajo (*Allium sativum*) como insecticida ó barrera natural del trips (*Frankliniella difficilis*) en el cultivo de haba* [Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8213/T010_41691410_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y