



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLOGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Agropecuario

Proyecto de Investigación:

“EFFECTO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE AJÍ TABASCO (*Capsicum frutescens*) CON LA BIOFERTILIZACIÓN DEL ALGA MARINA (*Ascophyllum nodosum*)”

Autor:

MANUEL ALEXANDER VILLAVICENCIO VILLACIS

Director de Proyecto de Investigación:

BLGA. ANA RUTH ÁLVAREZ SÁNCHEZ, PH.D.

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR.

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Manuel Alexander Villavicencio Villacis** declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Manuel Alexander Villavicencio Villacis

C.I: 1207530666



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Blga. Ana Ruth Álvarez Sánchez, Ph.D.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Manuel Alexander Villavicencio Villacis**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto en el crecimiento y producción de ají tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*)**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Blga. Ana Ruth Álvarez Sánchez, Ph.D.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Blga. Ana Ruth Álvarez Sánchez, Ph.D.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Efecto en el crecimiento y producción de ají tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*)**”, Presentado por el estudiante **Manuel Alexander Villavicencio Villacis**, egresado de la Carrera **Agropecuaria**, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 94% y similitud de 6%, del trabajo investigativo. Válido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Original
by turnitin

Document Information

Analyzed document	TESIS MANUEL VILLAVICENCIO (1).docx (D177889446)
Submitted	11/6/2023 12:55:00 AM
Submitted by	
Submitter email	manuel.villavicencio2018@uteq.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	aaalvarez@uteqanalysis.arkund.com

Blga. Ana Ruth Álvarez Sánchez, Ph.D.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

EFECTO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE AJÍ TABASCO (*Capsicum frutescens*) CON LA BIOFERTILIZACIÓN DEL ALGA MARINA (*Ascophyllum nodosum*)”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

(Dr. Luis Godoy Montiel)

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

(Dra. Shailili Moreno Morales)

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

(Dr. Ronald Villamar Torres)

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, gracias a Dios por darme la fuerza para nunca rendirme y seguir triunfando en lo que me proponga. Gracias a mis padres y hermanos quienes han sido el principal impulsor de todos mis logros hasta ahora.

Gracias a mi familia y amigos que de una forma u otra me han mostrado el apoyo necesario cuando lo necesitaba. Mi mentora del proyecto la DRA. ANA RUTH ÁLVAREZ SÁNCHEZ por su valioso y desinteresado asesoramiento durante el desarrollo del proyecto.

También quisiera agradecer a todos mis compañeros por apoyarme cuando más lo necesité, extendiéndome la mano cuando estaba en dificultades y darme consejos todos, los estimo mucho a todos y siempre los llevaré en mi corazón.

Finalmente, me gustaría agradecer a todos los que indirectamente me ayudaron a realizar este gran sueño.

DEDICATORIA

A mi madre, Maria Isabel Villacis Fuentes, Por su amor incondicional, su apoyo incansable y su sacrificio constante a lo largo de mi vida. Ella es la razón por la que he llegado hasta aquí y cada logro que he alcanzado lleva su huella. Gracias por ser mi inspiración y por inculcarme valores de perseverancia y determinación que me han llevado a este punto.

A mis hermanos, Viviana Villavicencio, Belinda Villavicencio, Azucena Villavicencio. Por ser mi refugio en los momentos difíciles y por compartir conmigo las alegrías de cada logro. Siempre han sido un recordatorio constante de la importancia de la familia en mi vida.

A mis amigos, Por su amistad leal y su constante ánimo. Cada conversación, cada risa compartida y cada consejo han sido un regalo invaluable en mi viaje académico.

A mis profesores y mentores, Por su sabiduría, su guía experta y su dedicación a mi desarrollo académico. Sus enseñanzas y orientación han sido fundamentales para mi crecimiento como estudiante y como persona.

A todos los que, de una u otra manera, han sido parte de mi vida y mi viaje académico. Gracias por ser mi fuente de inspiración, por creer en mí cuando a veces dudaba de mí mismo y por compartir este logro conmigo. Este trabajo no solo es mío, sino de todos ustedes que han estado a mi lado.

Con gratitud y cariño,

ATT: Villavicencio Villacis Manuel Alexander

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la aplicación de bioestimulante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* en el crecimiento y producción de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*), en el Campus Universitario “La María”. Utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos empleados una concentración del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* los siguientes: T0-0%, T1-100%, T2-75%, T3-50% y T4-25%, cuyas medidas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 95%. La investigación estuvo dividido por dos ensayos: el primero estudio el crecimiento del ají durante la etapa inicial en invernadero, como principal resultado se observó que el T4-25%, produjo plantines con mayor AP a los 30 días, después de haber germinado con 4.75 cm, alcanzando además una LH y DH de 3.15 cm y 2.61 cm, mientras que el T1-100%, logrando plantines con una LR mayor de 5 cm; en el segundo ensayo se basó en el crecimiento y producción a nivel de campo, en donde se evidencio que el T4-25%, consiguiendo una mayor AP a los 30, 60 y 90 días después del trasplante con 19.08 cm. 80.55 cm y 119.51 cm, además registro un mayor NF de 102.66 por planta, los cuales obtuvieron una LF y DF de 4. 61 cm y 1.28 cm, mayor PF de 7.36 g, adquiriendo así una BFF y BSF de 276.41 g y 23.56 g, incrementando el rendimiento del cultivo con 6300.48 kg/ha., además este tratamiento genero el mayor utilidad neta de \$ 3238.51 por hectárea, siendo el alga *A. nodosum* una alternativa sustentable para optimizar el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de ají tabasco.

Palabras clave: *Capsantina; Chile; Extracto; Feofíceas; Hortalizas;*

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the effects of the application of biostimulant based on the seaweed *Ascophyllum nodosum* on the growth and production of Tabasco Chili Pepper (*Capsicum frutescens*), at the “La María” University Campus. Using a Completely Randomized Design (DCA), with five treatments and four repetitions, the treatments used were a concentration of the biofertilizer based on the algae *A. nodosum* as follows: T0-0%, T1-100%, T2-75%, T3-50% and T4-25%, whose measurements were compared using the 95% Tukey test. The research was divided into two trials: the first studied the growth of chili during the initial stage in the greenhouse, the main result was that T4-25% produced seedlings with higher AP after 30 days, after having germinated with 4.75 cm, also reaching a LH and DH of 3.15 cm and 2.61 cm, while T1-100%, achieving seedlings with a LR greater than 5 cm; In the second trial, it was based on growth and production at the field level, where it was evident that T4-25%, achieving a greater AP at 30, 60 and 90 days after transplanting with 19.08 cm. 80.55 cm and 119.51 cm, also recorded a greater NF of 102.66 per plant, which obtained a LF and DF of 4.61 cm and 1.28 cm, a greater PF of 7.36 g, thus acquiring a BFF and BSF of 276.41 g and 23.56 g, increasing the yield of the crop with 6300.48 kg/ha. In addition, this treatment generated the highest net profit of \$3238.51 per hectare, with the *A. nodosum* algae being a sustainable alternative to optimize the vegetative and productive development of the Tabasco pepper crop.

Keywords: *Capsanthin; Chili; Extract; Feofíceas; Vegetables;*

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
CÓDIGO DUBLIN	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5

1.1.3.	Sistematización del problema.....	5
1.2.	Objetivos.....	5
1.2.1.	Objetivo general	5
1.2.2.	Objetivos específicos.....	5
1.3.	Justificación	6
CAPÍTULO II.....		7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		7
2.1.	Marco conceptual.....	8
2.1.1.	Algas marinas	8
2.1.2.	<i>Ascophyllum nodosum</i>	8
2.1.3.	Bioestimulante	8
2.1.4.	Capsaicina.....	8
2.1.5.	Sostenibilidad ambiental.	8
2.2.	Marco teórico	9
2.2.1.	Ají Tabasco (<i>C. frutescens</i>)	9
2.2.1.1.	Origen.....	9
2.2.1.2.	Importancia.....	10
2.2.1.3.	Taxonomía.....	10
2.2.1.4.	Descripción botánicas	11
2.2.1.5.	Fenología del cultivo	12
2.2.1.6.	Requerimientos edafoclimáticos	13

2.2.1.7.	Composición fisicoquímica del cultivo.....	14
2.2.1.8.	Labores culturales	14
2.2.2.	Biofertilización	17
2.2.2.1.	Impacto de los biofertilizantes en la agricultura	18
2.2.3.	Algas marinas	19
2.2.3.1.	Beneficios.....	20
2.2.3.2.	Usos en la agricultura	20
2.2.3.3.	Tipos de algas marinas	20
2.2.3.4.	Métodos de aplicación de algas marinas	23
2.2.4.	Alga parda (<i>Ascophyllum nodosum</i>).....	24
2.2.4.1.	Descripción.....	24
2.2.4.2.	Taxonomía.....	25
2.2.4.3.	Descripción botánicas	25
2.2.4.4.	Composición.....	26
2.2.4.5.	Importancia.....	27
2.2.4.6.	Usos de <i>A. nodosum</i> en la agricultura	27
CAPÍTULO III		28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		28
3.1.	Localización.....	29
3.1.1.	Condiciones meteorológicas del lugar experimental.....	29
3.2.	Tipo de investigación.....	30

3.2.1.	Diagnóstico	30
3.2.2.	Descriptivo	30
3.2.3.	Experimental.....	30
3.3.	Método de investigación	30
3.3.1.	Inductivo.....	30
3.3.2.	Deductivo	30
3.3.3.	Analítico	31
3.4.	Fuentes de recopilación de información	31
3.4.1.	Fuentes primarias.....	31
3.4.2.	Fuentes secundarias	31
3.5.	Diseño experimental	31
3.5.1.	Análisis de varianza.....	31
3.5.2.	Modelo matemático	31
3.6.	Tratamiento estudiados	32
3.7.	Manejo del experimento	32
3.7.1.	Ensayo 1. Efecto de la biofertilización con alga (<i>Ascomyces nodosum</i>) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de ají Tabasco (<i>Capsicum frutescens</i>).	32
3.7.1.1.	Procedimiento.....	33
3.7.1.2.	Variables evaluadas a los 30 días	34

3.7.2. Ensayo 2. Efecto de la biofertilización con la alga marina (<i>Ascophyllum nodosum</i>) en las variables agronómicas, productivas y económicas en el desarrollo vegetal del cultivo de ají tabasco.	34
3.7.2.1. Procedimiento.....	34
3.7.2.2. Variables de crecimiento a los 30, 60 y 90 días	35
3.7.2.3. Variables productivas a los 90 días	35
3.8. Recursos humanos y materiales	36
3.8.1. Recursos humanos	36
3.8.2. Recursos materiales	37
3.8.2.1. Semillas	37
3.8.2.2. Materiales de campo.....	37
3.8.2.3. Biofertilizante.....	37
3.8.2.4. Materiales de laboratorio.....	37
3.8.2.5. Materiales de oficina	37
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Ensayo 1. Efecto de la biofertilización con alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de ají Tabasco (<i>Capsicum frutescens</i>). .	40
4.1.1. Altura de planta (cm).....	40
4.1.2. Longitud de raíz (cm)	42
4.1.3. Longitud de la hoja (cm)	43
4.1.4. Diámetro de hoja	44

4.2. Ensayo 2. Efecto de la biofertilización con el alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>) en las variables agronómica y productivas en el desarrollo vegetal del cultivo de ají tabasco.	45
4.2.1. Altura de planta a los 30, 60 y 90 días (cm)	46
4.2.2. Número de frutos por planta (n)	48
4.2.3. Longitud del fruto (cm)	49
4.2.4. Diámetro del fruto (cm).....	50
4.2.5. Peso de fruto (g)	51
4.2.6. Biomasa fresca del fruto (g)	52
4.2.7. Biomasa seca del fruto (g).....	53
4.2.8. Rendimiento (kg/ha.)	54
4.3. Análisis económico.....	55
4.3.1. Relación costo/beneficio.....	55
CAPÍTULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI	59
BIBLIOGRAFÍA.....	59
6.1. Bibliografía	60
CAPITULO VII.....	69
ANEXO	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del cultivo de Ají Tabasco</i>	10
Tabla 2 <i>Caracterización química de la pulpa de Ají Tabasco (<i>Capsicum frutescens</i> L.).</i> .	14
Tabla 3 <i>Plagas y enfermedades de interés económico en el cultivo de Ají Tabasco.</i>	15
Tabla 4 <i>Clasificación taxonómica del alga parda <i>A. nodosum</i>.</i>	25
Tabla 5 <i>Ingredientes activos del alga parda <i>A. nodosum</i>.</i>	26
Tabla 6 <i>Características climatológicas del Campus Universitario “La María”.</i>	29
Tabla 7 <i>Esquema del análisis de varianza (ANOVA).</i>	31
Tabla 8 <i>Descripción de los tratamientos y dosis de biofertilizante.</i>	32
Tabla 9 <i>Variables de crecimiento de la etapa inicial a los 30 días empleando dosis del alga <i>A. nodosum</i>.</i>	40
Tabla 10 <i>Parámetros de crecimiento y producción del cultivo de Ají Tabasco bajo los efectos de dosis del alga <i>A. nodosum</i>.</i>	45
Tabla 11 <i>Análisis económico del rendimiento del cultivo de Ají Tabasco en respuesta a la aplicación diferentes dosis del alga marina <i>A. nodosum</i>.</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cultivo de Ají Tabasco (<i>C. frutescens</i>).	9
Figura 2 Morfología del cultivo de Ají Tabasco.....	11
Figura 3 Estados fenológicos del cultivo de Ají Tabasco.....	12
Figura 4 Mecanismos directos e indirectos presentes en el crecimiento vegetal.....	18
Figura 5 Alga parda especie <i>Fucus vesiculosus</i>	21
Figura 6 Alga verde <i>Ulva lactuca</i>	22
Figura 7 Alga roja especie <i>Chondrus crispus</i>	23
Figura 8 Alga parda <i>Ascophyllum nodosum</i>	24
Figura 9 Mapa del sitio donde se llevó a cabo el experimento.	29
Figura 10 Altura de planta del cultivo de Ají Tabasco durante la etapa inicial (30 días). 41	
Figura 11 Longitud de raíz durante la etapa inicial a los 30 días.	42
Figura 12 Longitud de la hoja durante la etapa inicial a los 30 días.	43
Figura 13 Diámetro de la hoja durante la fase inicial a los 30 días.....	44
Figura 14 Altura de planta a los 30, 60 y 90 días empleando diferentes dosis del alga <i>A. nodosum</i>	47
Figura 15 Número de frutos por planta a los 90 días empleando diferentes dosis del alga <i>A. nodosum</i> en el cultivo de Ají Tabasco.....	48
Figura 16 Longitud del fruto a los 90 días empleando dosis de <i>A. nodosum</i>	49
Figura 17 Diámetro del fruto a los 90 días empleando dosis de <i>A. nodosum</i>	50
Figura 18 Peso del fruto a los 90 días empleando dosis del biofertilizante a base del alga <i>A. nodosum</i>	51

Figura 19 <i>Biomasa fresca de los frutos a los 90 días empleado diferentes dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum.</i>	52
Figura 20 <i>Biomasa seca de los frutos a los 90 días empleado diferentes dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum.</i>	53
Figura 21 <i>Rendimiento del cultivo de Ají Tabasco empleando dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.....</i>	70
Anexo 2 <i>Análisis de varianza de la longitud de la raíz a los 30 días.</i>	70
Anexo 3 <i>Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.</i>	70
Anexo 4 <i>Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.</i>	70
Anexo 5 <i>Análisis de varianza del rendimiento en (kg/ha.).</i>	71
Anexo 6 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.....</i>	71
Anexo 7 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días.....</i>	71
Anexo 8 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 90 días.....</i>	71
Anexo 9 <i>Análisis de varianza del número de frutos a los 90 días.</i>	72
Anexo 10 <i>Análisis de varianza de la longitud del fruto a los 90 días.</i>	72
Anexo 11 <i>Análisis de varianza del diámetro del fruto a los 90 días.</i>	72
Anexo 12 <i>Análisis de varianza del peso del fruto a los 90 días.</i>	72
Anexo 13 <i>Análisis de varianza de la biomasa fresca del fruto a los 90 días.</i>	73
Anexo 14 <i>Análisis de varianza de la biomasa seca del fruto a los 90 días.</i>	73
Anexo 15 <i>Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de Ají Tabasco biofertilizado con el alga A. nodosum.</i>	73

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Efecto en el crecimiento y producción de Ají Tabasco (<i>Capsicum frutescens</i>) con la biofertilización del alga marina (<i>Ascophyllum nodosum</i>)”				
Autor:	Manuel Alexander Villavicencio Villacís				
Palabras claves:	<i>Capsantina</i>	<i>Chle</i>	<i>Extracto</i>	<i>Feofíceas</i>	<i>Hortalizas</i>
Fecha de publicación					
Editorial:	Quevedo UTEQ “La María”, 2023				
Resumen:	La presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la aplicación de bioestimulante a base del alga marina <i>Ascophyllum nodosum</i> en el crecimiento y producción de Ají Tabasco (<i>Capsicum frutescens</i>), en el Campus Universitario “La María”. Utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos empleados una concentración del biofertilizante a base del alga <i>A. nodosum</i> los siguientes: T0-0%, T1-100%, T2-75%, T3-50% y T4-25%, cuyas medidas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 95%. La investigación estuvo dividido por dos ensayos: el primero estudio el crecimiento del ají durante la etapa inicial en invernadero, como principal resultado se observó que el T4-25%, produjo plantines con mayor AP a los 30 días, después de haber germinado con 4.75 cm, alcanzando además una LH y DH de 3.15 cm y 2.61 cm, mientras que el T1-100%, logrando plantines con una LR mayor de 5 cm; en el segundo ensayo se basó en el crecimiento y producción a nivel de campo, en donde se evidencio que el T4-25%, consiguiendo una mayor AP a los 30, 60 y 90 días después del trasplante con 19.08 cm. 80.55 cm y 119.51 cm, además registro un mayor NF de 102.66 por planta, los cuales obtuvieron una LF y DF de 4. 61 cm y 1.28 cm, mayor PF de 7.36 g, adquiriendo así una BFF y BSF de 276.41 g y 23.56 g, incrementando el rendimiento del cultivo con 6300.48 kg/ha., además este tratamiento genero la mayor utilidad neta de \$ 3238.51 por hectárea, siendo el alga <i>A. nodosum</i> una alternativa sustentable para optimizar el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de ají tabasco.				
Abstract:	The objective of this research is to evaluate the effects of the application of biostimulant based on the seaweed <i>Ascophyllum nodosum</i> on the growth and production of Tabasco Chili Pepper (<i>Capsicum frutescens</i>), at the “La María” University Campus. Using a Completely Randomized Design (DCA), with five treatments and four repetitions, the treatments used were a concentration of the biofertilizer based on the algae <i>A. nodosum</i> as follows: T0-0%, T1-100%, T2-75%, T3-50% and T4-25%, whose measurements were compared using the 95% Tukey test. The research was divided into two trials: the first studied the growth of chili during the initial stage in the greenhouse, the main result was that T4-25% produced seedlings with higher AP after 30 days, after having germinated with 4.75 cm, also reaching a LH and DH of 3.15 cm and 2.61 cm, while T1-100%, achieving seedlings with a LR greater than 5 cm; In the second trial, it was based on growth and production at the field level, where it was evident that T4-25%, achieving a greater AP at 30, 60 and 90 days after transplanting with 19.08 cm. 80.55 cm and 119.51 cm, also recorded a greater NF of 102.66 per plant, which obtained a LF and DF of 4.61 cm and 1.28 cm, a greater PF of 7.36 g, thus acquiring a BFF and BSF of 276.41 g and 23.56 g, increasing the yield of the crop with 6300.48 kg/ha. In addition, this treatment generated the highest net profit of \$3238.51 per hectare, with the <i>A. nodosum</i> algae being a sustainable alternative to optimize the vegetative and productive development of the Tabasco pepper crop.				
Descripción:	(94) hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:					

INTRODUCCIÓN

Capsicum frutescens L. es una de las cinco especies cultivadas del género *Capsicum* (Solanaceae) y está estrechamente relacionada con *C. chinense* Jacq. Antes de Colón, el área de distribución neotropical de *C. frutescens* se distribuye desde el Caribe hasta el norte de Sudamérica. Muchas variedades locales de *C. frutescens* se cultiva en regiones tropicales y subtropicales del mundo. plantas *C. frutescens* suele tener una o, a veces, dos flores por nudo y sus corolas son de color verde o blanco verdoso. *C. frutescens* carece de dientes de sépalo y constricciones de sépalo. El fruto suele ser erguido, blando y frondoso (1).

En Ecuador, el Ají Tabasco es uno de los cultivos de ají más importantes y apreciados. La variedad se cultiva en diferentes regiones del país, destacando especialmente las provincias de Manabí, Guayas y Los Ríos. La producción de Ají Tabasco contribuye significativamente a la economía agrícola de Ecuador, generando empleo y mejorando los ingresos de los agricultores.

Sin embargo, el cultivo del Ají Tabasco también enfrenta desafíos y problemáticas específicas. Uno de los desafíos es la necesidad de mantener un equilibrio adecuado en el suministro de nutrientes y la gestión de plagas y enfermedades para asegurar una buena calidad y rendimiento del cultivo. El manejo inadecuado de estos aspectos puede resultar en una menor productividad y calidad del Ají Tabasco, lo que a su vez afecta los ingresos de los agricultores.

Para abordar estos desafíos, es importante promover prácticas agrícolas sostenibles y estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades. El uso de biofertilizantes especialmente a base de algas son alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente que contribuyen a la salud del suelo, la eficiencia de nutrientes y la reducción de la dependencia de productos químicos.

El uso de algas como fertilizante en la agricultura se practica desde la antigüedad en el Imperio Romano, Japón, China, Francia, España e Inglaterra. Muy común. En la mayoría de las zonas costeras del mundo, las algas se utilizan como biofertilizante para la producción de cultivos. Los extractos de algas marinas se utilizan de diversas formas, incluidos tratamientos de semillas, pulverizaciones foliares y aplicaciones al suelo, para proteger y estimular el crecimiento de las plantas (2).

El extracto de algas es más beneficioso que los fertilizantes químicos porque es biodegradable, no tóxico y respetuoso con el medio ambiente. Esta es la razón principal por la que en los últimos años se han utilizado extractos de algas para la agricultura sostenible en agricultura orgánica e integrada. Las algas marinas actúan sobre los cultivos agrícolas para mejorar el crecimiento de las plantas, el crecimiento de las plántulas, el pelo de las raíces y el desarrollo de las raíces secundarias. También mejora la absorción de nutrientes, el cuajado de frutos, la resistencia a plagas y enfermedades y mejora el manejo del estrés (sequía, salinidad y temperatura) (2).

Ascophyllum nodosum es un alga parda recolectada en un área de unos 4000 km² desde la costa este hasta la costa sur de Canadá, y sus extractos producen muchas reacciones beneficiosas. Además de producir moléculas bioactivas que ayudan a prevenir enfermedades de las plantas, como mejorar la absorción de nutrientes (3). Los extractos comerciales de *A. nodosum* aumentaron la actividad antioxidante, el contenido total de fenólicos y flavonoides, el crecimiento de raíces y brotes, la colonización de raíces y la formación de nódulos de raíces en los cultivos (4).

El objetivo de este proyecto es contribuir al conocimiento científico sobre la aplicación de biofertilizantes a base de algas marinas en el cultivo del Ají Tabasco, específicamente en la mejora de la emergencia, el crecimiento y la producción. Los resultados obtenidos serán de gran importancia para los agricultores, ya que proporcionarán información relevante para mejorar las prácticas agrícolas y promover una producción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Asimismo, este estudio contribuirá al desarrollo de alternativas más saludables y de alta calidad para los consumidores.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos y la necesidad de mejorar la calidad de los cultivos mediante el uso de tecnologías y bioestimulantes en el cultivo de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*). El uso indiscriminado y abuso de los fertilizantes químicos en la agricultura representa un problema grave, ya que puede provocar la contaminación del suelo, el agua y el medio ambiente en general. Los agricultores deben ser conscientes de la importancia de utilizar estos fertilizantes de manera adecuada, ya que un uso inapropiado puede ocasionar cambios irreversibles en el suelo y su equilibrio biodinámico. Es necesario promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la dependencia de los fertilizantes químicos y minimicen los impactos negativos en el medio ambiente.

Por otro lado, los mercados internacionales demandan cultivos de alta calidad, lo que requiere la implementación de tecnologías que mejoren la calidad de los productos agrícolas. En este sentido, el manejo integrado de cultivos, que incluye el uso de productos orgánicos y derivados de síntesis química, puede contribuir a una mayor eficiencia agronómica y a la obtención de cultivos más competitivos en el mercado global.

En este contexto, el uso de bioestimulantes orgánicos en la agricultura emerge como una herramienta importante para modificar los procesos fisiológicos de las plantas y lograr una mayor productividad, calidad y rentabilidad de los cultivos. Los bioestimulantes ayudan a que las plantas sean más resistentes a los factores abióticos y al medio ambiente en el que se desarrollan. Sin embargo, es importante destacar que existen diversas opciones en el mercado, y es necesario evaluar su efecto en el cultivo de Ají Tabasco antes de aplicarlos con fines comerciales. Esta evaluación permitirá identificar el bioestimulante que brinde el mayor beneficio en términos de crecimiento y desarrollo del cultivo, optimizando así los recursos y maximizando los resultados para los agricultores.

Diagnóstico

Dentro del cultivo del Ají Tabasco se han implementado el uso excesivo de fertilizantes provocando daños en el suelo y generando una baja productividad agrícola. Además, se presenta una disminución potencial de la especie en estudio dejando una baja tecnificación en los sistemas agrícolas del Ají Tabasco. Con el uso de bioestimulantes orgánicos permitirá

que la productividad del cultivo sea mucho más rentable y resistente generando muchos beneficios para el cultivo.

Pronóstico

La poca disponibilidad de insumos agrícolas dentro de la localidad ha permitido que este estudio se centre en la búsqueda de alternativas agrícolas para el crecimiento y producción del ají. Con la biofertilización de alga marina se espera que se logre convertir en una referencia para el manejo adecuado de los cultivos de ají, para mejorar no solo el rendimiento sino también las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

1.1.2. *Formulación del problema*

¿Cuáles serán los efectos de la aplicación de bioestimulante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* en el crecimiento y producción de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*)?

1.1.3. *Sistematización del problema*

¿Cuál es el desarrollo vegetativo del cultivo de Ají Tabasco con la aplicación de algas (*Ascophyllum nodosum*)?

¿Cuál es la producción del Ají Tabasco con la aplicación de microalgas (*Ascophyllum nodosum*)?

¿Cuál es la relación costo beneficio de la producción de Ají Tabasco utilizando biofertilización de la algas (*Ascophyllum nodosum*)?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Evaluar los efectos de la aplicación de bioestimulante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* en el crecimiento y producción de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*).

1.2.2. *Objetivos específicos*

- ❖ Determinar el efecto de la biofertilización con alga (*Ascophyllum nodosum*) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*).Comprobar

el crecimiento y producción de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización a base de algas (*Ascophyllum nodosum*).

- ❖ Detallar la relación costo beneficio de la producción de Ají Tabasco, mediante la biofertilización del alga (*Ascophyllum nodosum*).

1.3. Justificación

Esta investigación se enfoca en el efecto en la emergencia, crecimiento y producción de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*). Considerando que, las algas marinas y sus derivados mejoran el suelo y fortalecen las plantas aumentando el rendimiento y la calidad de las cosechas, su uso ya está muy extendido en muchos países del mundo, y a medida que esta práctica se extienda, los químicos serán reemplazados por orgánicos, lo que contribuirá a una agricultura sostenible.

Ecuador, tiene una variedad de características climáticas y topográficas, lo que permite la producción de una variedad de productos, en los últimos años, el país ha visto un crecimiento significativo en nuevas ramas de la industria alimentaria. Por ello, algunos pequeños agricultores han decidido dedicarse a la horticultura de ciclo corto. Sin embargo, se sigue dando preferencia a los cultivos tradicionales porque al haber aprendido más sobre ellos y tener una mayor oferta de semillas, los pequeños productores se sienten más confiados en este tipo de cultivo.

Este estudio es importante porque se demostrará que la bioestimulación de cultivos aporta numerosos beneficios al crecimiento, desarrollo y producción de cultivos que da mejor respuesta agronómica al cultivo de Ají Tabasco, por lo que con un estudio detallado de esta tecnología de producción puede convertirse en una herramienta para atraer la atención de los productores hacia las inversiones, garantizando la sustentabilidad y diversificación de cultivos.

Los resultados de este estudio beneficiarán tanto a los técnicos como a los agricultores y demás involucrados en la producción agrícola ya que ofrecen una opción para la bioestimulación de cultivos, teniendo antecedentes sobre el impacto de estos productos en el cultivo de Ají Tabasco, para que, con base en ello, se toma de decisiones sobre tecnologías de producción en base de la aplicación de algas marinas.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Algas marinas*

Las algas son organismos autótrofos de estructura simple, con escasa o nula diferenciación celular y de tejidos complejos por lo que son talofitas. Taxonómicamente se clasifican en tres grupos: *Chlorophyta*, *Phaeophyta* y *Rhodophyta*, que corresponden a algas verdes, pardas y rojas respectivamente ya que presentan pigmentos que predominan sobre los otros (5).

2.1.2. *Ascophyllum nodosum*

Ascophyllum nodosum es un alga perenne con una historia de vida iterópara y monofásica con individuos dioicos. Crece entre mareas en costas rocosas del Atlántico norte. Normalmente, no existe reproducción clonal, sino que cada individuo está formado por unidades modulares (6).

2.1.3. *Bioestimulante*

Sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos (7).

2.1.4. *Capsaicina*

La capsaicina es un compuesto que se encuentra naturalmente en las frutas, pero en proporciones variables. Por lo tanto, el contenido de capsaicina de los ajíes suele oscilar entre el 0.1% y el 1% en peso. Puede que no parezca mucho, pero una pequeña cantidad de capsaicina es suficiente para crear la clásica sensación de hormigueo (8).

2.1.5. *Sostenibilidad ambiental.*

Es el fortalecimiento de la ventaja competitiva mientras se preservan los recursos naturales para las generaciones futuras. Esto implica trascender una posición reactiva frente a las normas y políticas que le obligan a minimizar su impacto ambiental (9).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Ají Tabasco (*C. frutescens*)

2.2.1.1. Origen

Los ajíes son originarios de las regiones tropicales y subtropicales de América Central y del Sur. México y Guatemala ahora se consideran las primeras regiones donde se desarrolló esta especie. Ahora se cultiva en otras partes del mundo, incluidos China, Japón, Corea, Corea del Norte, Indonesia, Pakistán, Hungría, Sri Lanka, India, Estados Unidos, España, Uganda y Nigeria. Fue traído a Honduras desde Estados Unidos hace muchos años. Este tipo de ají (*Capsicum frutescens*) es un arbusto de la planta de Tabasco con frutos cónicos de unos 4 cm de largo que inicialmente son de color amarillo verdoso claro, luego se vuelven amarillos y anaranjados o rojo cuando están maduros (10).

Figura 1

Cultivo de Ají Tabasco (*C. frutescens*).



Fuente: (11).

Los Ajíes Tabasco tienen una calificación Scoville de 30.000 a 50.000 y son el único tipo de ají con fruta "jugosa". Entre las variedades de ají, Tabasco es la más aceptada porque es resistente al frío y se adapta bien a las condiciones del suelo. Los ciclos de las plantas dependen de los cambios estacionales de temperatura (germinación, floración y maduración), procesos circadianos e intensidad de la luz, y los ajíes Tabasco requieren una temperatura diaria promedio de 24°C (10).

2.2.1.2. Importancia

Las especies *Capsicum*, comúnmente conocidas como pimientos o ajíes, están entre los principales cultivos de hortalizas alrededor del mundo. es uno de los cultivos de hortalizas más importantes del mundo. Las verduras se venden verdes o secas para consumo fresco y como condimento. China y México son los mayores productores de estados frescos, mientras que India y Vietnam destacan por la producción seca. El pimiento es el quinto cultivo hortícola en términos de superficie plantada y el octavo en términos de producción total. Aunque *C. annuum* es más importante y se cultiva más comúnmente, *C. frutescens* y *C. Chinense*, se distribuye y produce ampliamente en todo el mundo. La zona donde se cultivan ají en todo el mundo varía geográfica y culturalmente, lo que significa que hay zonas donde domina la producción de ají y viceversa (12).

2.2.1.3. Taxonomía

En la (Tabla 1) se describe la clasificación taxonómica del cultivo de Ají Tabasco.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cultivo de Ají Tabasco

Rango taxonómico	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Genero:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>C. frutescens</i>

Fuente (12):

Elaborado por: Autor.

2.2.1.4. Descripción botánicas

La planta es un semi arbusto variable, que crece desde 0.60 a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, las condiciones climáticas y la agricultura. Las semillas están adheridas a la planta en el centro del fruto. Son de color blanco cremoso, planos, lisos y estampados, y miden de 2.5 a 3.5 mm de diámetro. Suelen tener altas tasas de crecimiento y pueden conservarse durante 4 a 5 años en buenas condiciones de almacenamiento.

Figura 2

Morfología del cultivo de Ají Tabasco.



Fuente: (13).

Entre las principales partes del cultivo de ají picante se encuentran (14):

- **Raíz.** Tiene raíces y desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede cubrir entre 0.90 y 1.20 m de diámetro en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo.
- **Tallo.** Los tallos son cilíndricos o prismáticos, lampiños, erectos y varían en altura según la variedad.
- **Ramas.** La planta tiene ramas bipartitas o pseudobipartitas, una de las cuales es siempre más gruesa que la otra (la intersección de las ramas hace que se rompan con facilidad). Estas ramas le dan a la planta una apariencia de paraguas.
- **Flores.** Las flores son actinomorfas, hermafroditas, con sépalos de seis pétalos, corola de color blanco verdoso o casi blanco y corola en su mayor parte con cuello de pétalos, seis pétalos y seis estambres, y el estigma suele estar al nivel de las anteras.
- **Frutos.** El fruto es un fruto, con 2-4 pelos, ahuecado entre la placenta y la pared del fruto, y es una parte útil de la planta. Tienen forma esférica, rectangular, cónica o

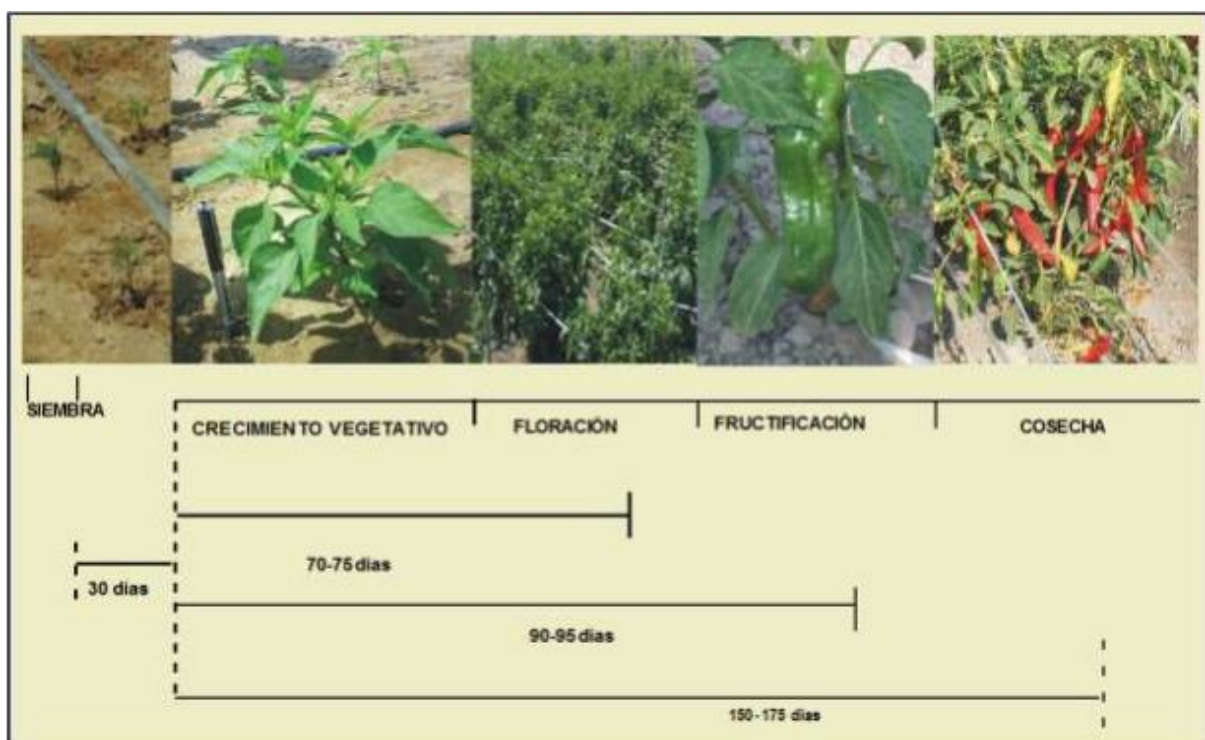
circular. Los frutos varían en forma y tamaño, pero generalmente son de alargados a redondos y agrupados en varios tamaños. El color es inicialmente verde, pero en algunas variedades se vuelve amarillo o rojo púrpura cuando madura.

2.2.1.5. *Fenología del cultivo*

La fenología hace referencia al ciclo vegetativo y productivo de una planta, la es el producto de las múltiples interacciones entre los procesos bióticos y abióticos.

Figura 3

Estados fenológicos del cultivo de Ají Tabasco.



Fuente: (15).

Entre las fases fenológicas del cultivo de Ají Tabasco se encuentran (16):

- a. **Germinación.** Las variedades de ají no pasan por un período de inactividad de las semillas y la germinación se retrasará si las semillas están inmaduras. La germinación está influenciada por muchos factores que enfatizan la necesidad de humedad y ventilación, y el rango de temperatura debe ser de 20-30°C. La germinación ocurre más rápidamente a temperaturas cercanas a los 30°C que a temperaturas más bajas. No germina a 35°C.

- b. Crecimiento vegetativo.** El crecimiento se produce en todo el cultivo y el crecimiento es simétrico (de cada nudo emergen 2 o 3 tallos). Esto sucede en los primeros 40-45 días. Este período finaliza con el inicio del desarrollo del fruto.
- c. Floración y fructificación.** Dependiendo de la variedad, las condiciones ambientales y el manejo del cultivo, la floración y fructificación comienzan aproximadamente entre 20 y 40 días después de la siembra y continúan hasta el final del ciclo de crecimiento.
- d. Desarrollo de fruta.** Comienzan a desarrollarse y crecer después de la floración y la fructificación, cuando la acumulación de materia seca en el fruto alcanza su punto máximo a un ritmo relativamente constante.
- e. Madurez fisiológica y cosecha.** La madurez fisiológica se alcanza cuando se vuelve verde, roja o amarilla. Durante la maduración del fruto, sus componentes cambian cuantitativamente, su color, sabor, textura y aroma cambian cualitativamente. La madurez media del fruto es de 80 DDT. La recolección continúa de forma continua a menos que se interrumpa por razones climáticas (heladas) o económicas

2.2.1.6. *Requerimientos edafoclimáticos*

E Ají Tabasco es un cultivo que requiere de agua por lo que su escasez puede provocar que genere una pudrición apical en el fruto, al ser un cultivo sensible un desbalance en los parámetros climáticos puede desencadenar la aparición de enfermedades fúngicas e incluso que el suelo se vuelva infértil, es por ello que a continuación se describen los requerimientos edafoclimáticos idóneos para el cultivo de Ají Tabasco (12):

- a) Temperatura.** Es una planta exigente más que otras pertenecientes a la familia de las Solanáceas, por lo que requiere de una temperatura optima de 24°C, temperaturas menores de 15 a 10°C provoca que el cultivo se paralice.
- b) Humedad.** Requiere de una humedad que se encuentre en el rango de 50 a 70%, una humedad mayor promueve el desarrollo de enfermedades en las hojas, caída de botones florales y frutos cuajados.
- c) Luminosidad.** Es exigente sobre todo en los estados de desarrollo durante la floración.

- d) Suelo.** Requiere de suelos franco arenosos profundo ricos en materia orgánica los cuales tenga buena porosidad, y que posean un pH que oscile entre 6.5 y 7 %, tolera la salinidad, aunque no como otras especies de solanáceas.

2.2.1.7. *Composición fisicoquímica del cultivo*

El cultivo de Ají Tabasco posee la siguiente composición fisicoquímica se describen en la (Tabla 2):

Tabla 2

Caracterización química de la pulpa de Ají Tabasco (Capsicum frutescens L.).

Parámetros	Promedios
Acidez (% ác. Cítrico)	0.5±0.98
Ceniza (%)	0.7±0.33
Humedad (%)	88.0±1.05
Proteína (%)	1.60±0.50
Grasas (%)	0.75±0.25
Fibra cruda (%)	2.60±0.33
Carbohidratos (%)	8.95±0.80
Vitamina C (%)	107.0±1.50
Calcio (mg)	24.0±0.90
Hierro (mg)	1.4±0.33
Fósforo (mg)	35.0±1.0
Potasio (mg)	212.5±1.33

Fuente: (17).

Elaborado por: Autor.

2.2.1.8. *Labores culturales*

a) Semillero.

Los semilleros de ají se pueden colocar en parterres o bandejas, es importante esterilizar la tierra y las semillas utilizadas. Para evitar una sobredosis, el lecho de semillas debe mantenerse húmedo hasta que aparezcan las plántulas. La profundidad de siembra no debe exceder los 2 cm y las plántulas pueden aparecer entre 35 y 45 días después de la siembra (18).

b) Trasplante.

Cuando las plántulas de ají alcanzan el tamaño adecuado, se trasplantan para plantarlas en el lugar final donde se desarrollarán las plantas. El mejor momento para plantar un cultivo de ají es durante las lluvias mínimas, cuando las plantas tienen de 4 a 8 hojas o miden entre 15 y 20 cm de altura. En esta etapa se recomienda un estricto control de plagas y enfermedades (18).

c) Preparación del suelo.

Para cultivar ají, la tierra debe estar completamente preparada: los agricultores deben arar y labrar según las condiciones del suelo y, finalmente, rastrillar para lograr una buena penetración y aireación. Los surcos varían según la variedad utilizada, pero generalmente el espaciamiento entre hileras es de 30 cm a 1 m, la siembra se realiza cada 50 cm y la densidad de siembra es de 25 mil a 35 mil plantas por m². hectáreas (18).

d) Control de maleza.

El control químico es un método basado en el uso de herbicidas para controlar las malezas invasoras, las cuales deben seleccionarse según su tipo y condición. En todo el mundo, el manejo químico de malezas se ha convertido en un importante problema ambiental en muchas áreas de producción, ya que afecta la calidad del agua y la vida rural al mismo tiempo que causa erosión del suelo (18).

e) Plagas y enfermedades.

Tabla 3

Plagas y enfermedades de interés económico en el cultivo de Ají Tabasco.

Especie	Características
Pulgón (<i>Myzus persicae</i>)	Estos pulgones causan daños directos a las plantas al degradarlas al absorber la savia circulante, especialmente a través del floema. En cultivos cultivados en invernadero, la destrucción de las plántulas por estos insectos es evidente en los primeros días de germinación, especialmente en forma larvaria.

Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	Son una de las principales plagas económicas porque transmiten el virus de la curtiduría (TSWV). Estas larvas son los principales vectores del virus, ya que se alimentan de plantas contaminadas y transmiten el virus a los adultos, quienes propagan el virus a la mayoría de las plantaciones sanas y se propagan por grandes áreas en poco tiempo.
Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	Prosperan especialmente en ambientes de invernadero. El modo de ataque de esta plaga se da durante la fase de brotación, cuando la hembra adulta pone huevos. Las ninfas absorben la savia de los tallos y las hojas, provocando daños directos a la planta. Los mayores daños son indirectos, cuando los ataques son intensos y variados, los insectos producen una gran cantidad de melaza, sobre la cual comienza a formarse la fumagina, que es el agente causante del hongo <i>Cladosporium</i> .
<i>Damping-off</i>	Provoca daños en las raíces y provoca pudrición y color oscuro, se ven lesiones acuosas y aparece un color marrón oscuro en los tallos, especialmente en la parte superior de los tallos y en el suelo.
<i>Phytophthora</i>	Crecen en suelos con una temperatura promedio de 15 a 23 °C, que contienen mucho líquido, lo que favorece su reproducción.

Fuente: (19).

Elaborado por: Autor.

f) Fertilización.

Aplicar el fertilizante en forma de mezcla a un lado del surco en la zona de las raíces, aprox. A 10 cm de la base de la planta. Se puede hacer en surcos o en círculos, siempre con 10 cm el suelo debe tener un contenido de humedad aceptable para promover la absorción de nutrientes. Para mejorar la uniformidad de la cosecha, se recomienda realizar una fertilización adicional con agentes de absorción foliar (18).

g) Riego.

La cantidad de agua que se utiliza para cultivar ají y otros cultivos en una plantación depende de factores como: zona y época de siembra, tipo de suelo, tipo de riego, etc. Los cultivos requieren riego durante todo su ciclo de vida, independientemente de si se cultivan en temporada de riego o de lluvias. La gestión del agua debe ser muy cuidadosa, ya que muy

poca o muy poca no es adecuada para las plantas. Si no hay suficiente agua de riego, se dañará la calidad del fruto, provocará grietas o creará condiciones para la aparición de enfermedades fisiológicas, por ejemplo, si el suelo tiene exceso de humedad debido al riego intensivo, las enfermedades pueden aumentar (18).

h) Cosecha.

La cosecha del ají debe comenzar entre 55 y 60 días después del trasplante y puede demorar hasta tres meses dependiendo de la variedad y el manejo agronómico del cultivo. Los parámetros a considerar a la hora de determinar el punto de cosecha suelen ser el tamaño del fruto en centímetros y el color del fruto. Cuando el fruto esté completamente maduro, se puede cosechar el ají. Sin embargo, algunos mercados prefieren semiverdes y semimaduros, alegando que en este caso el producto tiene una vida útil más larga después de la cosecha. Recoger ají es un trabajo costoso y que requiere mucha mano de obra. Para el transporte se utilizan principalmente bolsas, pero se ha observado que este método causa graves daños a la fruta, por lo que se recomienda transportarlas en cestas (18).

i) Manejo postcosecha.

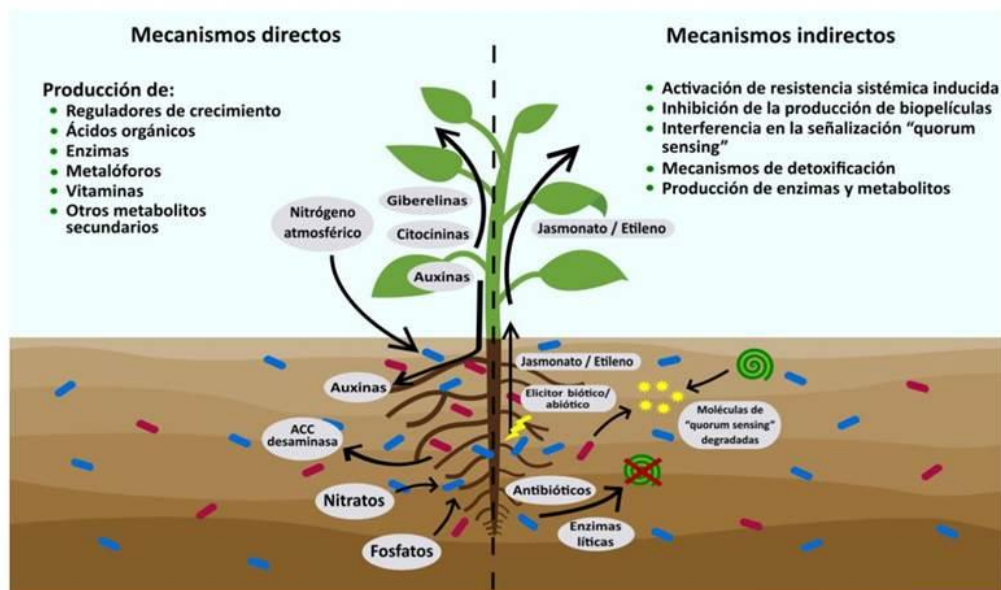
Después de cosechar el pimentón, el producto debe almacenarse en un lugar fresco para evitar que se eche a perder. En cuanto a los ajíes, se pueden comer frescos o procesados en polvo o en otra forma. Para prolongar la vida útil, la fruta debe almacenarse a 7.5°C (18).

2.2.2. Biofertilización

Los biofertilizantes son preparaciones microbianas que se aplican al suelo y/o a las plantas para reemplazar total o parcialmente los fertilizantes sintéticos y reducir la contaminación causada por productos químicos agrícolas. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes se dividen en dos categorías: El primer grupo incluye la síntesis de sustancias que promueven el crecimiento de las plantas, fijan nitrógeno atmosférico, disuelven el hierro y el fósforo inorgánico y aumentan la tolerancia de las plantas al estrés causado por la sequía, la salinidad, los metales tóxicos y el exceso de pesticidas. El segundo grupo incluye microorganismos capaces de reducir o prevenir el deterioro de microorganismos patógenos. Pueden existir microorganismos pertenecientes a ambos grupos, que además de favorecer el crecimiento de las plantas, también inhiben la actividad de los microorganismos patógenos.

Figura 4

Mecanismos directos e indirectos presentes en el crecimiento vegetal.



Fuente: (20).

2.2.2.1. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura

En las últimas décadas, la gente se ha dado cuenta de que los recursos naturales se están agotando debido al uso excesivo. En el sector agrícola, el objetivo es lograr una mayor producción por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos, independientemente de la estabilidad de la producción (viabilidad técnica, viabilidad económica, falta de contaminación) (21).

El éxito de esta estrategia es importante, pero también conduce a la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de los recursos forestales, la erosión del suelo y el cambio climático. Es extremadamente ineficiente y contamina la agricultura. Esta situación reduce la superficie apta para la agricultura y crea condiciones ambientales severas y peligrosas. situación económica. y cuestiones sociales. Esto requiere encontrar una solución de fabricación adecuada. El objetivo de las nuevas tecnologías debe ser mantener la estabilidad del sistema mediante el uso racional de los recursos naturales y la adopción de medidas adecuadas para proteger el medio ambiente. Uno de los requisitos más importantes es mantener la fertilidad del suelo (21).

Tradicionalmente, las deficiencias de nutrientes, especialmente nitrógeno, se solucionaban añadiendo fertilizantes. Sin embargo, los altos costos limitan su uso, especialmente en los

países en desarrollo donde es más urgente aumentar la producción de alimentos. Mientras tanto, los cultivos absorben entre el 20% y el 40% del fertilizante aplicado y el resto se pierde a través de diversos mecanismos, lo que genera enormes costos económicos y contaminación ambiental, como la eutrofización de cuerpos de agua, lluvia ácida y contaminación. Fortalecimiento de la capa de ozono estratosférico y efecto invernadero (21).

2.2.3. *Algas marinas*

La creciente población mundial y las actividades humanas han afectado negativamente el medio ambiente natural y provocado una escasez de recursos biológicos para la creciente población. Durante la última década, la demanda de biomasa de algas ha aumentado constantemente en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y agrícola. La producción de algas tiene un gran potencial para obtener suficiente biomasa y transformarla en diversos productos para nuevas industrias (22).

Se espera que esta tendencia continúe en el futuro a medida que se descubran nuevos usos, una población en crecimiento exija productos más saludables y la energía limpia se extienda más allá de los recursos de la Tierra. El impacto ambiental del cultivo de algas incluye la fijación de dióxido de carbono (CO₂), lo que proporciona soluciones al calentamiento global y la acidificación de los océanos (22).

Además, el cultivo de algas elimina el exceso de nutrientes de las aguas costeras mediante el proceso de cultivo, lo que reduce la eutrofización y crea hábitats para determinadas especies acuáticas. Por lo tanto, este capítulo revisa y discute el estado actual del cultivo de algas y su importancia ambiental, social y económica (22).

Las algas, incluidas las algas marinas y las microalgas, representan aproximadamente el 30% (en peso húmedo) de la producción acuícola mundial, especialmente las algas marinas. Las algas y microalgas brindan beneficios sociales y económicos a decenas de miles de familias, especialmente aquellas que viven en comunidades costeras, incluidas muchas mujeres que tienen acceso al cultivo de algas. Las diversas contribuciones de las algas y microalgas a la salud humana, los beneficios ambientales y los servicios ecosistémicos han llevado a un creciente interés en el potencial sin explotar del cultivo de algas y microalgas (23).

El desequilibrio de producción y consumo entre regiones geográficas ofrece un gran potencial para el desarrollo del cultivo de algas y microalgas. Sin embargo, hacer realidad

este potencial requerirá esfuerzos concertados de los gobiernos, la industria, el mundo académico, las organizaciones internacionales, la sociedad civil y otras partes interesadas o expertos (23).

2.2.3.1. Beneficios

Los extractos de algas marinas se clasifican como bioestimulantes en lugar de biofertilizantes porque "estimulan" las respuestas internas (defensa y crecimiento de las plantas) cuando se aplican a las plantas en lugar de proporcionar aditivos biodegradables o utilizables por las plantas (24).

Los productos de algas marinas se han utilizado en la alimentación animal durante muchos años, pero sólo recientemente se ha aprovechado todo su potencial agrícola. Se ha demostrado que su uso en fertilizantes ambientales y, más recientemente, en el cultivo de uvas en el suelo y en las hojas optimiza diversos compuestos para el crecimiento de las plantas (24).

2.2.3.2. Usos en la agricultura

Los residuos de las actividades agrícolas pueden ser biodegradables y las algas no son una excepción. Las algas se han utilizado como fertilizante en la agricultura terrestre durante siglos y todavía se utilizan con este fin en una escala limitada. Se ha demostrado que las algas marinas son buenas enmiendas del suelo y pueden desempeñar un papel en el transporte de nutrientes del mar a la tierra (25).

Además, los extractos líquidos elaborados a partir de algas marinas actúan como bioestimulantes para el crecimiento del suelo, aumentando la resistencia de las plantas a los patógenos, mejorando el metabolismo, aumentando la eficiencia fotosintética y estimulando el microbioma de la rizosfera. Además, a medida que se utilicen más algas para producir biocombustibles, aumentará la cantidad de Biocarbón subproducto (25).

2.2.3.3. Tipos de algas marinas

a) *Phaeophyta*.

Son plantas de color marrón o verde oliva, filamentosas o parenquimatosas, sexuales y asexuales que presentan diferentes formas; algunos de los cloroplastos están parcialmente

enmascarados por otros pigmentos de clorofila; las plantas sexuales y asexuales tienen hábitos similares o diferentes, plantas casi o a veces completamente atrofiadas; la reproducción asexual es principalmente por onosporas y algunos grupos por planoesporas; La reproducción sexual implica gametos diploides o diferentes grados de especialización y diferenciación sexual. Las algas pardas son eucariotas fotosintéticos (26).

Su color típico se deriva del carotenoide fucoxantina que se encuentra en los cloroplastos de las células de las algas. Producen una sustancia sustituta llamada laminarina, que también puede contener fosfotáninos. Estas algas se encuentran en el filo *Cryptophyta* en el subreino Allophyta en el reino Protista. Se reconocen siete órdenes, unos 307 géneros y unas 2000 especies (26).

Figura 5

Alga parda especie Fucus vesiculosus.



Fuente: (27).

a) *Chlorophyta*.

Plantas verdes de diversas formas, unicelulares, coloniales, filamentosas, de paredes delgadas o unicelulares; Consisten principalmente en pigmentos de clorofila y xantofila que se encuentran en algunos cloroplastos. Suelen ser plantas sexuales y asexuales con formas similares. La reproducción asexual la llevan a cabo diferentes tipos de bacterias; las zoosporas diploides son las más comunes; la reproducción sexual se produce a través de gametos diploides o diversos grados de especialización y diferenciación sexual (26).

Su principal característica es que su estructura molecular contiene clorofila a y b. De ahí que se le llame alga verde. También contiene carotenoides y luteína. Al igual que el reino vegetal, estas algas tienen la capacidad de producir energía a través de la fotosíntesis, absorber la luz solar y convertirla en alimento para la supervivencia porque contienen clorofila. Pueden ser unicelulares y la mayoría se encuentran en el fondo del mar, pero algunas pueden flotar suspendidas en las corrientes y presentarse en una variedad de formas y tamaños, coexistiendo a veces con esponjas que forman el fondo (26).

Figura 6

Alga verde Ulva lactuca.



Fuente: (27).

b) Rhodophyta.

Las plantas suelen ser de color rosa o violeta, filamentosas o de paredes delgadas, con variedad de formas. Otros pigmentos, especialmente la ficoeritrina, a menudo enmascaran la clorofila en células pigmentarias específicas. Se reproducen sexualmente en un paso y asexualmente en uno o dos pasos. Las algas rojas, comúnmente conocidas como algas rojas, son "un grupo de organismos pertenecientes al reino protista caracterizados por un color rojizo debido a la presencia de pigmentos de ficoeritrina en sus células" (26).

Estas algas prefieren los hábitats marinos y son esenciales para la formación de arrecifes de coral. Algunas algas pueden crecer en las matrices de otras algas o en los exoesqueletos de especies muertas como los caracoles, almejas, etc. (26).

Figura 7

Alga roja especie Chondrus crispus.



Fuente: (27).

2.2.3.4. Métodos de aplicación de algas marinas

Los extractos de algas marinas se pueden utilizar como aditivos alimentarios, bioestimulantes o fertilizantes en agricultura y horticultura, así como biofertilizantes en extractos líquidos o granulares (en polvo) que se pueden aplicar a las hojas y al suelo. El uso de algas como biofertilizante en agricultura ha aumentado en los últimos años (28).

Las algas contienen varias sustancias bioactivas como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos y humectantes, coloides de mucílago (agar, ácido algínico y manitol) que ayudan a retener la humedad y los nutrientes del suelo. Estudios anteriores han demostrado que el uso de extractos de algas puede estimular la actividad microbiana del suelo, proporcionar más nutrientes a las plantas, promover la absorción, reducir la compactación y aumentar la aireación del suelo y la retención de agua (28).

Las algas también tienen un efecto positivo sobre la actividad biológica del suelo (respiración y movilización de nitrógeno), ya que aumentan la diversidad microbiana y crean un ambiente favorable para el crecimiento de las raíces. La quema de algas deja de 5 a 6 veces más cenizas que las plantas. Entonces hay muchos metabolitos y muchas enzimas. Cuando se utilizan algas y/o sus derivados en la agricultura, se añaden complejos enzimáticos adicionales al suelo y a las plantas (28).

2.2.4. *Alga parda (Ascophyllum nodosum)*

2.2.4.1. *Descripción*

Ascophyllum nodosum es el alga marina más comercializada porque se utiliza como materia prima en la producción de fertilizantes e incluso como materia prima para alimentación humana y animal. Esta alga se caracteriza por un crecimiento lento con una tasa de crecimiento del 0.5% por día, viven entre 10 y 15 años y suelen encontrarse en playas costeras, especialmente en zonas rocosas (29).

Figura 8

Alga parda Ascophyllum nodosum.



Fuente: (27).

Los extractos a base de este tipo de algas son muy utilizados como bioestimulantes porque estimulan la producción de hormonas en las plantas, que les ayudan a transportar y absorber mejor los nutrientes del suelo, además de favorecer una buena germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas. Entre otros beneficios, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, retarda el envejecimiento y ayuda a adaptarse a condiciones estresantes. Para comprender sus efectos en las plantas, es necesario comprender los compuestos que se encuentran en el extracto de algas *Ascophyllum nodosum*: manitol, betaínas, polifenoles, ácido algínico, algas y fucoïdan (29).

Los extractos de algas marinas son productos que pueden cambiar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, promover el desarrollo de productos, estimular los

microbios beneficiosos del suelo y aumentar la retención de humedad. Tiene mucha fibra. Estas algas contienen grandes cantidades de ácidos poliurónicos, como fucosanos y alginatos, que hacen que estos elementos sean beneficiosos en la agricultura por sus propiedades hidrofílicas y las propiedades quelantes y gelificantes de dichos azúcares (29).

2.2.4.2. *Taxonomía*

En la (Tabla 4) se describe la clasificación taxonómica del alga marina *Ascophyllum nodosum*.

Tabla 4

Clasificación taxonómica del alga parda A. nodosum.

Rango taxonómico	Descripción
Reino:	Protista
División:	Eukarya
Clase:	Phaeophyceae
Orden:	Fucales
Familia:	Fucaceae
Genero:	<i>Ascophyllum</i>
Especie:	<i>A. nodosum</i> (L.) Le Jolis

Fuente: (30).

Elaborado por: Autor.

2.2.4.3. *Descripción botánicas*

El *Ascophyllum nodosum* (Rockweed) es un alga marina parda que crece desde el Círculo Polar Ártico hasta el Estado de New York en Norteamérica y, en un amplio rango de exposición a las olas sobre sustratos estables. En áreas más abiertas o cubiertas de nieve, *Ascophyllum nodosum* reemplaza o se mezcla con otras especies relacionadas (*Fucus* spp.) (31).

Los brotes de esta alga surgen de rizomas y forman una estructura compleja formada por ramas bilaterales y laterales. La planta tiene dos sexos diferentes (dioicos) y produce gametos a partir de estructuras especializadas llamadas angiospermas. Cuando el nivel del agua sube, las plantas emergen y forman follaje flotante a través de sacos de aire (vesículas) en sus cogollos. La mayoría de los brotes nuevos crecen vegetativamente a partir del tejido de la

raíz basal existente. A medida que la planta crece, sus placas basales comienzan a fusionarse con las plantas vecinas, formando haces (31).

Como las especies intermareales son particularmente sensibles a los cambios de temperatura *A. nodosum*, con sus distintivas vejigas de aire anuales, puede ser un buen bioindicador del cambio climático. Estas vejigas de aire anuales también se han utilizado para calcular estimaciones anuales de crecimiento y productividad de la especie. *Ascophyllum nodosum* se cosecha comercialmente en ambos lados del Atlántico norte, y las cuotas a menudo se determinan en función de estimaciones de productividad de la especie para garantizar la recuperación (32).

2.2.4.4. Composición

En la siguiente (Tabla 5) se describen los compuestos que contiene el alga parda *A. nodosum*.

Tabla 5

Ingredientes activos del alga parda A. nodosum.

Ingrediente activo	(%)	Efecto en la planta
Manitol	2 a 7.5	Proporciona una excelente protección contra enfermedades y resistencia y adaptación a eventos estresantes.
Betaínas	-	Actúa como disolvente y ayuda a reducir el estrés osmótico, mejorando así los niveles de clorofila en las hojas.
Polifenoles	15 a 115	Tienen una alta capacidad antioxidante, fortalecen y estabilizan las paredes celulares contra el ataque de patógenos.
Ácido algínico	15 a 30	Tiene un efecto estimulante y reduce el estrés hídrico y la salinidad.
Laminarias	0 a 10	Estimulan la síntesis de fitoalexinas y tienen un efecto antifúngico.
Fucanos	4 a 10	Su respuesta al estrés biótico es importante porque inducen procesos metabólicos en las plantas.

Fuente: (29).

Elaborado por: Autor.

2.2.4.5. Importancia

Los extractos de algas marinas como *Ascophyllum nodosum* son importantes bioestimulantes orgánicos no microbianos que exhiben propiedades estimulantes de las raíces. Por ejemplo, se ha demostrado que el extracto de algas mejora el desarrollo del sistema radicular del maíz. Además, el silicio afecta la relación planta-agua bajo estrés abiótico, como la salinidad, el aumento de la actividad de las especies reactivas de oxígeno (ROS), la fotosíntesis mejorada y la absorción de minerales, y el equilibrio de la movilidad (33).

El uso regular de polvo de *Ascophyllum nodosum* como aditivo alimentario ayuda a optimizar la utilización de todos los componentes del pienso complejo, mejorando así la salud general y el rendimiento del animal. Se utiliza ampliamente como aglutinante en acuicultura. Esto ayuda a reducir el desperdicio de alimento para peces extruido o granulado. Además, a menudo se observan mejoras significativas en la salud de los peces y se utilizan ampliamente en alimentos para camarones y platos de mariscos. Actualmente, en Ecuador, este complemento nutricional se utiliza para alimentar a los camarones, ya que estas especies pueden ganar peso. En agricultura, este aditivo se utiliza como fertilizante orgánico y funciona bien en comparación con otros fertilizantes orgánicos de origen animal o incluso vegetal (34).

2.2.4.6. Usos de *A. nodosum* en la agricultura

La investigación sobre el alga *Ascophyllum nodosum* ha avanzado no sólo por su uso como bioestimulante, que ya se utiliza ampliamente en muchos cultivos, sino también por sus efectos protectores contra varios patógenos de importancia económica. Estos estudios proporcionan una comprensión del comportamiento interactivo de este extracto en múltiples culturas, ayudan a desarrollar sistemáticamente el uso de este extracto y promueven su incorporación a prácticas culturales ecológicamente sostenibles (35). El extracto de *Ascophyllum nodosum* mejora la resistencia a las enfermedades de las plantas al estimular la actividad de síntesis de fitoalexina capsicina y peroxidasa en las plantas. En diferentes países, los productos de *Ascophyllum nodosum* suelen venderse mezclados con fertilizantes o puros como bioestimulantes y/o bioprotectores contra enfermedades de las plantas (36).

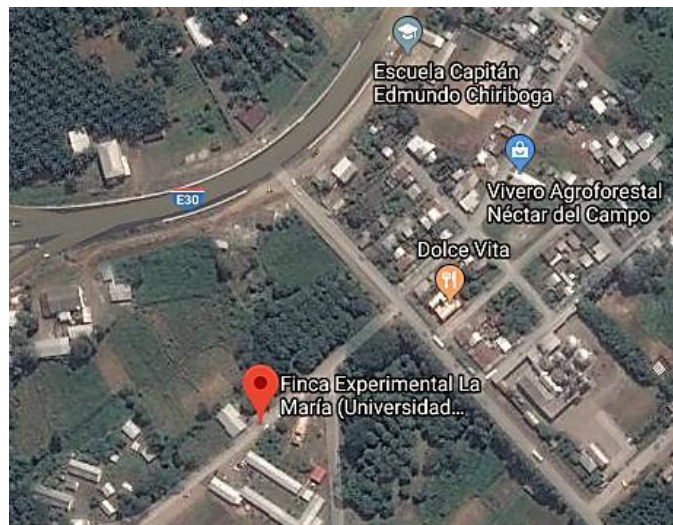
CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Este estudio fue ejecutado en el Campus universitario “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), ubicada en el km 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, Ecuador. Se ubica a los 1.08204 ° de latitud sur y 79.50196 ° de longitud oeste, a una altitud de 72 m.s.n.m.

Figura 9

Mapa del sitio donde se llevó a cabo el experimento.



Obtenido de: Google Maps.

3.1.1. Condiciones meteorológicas del lugar experimental

En la presente tabla se describen las características climatológicas del Campus Universitario La María ubicado en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos.

Tabla 6

Características climatológicas del Campus Universitario “La María”.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.80
Humedad relativa %	84.00
Heliofanía horas/luz/año	894.00
Precipitación mm/año	2400 mm
Topografía	Plana

Fuente: (37).

Elaborado por: Autor.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Diagnóstico

Esta investigación utilizó el diagnóstico para la aplicación técnica de los tratamientos, durante los cuales se pudo registrar situaciones que se puedan observó y recabó datos relevantes de las variables de estudio.

3.2.2. Descriptivo

Se describe lo hechos realizados y su principal característica fue la correcta interpretación acerca de las variables agronómicas de respuesta al crecimiento y producción de chile tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

3.2.3. Experimental

Se realizó una investigación de tipo experimental para la evaluación de las diferentes variables con el fin de identificar las respuestas de estas a los tratamientos estudiados sobre el crecimiento y producción de chile tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

3.3. Método de investigación

3.3.1. Inductivo

Este método se empleó para obtener información de interés sobre el análisis de las variables particulares relacionado con el crecimiento y producción de chile tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*). que nos permitirán comprobar los pros y los contras del proyecto que se está implementando.

3.3.2. Deductivo

Este método se utilizó para la identificación específica de los tratamientos estudiados partiendo de premisas generales sobre las variables agronómicas de respuesta al crecimiento y producción de chile tabasco (*Capsicum frutescens*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

3.3.3. *Analítico*

Se utilizó para analizar e interpretar los datos recopilados como parte de este estudio de las variables de respuesta.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. *Fuentes primarias*

La principal fuente para obtener información directa para la implementación del proyecto fue la observación que se realizó de la evaluación de las variables de la presente investigación.

3.4.2. *Fuentes secundarias*

La información de fuentes secundarias para realizar la investigación se obtuvo de: libros, folletos, internet y revistas, relacionadas con el cultivo de ají y biofertilización con algas verdes, las cuales fueron necesarias para tener una base para iniciar nuestra investigación.

3.5. Diseño experimental

Se empleó un diseño completo al azar (DCA), con cinco tratamientos en cuatro repeticiones, empleando dosis de un biofertilizante a base del alga marina *A. nodosum*, 0%, 100%, 75%, 50% y 25%. Todas las variables estudiadas se sometieron a análisis de la varianza y a la prueba de comparación de medidas de Tukey al 5%.

3.5.1. *Análisis de varianza*

Tabla 7

Esquema del análisis de varianza (ANOVA).

Fuente de variación	Fórmula	Grado de libertad
Tratamiento	$t-1$	4
Error	$t(r-1)$	15
Total	$t.r-1$	19

Elaborado por: Autor.

3.5.2. *Modelo matemático*

Ecuación 1 *Modelo matemático.*

$$Y(ij) = \mu + ti + Ej(i)$$

Donde:

- Y = es la variable de respuesta de interés.
- μ = promedio general de la población sobre la cual se trabajó.
- t = es la variación que se atribuye a los niveles del factor que fue evaluando.
- ξ = es la variación de los factores no controlados (el error experimental).
- i = i-ésimo tratamiento.
- j = j-ésima repetición de cada tratamiento.
- j(i) = es la variación de las unidades experimentales anidadas en los tratamientos.

3.6. Tratamiento estudiados

Se evaluó cinco tratamientos y cuatro repeticiones aplicando diferentes concentraciones del alga *Ascophyllum nodosum*, dichos tratamientos se detallan en la siguiente (Tabla 8).

Tabla 8

Descripción de los tratamientos y dosis de biofertilizante.

Tratamientos	%	Descripción	Repeticiones	U.E./ plantas	*T.U.E.
T0. Testigo	0%	0g/planta	4	10	40
T1	100%	0.06g/planta	4	10	40
T2	75%	0.045g/planta	4	10	40
T3	50%	0.03g/planta	4	10	40
T4	25%	0.015g/planta	4	10	40
Total, plantas (UE)					200

Elaborado por: Autor.

3.7. Manejo del experimento

3.7.1. *Ensayo 1. Efecto de la biofertilización con alga (Ascophyllum nodosum) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de ají Tabasco (Capsicum frutescens).*

El presente ensayo se ejecutó dentro de un invernadero, el cual sirvió para evidenciar la primera etapa de desarrollo de crecimiento del cultivo de Ají Tabasco bajo diferentes

concentraciones de un biofertilizante soluble a base del alga *Ascophyllum nodosum*, cuya duración fue de 30 días.

3.7.1.1. Procedimiento

a) Inoculación de semillas.

Este experimento empezó con la pre-germinación de las semillas de Ají Tabasco, las cuales fueron sometidas a cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de *Ascophyllum nodosum*, utilizando un total de 200 semillas, se realizó una desinfección en las semillas en laboratorio, mediante el uso de hipoclorito de sodio al 0,5% durante un minuto, posterior a esto aplicando 200 ml de agua destilada para la disolución del tratamiento, donde se lavaron dejando el remojo durante 5 minutos.

b) Elaboración de sustrato.

Se emplearon partes iguales de arena, tierra y tamo o aserrín, luego se mezcló de manera uniforme y se le incorporó materia orgánica en descomposición, capaz de retener la mayor cantidad de partículas de agua y que permita el desarrollo óptimo de las raíces.

c) Siembra en bandejas germinativas.

Se inserto en cada alveolo una base de sustrato, para luego colocar cada semilla de Ají Tabasco acostada para facilitar la emergencia de la radícula y la planta crezca de manera fácil y rápida, luego se cubre con una capa de sustrato y se regó con abundante agua, colocando al final una cubierta plástica que sirva como una cámara húmeda para facilitar la germinación.

d) Biofertilización.

La biofertilización con el alga se realizó dos veces durante el primer ensayo, una al inicio y otra después de 15 días, utilizando la dosis recomendada por cada tratamiento.

e) Riego.

Se regó con abundante agua pasando 2 días aproximadamente de debido que es un cultivo que requiere de mucha agua.

f) Control de maleza.

El control fue manual arrancando de manera cuidadosa la maleza de cada alveolo que emerge por la materia orgánica del sustrato.

3.7.1.2. Variables evaluadas a los 30 días

a) Altura de planta (cm).

Esta variable se tomó a los 30 días después de la emergencia de la planta, escogiendo 15 plantas al azar, tomando una cinta desde la base del tallo, hasta el cogollo de la planta, dicho parámetro fue expresado en centímetros.

b) Longitud de raíz (cm).

Se tomo esta variable con la ayuda de una cinta métrica, tomando desde la base del tallo hasta la punta de la raíz principal, de 15 plantas tomadas al azar, luego se procedió a sacar el promedio expresado en centímetros.

c) Longitud de hoja (cm).

La longitud se tomó desde la punta de la hoja hasta la base seleccionando las 15 plantas al azar por los diferentes tratamientos, lo cual se llevó a cabo su respectiva medición con una regla que tenga mediciones en cm.

d) Diámetro de hoja (cm).

El diámetro de hoja se obtuvo seleccionando las 15 plantas al azar por los diferentes tratamientos, lo cual se llevó a cabo su respectiva medición con una regla que tenga mediciones en cm.

3.7.2. Ensayo 2. Efecto de la biofertilización con la alga marina (*Ascophyllum nodosum*) en las variables agronómicas, productivas y económicas en el desarrollo vegetal del cultivo de ají tabasco.

3.7.2.1. Procedimiento

La germinación se realizó en bandejas en invernadero utilizando el mismo tipo de sustrato, luego se procesado con la limpieza del terreno el cual tuvo una medida de 110 m², empleando rastrillo, machete y azadón, quitando toda maleza que compita con el cultivo por luz, agua y nutrientes. Una vez limpio, se humedeció con abundante agua, con la ayuda de una regadera,

para luego realizar las perforaciones con la ayuda de un espeque, para luego realizar el transplante una vez los plantines tuvieran la segunda hoja verdadera.

Alrededor de cada planta se le colocó, aserrín o tamo de arroz, para mantener el cultivo humedecido, luego de 15 días se realizó la primera aplicación del biofertilizante empleando las dosis por tratamiento previamente elaboradas dentro del laboratorio del Campus Universitario La María. Cada biofertilización se realizó cada 15 días, además se regó con abundante agua y se controló de forma manual la manual, no se realizó control de plagas y enfermedades debido que la investigación fue obtener un cultivo 100% orgánico. Todas las labores fueres se realizaron durante toda la etapa fenológica del cultivo hasta la cosecha.

3.7.2.2. Variables de crecimiento a los 30, 60 y 90 días

a) Altura de planta (cm)

Se evaluó esta variable con la finalidad de ver el crecimiento del cultivo de Ají Tabasco durante las tres etapas de desarrollo bajo los efectos del alga *A. nodosum*, tomando 15 plantas al azar de cada tratamiento, y con una cinta se tomó la altura de cada una para luego promediar y expresar en centímetros.

3.7.2.3. Variables productivas a los 90 días

a) Número de frutos por planta (cm).

Se contabilizó el número de frutos de 15 plantas al azar de cada tratamiento, durante el establecimiento del cultivo en el campo.

b) Longitud de frutos (cm).

La longitud de los frutos se estimó a partir de 15 frutos tomados al azar de cada área útil utilizando una cinta métrica.

c) Diámetro de frutos (cm).

El diámetro se evaluó en los mismos 15 frutos que en la variable anterior, se midió con un calibrador pie de rey en la parte más ancha.

d) Peso fresco del fruto (g).

El peso de los frutos se estimó la selección de los frutos de las 15 plantas seleccionados al azar, se realizó mediante una balanza electrónica, promediando y expresando el peso indicado en gramos.

e) Peso seco del fruto (g).

El peso seco de frutos los cuales pasaron por un proceso de secado, y luego se realizó mediante una balanza electrónica el pesaje, promediando y expresando el peso indicado en gramos.

f) Rendimiento (kg/ha.).

Para la toma de esta variable se tomó en cuenta el peso fresco de la cosecha por cada unidad experimental y se obtuvo el resultado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2 *Rendimiento total por tratamiento.*

$$\text{rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{peso cosecha por tratamiento (kg)} * \text{area total}}{\text{area de cada unidad experimental}}$$

3.7.2.4. Análisis económico.

a) Relación costo/beneficio.

Para la toma de esta variable se estimó el ingreso bruto por cada tratamiento por el costo total empleado la siguiente formula:

Ecuación 3 *Relación costo/beneficio.*

$$C/B = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo total}}$$

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Estudiante Responsable de la Investigación: Manuel Villavicencio.
- Docente tutor responsable de la Investigación: Blga. Ana Ruth Álvarez Sánchez, Ph.D.

3.8.2. Recursos materiales

3.8.2.1. Semillas

- 400 semillas de ají variedad tabasco.

3.8.2.2. Materiales de campo

- Bandejas de germinación.
- Estaquillas.
- Piola.
- Machete.
- Rastrillo.
- Azadón.
- Regadera.

3.8.2.3. Biofertilizante

- Algen 1000

3.8.2.4. Materiales de laboratorio

- estufa.
- Fundas de papel.
- Agua destilada.
- Vaso de precipitación.
- Balanza analítica.

3.8.2.5. Materiales de oficina

- Flexómetro.

- Cuadernillo.
- Esferos.
- Impresora.
- Celular.
- Tinta de impresora.
- Computador.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayo 1. Efecto de la biofertilización con alga (*Ascophyllum nodosum*) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*).

En la siguiente (Tabla 9), se describen los promedios de las diferentes variables de crecimiento evaluadas durante la etapa inicial del cultivo de Ají Tabasco a los 30 días, empleando dosis del 0%, 100%, 75%, 50% y 25% del biofertilizante a base del alga *A. nodosum*.

Tabla 9

Variables de crecimiento de la etapa inicial a los 30 días empleando dosis del alga A. nodosum.

Var.	Tratamientos con el alga <i>A. nodosum</i>										C.V.
	T0 (0%)		T1 (100%)		T2 (75%)		T3 (50%)		T4 (25%)		
AP (cm)	3.30 ± 0.52	b	4.14 ± 0.63	ab	3.90 ± 0.71	ab	3.53 ± 0.94	b	4.75 ± 0.59	a	17.7
LR (cm)	3.54 ± 0.17	b	5.00 ± 1.25	a	4.05 ± 0.93	ab	4.10 ± 0.97	ab	4.28 ± 0.88	ab	21.7
LH (cm)	2.30 ± 0.48	b	2.70 ± 0.35	ab	2.33 ± 0.33	b	2.39 ± 0.31	b	3.15 ± 0.75	a	18.4
DH (cm)	1.68 ± 0.44	b	1.90 ± 0.21	b	2.05 ± 0.28	b	1.81 ± 0.23	b	2.61 ± 0.38	a	16

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

*AP= Altura de planta; LR= Longitud de raíz; LH= Longitud de hoja; DH= Diámetro de hoja.

4.1.1. Altura de planta (cm)

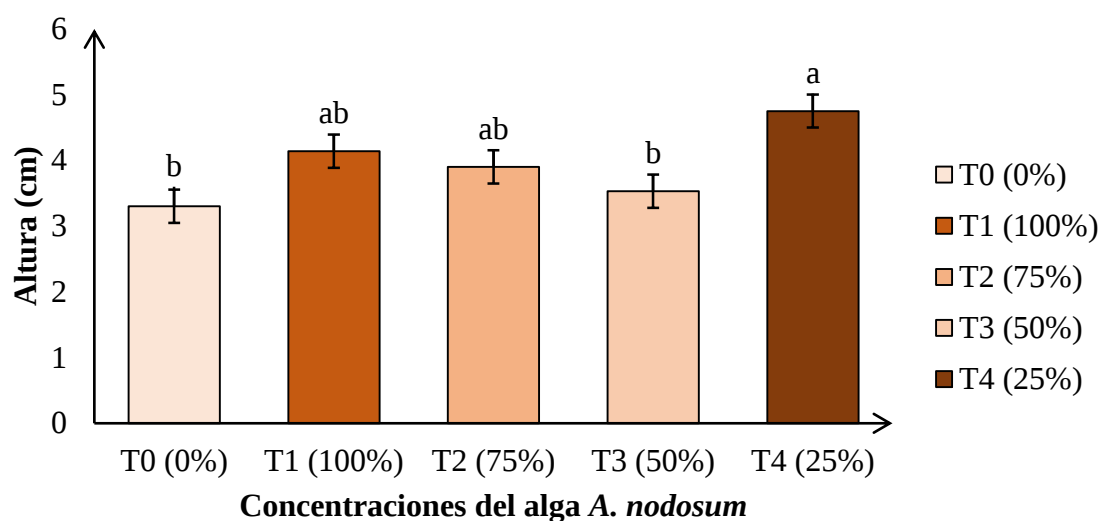
De acuerdo con el análisis de varianza, hay diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos en estudio ($p \leq 0.05$), en la variable altura de planta de la etapa inicial a los 30 días la misma que se detalla en la siguiente (Figura 10), siendo el valor más alto registrado el del tratamiento T4 con plantas que llegaron a tener una altura promedio de 4.75 cm, seguido de cerca por los tratamientos T1 y T2 los cuales registraron una altura de planta de 4.14 y 3.90 cm, mientras que el tratamiento T3 registro valores bajos entre los tratamientos

con aplicación del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* registrando una altura de planta de 3.53 cm, siendo este superior al tratamiento control T0 el cual, registro una altura de planta de 3.30 cm.

Adicionalmente, se obtuvo un coeficiente de variación del 17.65% (Tabla 9), el cual, es un indicativo de disgregación entre los valores obtenidos de cada tratamiento. Esto es debido al efecto de las diferentes aplicaciones del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco.

Figura 10

Altura de planta del cultivo de Ají Tabasco durante la etapa inicial (30 días).



Elaborado por: Autor.

Los promedios estimados fueron inferiores que los presentados por Cano (38), quien al aplicar tres tipos de abonos foliares a base de algas marinas obtuvo alturas cerca de los 5 cm refutando que las aplicaciones de foliares a base de este tipo de organismos acorta los días de germinación aumentando la altura de las plantas.

Zamora (39), indica que a los 45 días en la altura de planta los bioestimulantes no presentaron diferencia en su efecto, mientras que al usar dosis alta presentan 3.1 cm encima de la dosis baja recomendado el aplicar dosis superiores para poder aumentar la elongación del tallo, dichos promedios fueron inferiores que los expuestos en la presente investigación, en donde al emplear dosis bajas se obtuvo plantas con mayor altura.

Sanchez (40), recomienda que, para poder determinar qué tan efectivo es un extracto sobre el comportamiento vegetativo de una planta es requerido realizar una prueba para determinar

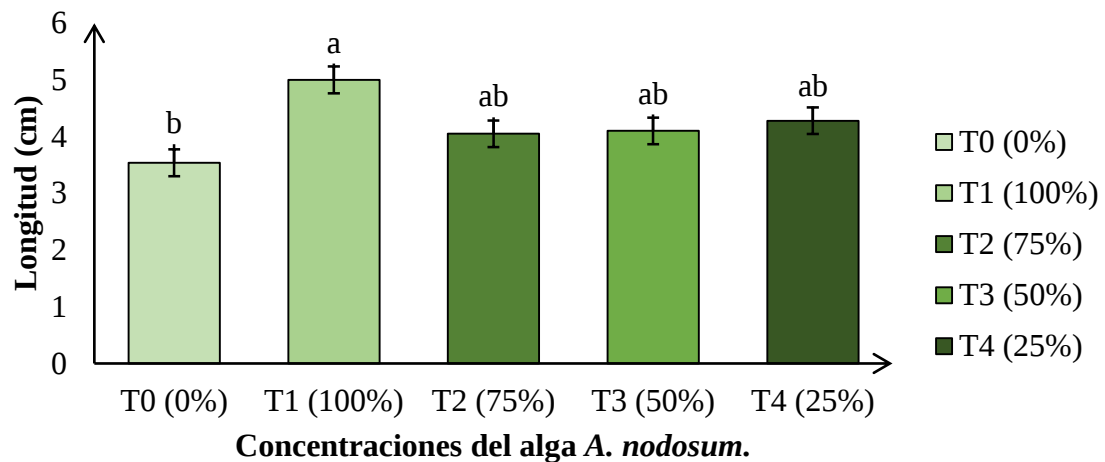
la concentración de la solución ya sea líquida o en polvo por lo que todo material vegetativo es diferente he influye de manera significativa a la hora de la medición de datos.

4.1.2. Longitud de raíz (cm)

Según el análisis de varianza de la variable longitud de raíz durante la etapa inicial a los 30 días (Figura 11), hay evidencias de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), presentando un coeficiente de variación de 21.74% (Tabla 9), que indica la disgregación de datos en relación a las medias de los tratamientos evaluados, siendo el valor más alto registrado el del tratamiento T1 con un media en la longitud de raíz de 5 cm, seguido de cerca por los tratamientos T4, T3 y T2 los cuales, registraron una media en la longitud de raíz de 4.28, 4.10 y 4.05 cm, dichos valores fueron superiores al Tratamiento control T0 registrando un longitud de raíz de 3.54 cm, mostrando el efecto positivo del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco.

Figura 11

Longitud de raíz durante la etapa inicial a los 30 días.



Elaborado por: Autor.

Los promedios registrados son superiores a los presentados por *Aguilar et al.* (41), quienes empleado diferentes métodos de fertilización obtuvieron plantas con una longitud del sistema radicular que oscilaba los 1.43 a 4.5 cm.

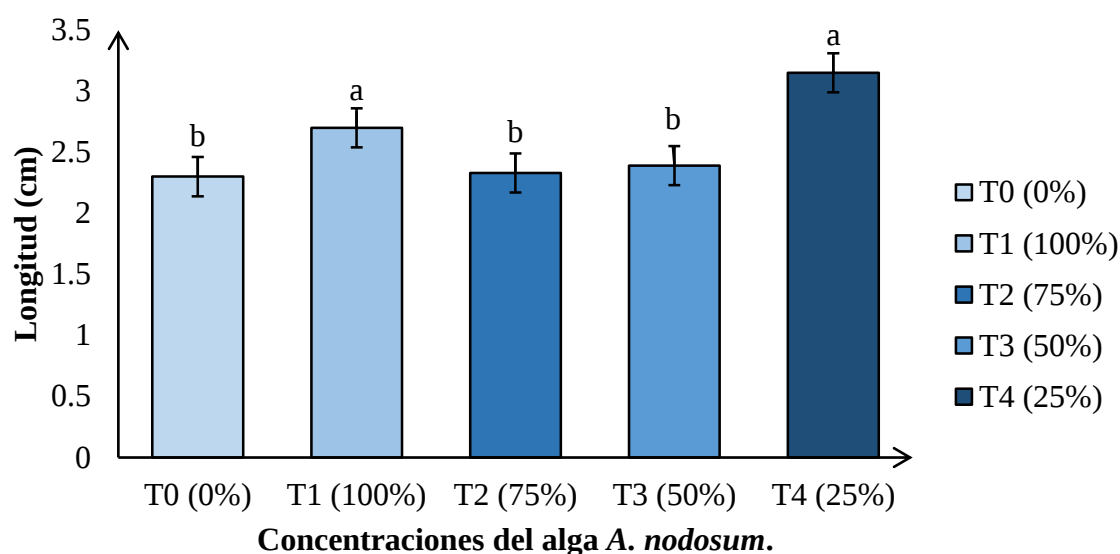
Gravel et al. (42), indica que una planta bien enraizada asegurarán una absorción adecuada de nutrientes bajo un suministro limitado de nutrientes, así como un área foliar potencial y una relación equilibrada entre la fuente.

4.1.3. Longitud de la hoja (cm)

En la (Figura 12), se muestran los resultados obtenidos de la variable longitud de hoja, en donde según el análisis de varianza (ANOVA), hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), mostrando un coeficiente de variación del 18.42% (Tabla 9), siendo el valor más alto el registrado por el tratamiento T4 con un promedio de 3.15 cm en la longitud de hojas, seguido de cerca por el tratamiento T1 el cual, registro un promedio en la longitud de hoja de 2.70 cm. Los tratamientos T3 y T2 reportaron valores bajos entre los tratamientos biofertilizados con el alga *A. nodosum* los cuales, fueron de 2.39 y 2.33 cm, siendo estos superiores a nivel de campo al tratamiento control T0 el cual, registro valores inferiores de 2.30 cm en la longitud de hoja, siendo eficiente el uso del alga *A. nodosum* para mejorar el crecimiento de la hoja, lo que indica que habrá mayor fotosíntesis de parte de la planta, generando frutos con mayor tamaño.

Figura 12

Longitud de la hoja durante la etapa inicial a los 30 días.



Elaborado por: Autor.

Reyes *et al.* (43), indica que muchas veces el bajo rendimiento es debido a varios factores como el agua, fertilización, tipo de suelo, patógenos los cuales, limitan el crecimiento de la planta.

Luna et al. (44), comparte que el empleo de otras especies para la fertilización de los cultivos ha recibido un gran avance mejorando la calidad de muchas hortalizas en etapa de crecimiento.

Ammar et al. (45), menciona que a la hora de escoger un alga hay que tener en cuenta su aporte debido a que las algas son buenas para la fertilización además actúan de mejor forma en los sistemas hidropónicos.

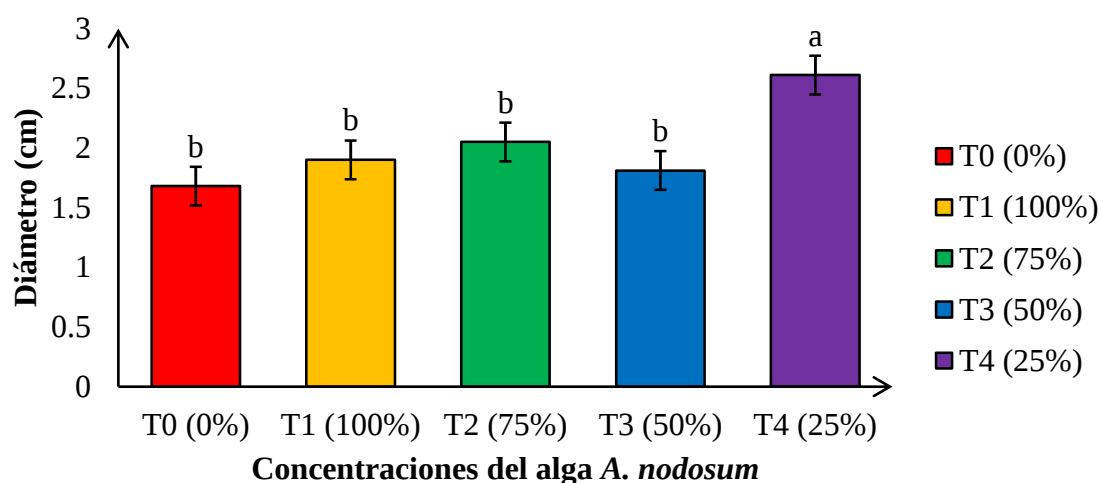
4.1.4. Diámetro de hoja

Según el análisis de varianza (ANOVA), hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), en la variable diámetro de hoja la cual se encuentra descrita en la (Figura 13), siendo el valor más alto obtenido el del tratamiento T4 con hojas que poseían un diámetro de 2.61 cm, siendo este superior a los tratamientos T2, T1 y T3 biofertilizados con el alga *A. nodosum* obteniendo hojas con un diámetro de 2.05, 1.90 y 1.81 cm, sin embargo estos fueron a nivel de campo superiores al tratamiento control T0 el cual, registro valores inferiores con hojas que llegaron a tener un diámetro de 1.68 cm.

Además, se reportó un coeficiente de variación de 15.97% registrado en la (Tabla 9), el cual, indica la variabilidad de los datos en relación a la media, siendo este una evidencia del poder adquisitivo de las dosis del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco.

Figura 13

Diámetro de la hoja durante la fase inicial a los 30 días.



Elaborado por: Autor.

Cardona (46), menciona que en su ensayo empleando varias dosis de algas marinas no presento diferencia significativa en sus tratamientos obteniendo plantas con diámetros de hojas similares.

Loa (47), quien comparo dos aplicaciones de compost vs algas marinas misiona que como resultado las algas marinas compiten a la par con compost obtenida de estiércoles de animales.

4.2. Ensayo 2. Efecto de la biofertilización con el alga (*Ascophyllum nodosum*) en las variables agronómica y productivas en el desarrollo vegetal del cultivo de ají tabasco.

En la siguiente (Tabla 10), se describen los promedios de las diferentes variables de crecimiento y productivas evaluadas durante la etapa inicial del cultivo de Ají Tabasco a los 30 días, empleando dosis del 0%, 100%, 75%, 50% y 25% del biofertilizante a base del alga *A. nodosum*.

Tabla 10

Parámetros de crecimiento y producción del cultivo de Ají Tabasco bajo los efectos de dosis del alga A. nodosum.

Variables	Tratamientos con el alga <i>A. ndosoum</i>					C.V.
	T0 (0%)	T1 (100%)	T2 (75%)	T3 (50%)	T4 (25%)	
AP 30d (cm)	14.35 ± 2.56 c	15.00 ± 1.84 bc	15.89 ± 1.92 bc	17.55 ± 2.90 ab	19.08 ± 4.50 a	17.75
AP 60d (cm)	50.49 ± 13.02 d	58.57 ± 11.93 cd	66.45 ± 10.95 bc	77.62 ± 13.66 ab	80.55 ± 13.91 a	19.09
AP 90d (cm)	77.35 ± 20.46 b	84.16 ± 13.12 bc	108.15 ± 15.99 a	119.1 ± 18.15 ab	119.51 ± 10.90 a	15.83
NF (N°)	48.97 ± 3.85 e	62.16 ± 4.10 d	75.81 ± 4.04 c	89.29 ± 4.00 b	102.66 ± 3.87 a	5.27
LF (cm)	4.26 ± 0.60 a	4.43 ± 0.61 a	4.37 ± 0.55 a	4.35 ± 0.61 a	4.61 ± 0.56 a	13.39
DF (cm)	1.18 ± 0.15 a	1.3 ± 0.21 a	1.23 ± 0.14 a	1.27 ± 0.15 a	1.28 ± 0.16 a	13.06
PF (g)	6.54 ± 0.96 a	6.69 ± 1.02 a	6.76 ± 0.99 a	7.05 ± 0.80 a	7.36 ± 1.23 a	14.7
BFF (g)	118.82 ± 20.06 d	141.85 ± 28.75 cd	177.32 ± 35.54 bc	200.82 ± 37.28 b	276.41 ± 63.66 a	21.76

BSF (g)	18.95 ± 2.17	c	23.29 ± 0.63	a	23.01 ± 0.62	a	20.91 ± 0.62	b	23.56 ± 0,36	a	4.99
REN (kg/ha.)	2797.68 ± 594.51	d	3902.66 ± 775.95	cd	4436.52 ± 852.50	bc	4648.31 ± 608.12	b	6300.48 ± 662.75	a	12.24

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

*D= Días, AP= Altura de planta; NF= Número de frutos; LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; PF= Peso del fruto; BFF= Biomasa fresca del fruto; BSF= Biomasa seca del fruto; REN= Rendimiento

4.2.1. Altura de planta a los 30, 60 y 90 días (cm)

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), en la variable altura de planta a los 30, 60 y 90 días (Figura 14). A los 30 días el valor más alto registrado es el del tratamiento T4 el cual registro plantas con una altura de 19.08 cm, seguido cerca por el tratamiento T3 el cual presento plantas con una altura promedio de 17.55 cm, los tratamientos T2 y T1 registraron una altura de planta de 15.89 y 15.00 cm, siendo el que obtuvo un valor bajo el tratamiento control T0 presentando plantas con una altura promedio de 14.35 cm.

Durante los 60 días, el tratamiento T4 fue el más eficiente registrando una altura de planta promedio de 80.55 cm, seguido por el tratamiento T3 con plantas que llegaron a medir 72.62 cm, los tratamientos T2 y T1 registraron plantas con una altura promedio de 66.45 y 58.57 cm, siendo los tratamientos con biofertilizante relativamente altos a diferencia del tratamiento control T0 el cual registro plantas con altura promedio de 50.49 cm considerado significativamente bajo.

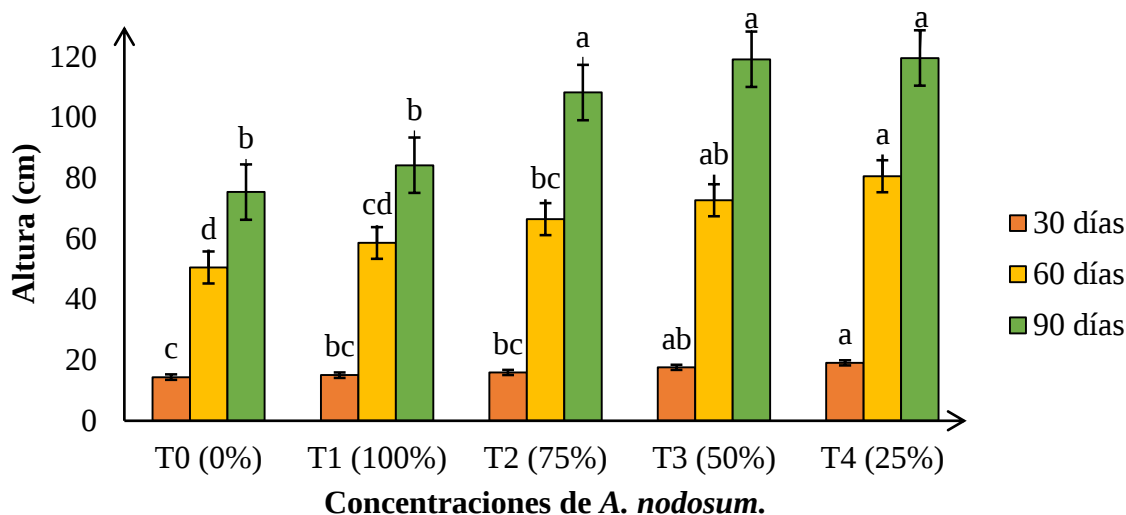
A los 90 días los valores más altos fueron el de los tratamientos T4, T3 y T2 registrando una altura de planta de 119.51, 119.1 y 108.15 cm, a diferencia del tratamiento T1 el cual comparado con los tratamientos con el biofertilizante a base del alga *A. nodosum* es relativamente bajo, registrando alturas de plantas de 84.16 cm, a diferencia del tratamiento control T0 el cual presento promedios bajos durante todo el establecimiento del cultivo con alturas de planta de 75.35 cm.

Registrando un coeficiente de variación de 17.75%, 19.09% y 15.83% detallado en la (Tabla 10), que corresponde al efecto de las distintas concentraciones del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* sobre cada una de las etapas de desarrollo del cultivo de Ají Tabasco, siendo estos coeficientes un indicador de disgregación de datos referente a la media de los

tratamientos evaluados, siendo el T4 el que registro valores altos en altura de planta durante las tres etapas de desarrollo, indicando que con dosis mínimas se pueden obtener mayor eficiencia, mientras que con dosis altas el crecimiento de la planta se ve limitado.

Figura 14

Altura de planta a los 30, 60 y 90 días empleando diferentes dosis del alga A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Azmi *et al.* (48), evaluaron el comportamiento del chile, bajo el efecto de algas marinas combinadas con un consorcio microbiano, en el cual registraron alturas de Plants a los 12 días, obteniendo plantas con una altura promedio de 50.8 cm empleando el alga *Sargassum* mientras que al emplear dosis del alga *A. nodosum* obteniendo un promedio de 50.5 cm en la altura de las plantas de chile, siendo estos valores superiores al reportado en la presente investigación, debido que a los 30 días se obtuvo una altura promedio inferior a los 20 cm.

Sugandhika *et al.* (49), estudiaron el comportamiento de la planta de pimiento picante, bajo diferentes niveles de fertilización por diferentes extractos, obteniendo plantas con alturas a los 90 días de 38.93 cm empleando dosis del alga *Sargassum*.

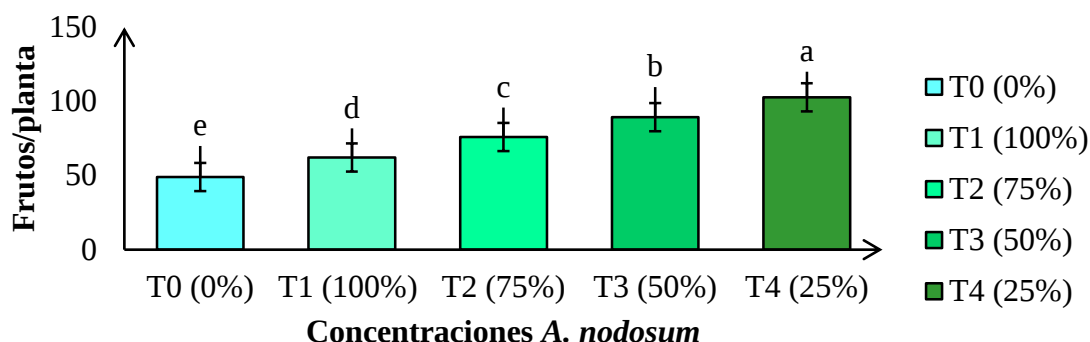
Ruhunuge *et al.* (50), analizaron la respuesta del crecimiento y rendimiento del chile mediante la aplicación combinada de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, obteniendo una altura mayor a los 30 días de 9.7 cm, a los 60 días de 24.7 cm y a los 90 días de 41.3 cm, siendo estos valores inferiores, a los reportados en la presente investigación, obteniendo plantas a los 30, 60 y 90 días mayores empleando solo el alga *A. nodosum* como principal fuente de nutrición.

4.2.2. Número de frutos por planta (n)

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA), hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), de la variable Número de frutos por planta descrita en la (Figura 15), siendo el valor más alto registrado, el del tratamiento T4 el cual obtuvo por planta una aproximado de 103 frutos, siendo este superior al resto de tratamientos biofertilizados con el alga *A. nodosum*, seguido de los tratamientos T3, T2 y T1 los cuales registraron un total de 89, 76 y 62 frutos por planta, a diferencia del tratamiento control el cual obtuvo un total de 49 frutos por planta. Aparte, se registró un coeficiente de variación de 5.27% detallado en la (Tabla 10), el cual indica que el biofertilizante a base del alga *A. nodosum* bajo diferentes concentraciones tuvo un efecto significativo en el cultivo de Ají Tabasco.

Figura 15

Número de frutos por planta a los 90 días empleando diferentes dosis del alga A. nodosum en el cultivo de Ají Tabasco..



Elaborado por: Autor.

Los promedios registrados fueron superiores que los expuestos por *Yusnaeni et al.* (51), quienes evaluaron la eficacia de un fertilizante orgánico a base de *Sargassum* para aumentar el crecimiento de los chiles rojos, obteniendo con solo 50 ml de producto un total de 12 frutos y con 100 ml un total 48 frutos, siendo más efectivo emplear algas como el alga parda *A. nodosum* el cual mejorar las características productivas de la planta, generando mayor cantidad de frutos.

Dutta et al. (52), estudiaron las características de la calidad de semillas y rendimiento del cultivo de Ají Tabasco, mediante la fertilización con extracto de alga marina, obteniendo un

total de 30 frutos aplicando una concentración del 96% del alga *Kappaphycus alvarezii*, siendo mucho más oportuno aplicar dosis de *A. nodosum*.

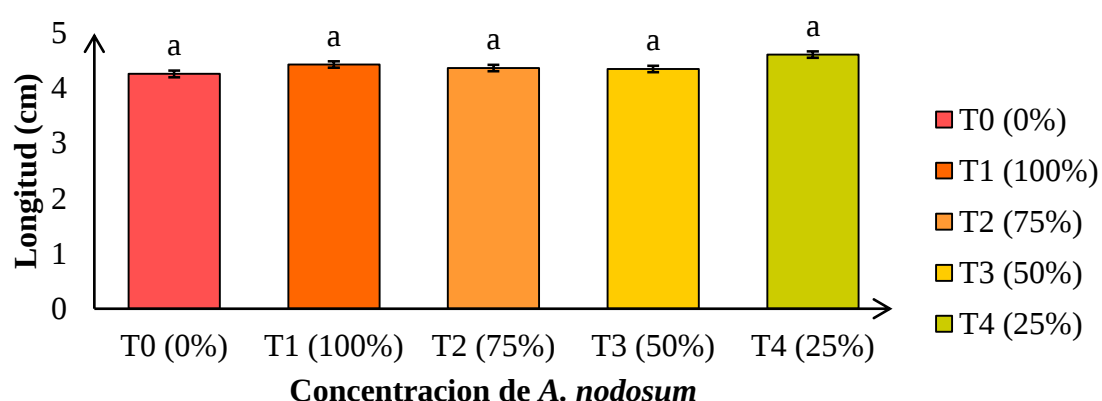
Zamljen, et al. (53), menciona que los extracto de algas poseen un efecto positivo, observándose diferencias, mientras que aplicar aminoácidos ejercen un efecto negativo, acotando que esto se debe a que el efecto positivo del extracto de algas podría ser su contenido en hormonas y otras sustancias no presentes en el aminoácido bioestimulante.

4.2.3. Longitud del fruto (cm)

Conforme a la (Figura 16) la cual, detalla la longitud del fruto a los 90 días mediante la biofertilización con el alga parda *A. nodosum*, en donde el análisis de varianza revela que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p>0.05$). mostrando un coeficiente de variación de 13.39% detallado en la (Tabla 10), indicando una dispersión baja de los datos, debido al efecto que ejerce el biofertilizante a base del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco, siendo este una constancia aceptable, siendo el tratamiento T4 el que mostro frutos con una mayor longitud, registrando 4.61 cm, seguido de cerca por los tratamientos T1, T2 y T3 registrando una longitud de frutos de 4.43, 4.37 y 4.35 cm, mientras que el tratamiento control T0 presento valores bajos con una longitud promedio en los frutos de 4.26 cm.

Figura 16

Longitud del fruto a los 90 dias empleando dosis de A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Chicaiza (54), evaluó la inclusión de tres dosis de fertirriego en el rendimiento del cultivo de ají jalapeño, obteniendo frutos con una longitud de 5 cm, empleando dosis del recomendada por el fabricante del producto, obteniendo valores similares empleando dosis

del alga *A. nodosum*. Goto (55), indica que la importancia de utilizar buenas materias primas hace que se puedan obtener frutos en gran cantidad y calidad porque ofrecen una nutrición completa según las necesidades y etapas del cultivo.

Romero *et al.* (56), resalta que el ají tipo habanero es mucho más eficiente en el uso de nutrientes que el tipo tabasco, ya que con igual cantidad de nutrientes produce frutos más grandes por kg de fertilizante aplicado al suelo es por ello que el fruto del cultivo de Ají Tabasco siempre tendrá un bajo crecimiento que muchas especies de la familia de las Solanáceas.

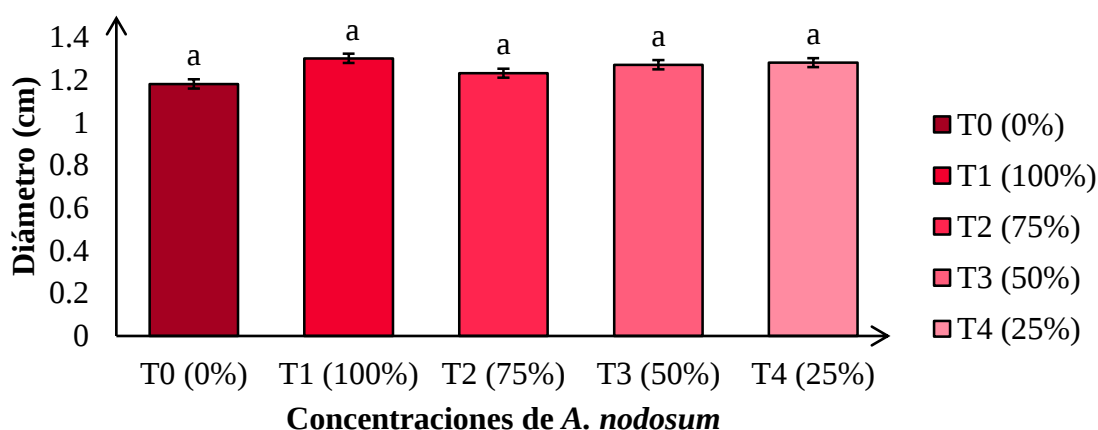
4.2.4. Diámetro del fruto (cm)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado a la variable diámetro del fruto detallado en la (Figura 17), no reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P>0.05$), siendo el valor más alto registrado el del tratamiento T1 con un promedio en el diámetro del fruto de 1.30 cm, seguido de cerca por los tratamientos T4, T3 y T2, los cuales registraron un diámetro promedio de 1.28, 1.27 y 1.23 cm, a diferencia del tratamiento control T0 el cual registro valores bajos con un promedio de 1.18 cm.

Adicionalmente, se reportó un coeficiente de variación del 13.06%, detallado en la (Tabla 10), el cual es relativamente bajo, indicando que entre los valores no hay una disgregación mayor de los datos en relación a la media, siendo este indicativo del efecto del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco.

Figura 17

Diámetro del fruto a los 90 días empleando dosis de A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Trejo et al. (57), evaluaron el efecto de diferentes extractos de algas y compost sobre el crecimiento vegetativo y rendimiento del fruto del pepino, obteniendo frutos con un diámetro de 3.8 cm, al aplicar dosis del alga *A. nodosum*, mientras que al aplicar algas como *Macrocystis pyrifera* obtuvo un diámetro inferior de 3.38 cm.

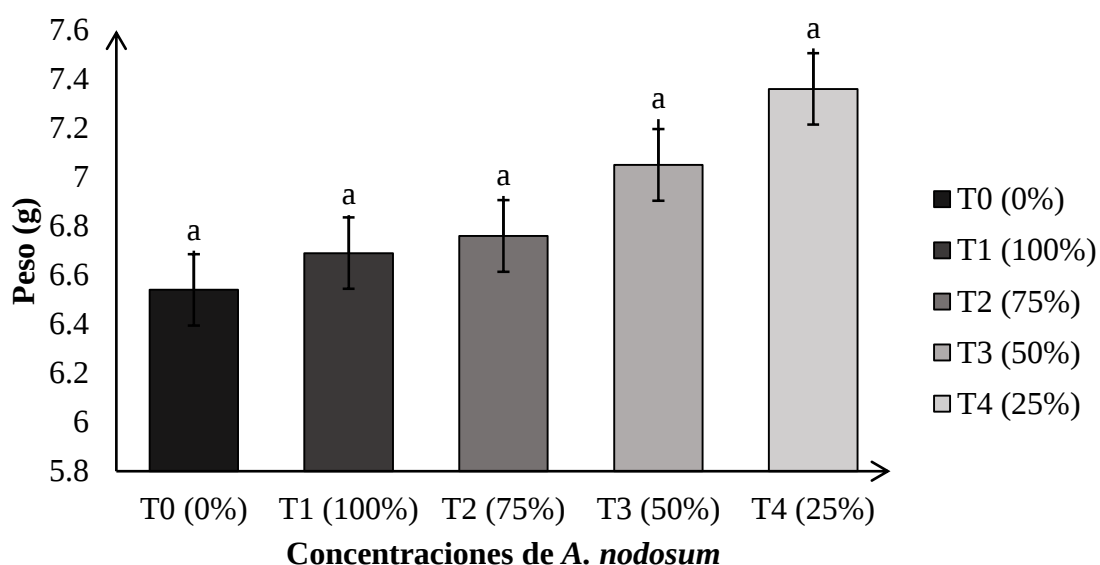
Dutta et al. (52), al fertilizar el cultivo de Ají Tabasco con una concentración de 96% del alga *Kappaphycus alvarezii*, obtuvo un diámetro de 1 cm, siendo este promedio inferior que el reportado en la presente investigación siendo más eficiente el alga *A. nodosum* para obtener frutos con optimo tamaño.

4.2.5. *Peso de fruto (g)*

De acuerdo al análisis de varianza, hay presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), en la variable peso del fruto descrita en la (Figura 18), presentando un coeficiente de variación de 14.70% el cual, se encuentra detallado en la (Tabla 10), siendo la media más alta registrada la del tratamiento T4 obteniendo un peso promedio de los frutos de 7.36 g, seguido del tratamiento T3, T2 y T1 los cuales, obtuvieron un peso promedio del fruto de 7.05 g, 6.76 g y 6.69 g, el testigo obtuvo la media más baja entre los tratamiento registrando un peso promedio del fruto de 6.54 g.

Figura 18

Peso del fruto a los 90 días empleando dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Correia et al. (58), indica que al aplicar algas marinas como la *A. nodosum* en cultivos provoca que los frutos no se agrieten mejorando el tamaño y peso de las frutas.

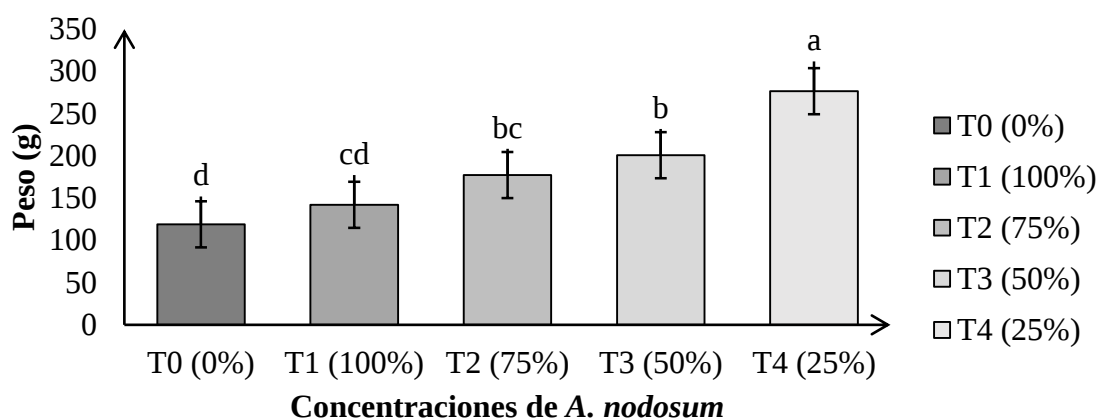
Goncalves et al. (59), al probar el extracto del alga *A. nodosum* frente a otros compuestos como ácido salicílico y betaínas de soja, comprobaron que los cultivos a los que se les aplicó y alga marina obtuvieron un mayor color, peso y firmeza.

4.2.6. Biomasa fresca del fruto (g)

De acuerdo con el análisis de varianza, hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), en la variable peso fresco del fruto detallado en la (Figura 19), además, presentando un coeficiente de variación del 21.76% el mismo que se encuentra previamente en la (Tabla 10). La media más alta registrada la del tratamiento T4, obteniendo una biomasa total de los frutos de 276.41 g, seguido de cerca por el tratamiento T3 con un peso promedio por de la biomasa fresca de 200.82 g, el tratamiento T2 y T1, registraron un peso promedio de 177.32 y 141.85 g, a diferencia el tratamiento control T0 el cual, registro una media relativamente baja, indicando un peso en la biomasa de 118.82 g, siendo las aplicaciones con el alga *A. nodosum* superiores, aumentando la biomasa del fruto.

Figura 19

Biomasa fresca de los frutos a los 90 días empleado diferentes dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Lakshmi et al. (60), estudio el comportamiento de la planta de tomate adicionando dosis del alga *A. nodosum* como principal fuente de nutrientes obteniendo frutos con un peso cerca de los 100 g, siendo este valor inferior al expuesto en la presente investigación.

Javier *et al.* (61), indica que las algas marinas son una de las mejores alternativas para generar frutos con mayor peso debido a que este contiene ingredientes activos como citoquininas las cuales ejercen una acción directa sobre la planta.

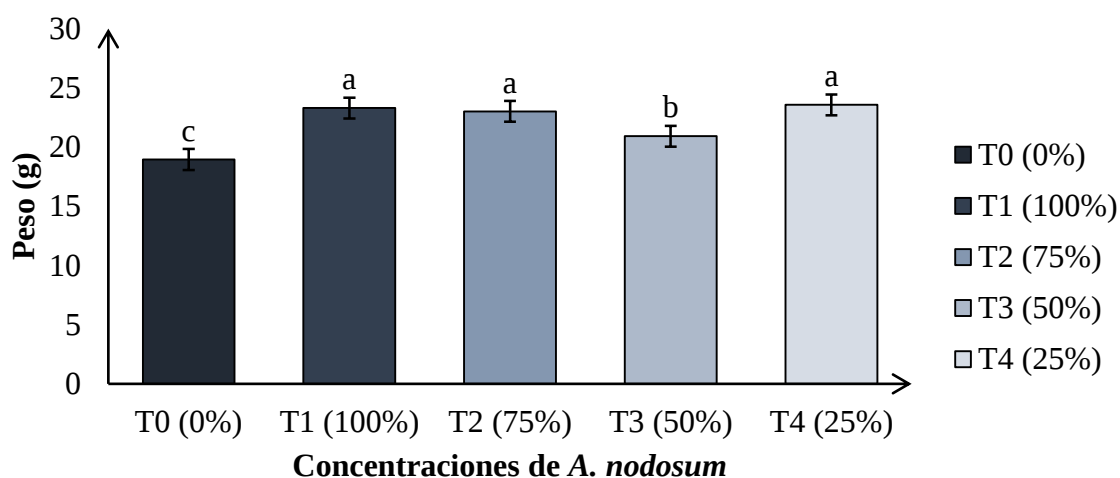
López (62), evaluó el comportamiento del Ají Tabasco empleando dosis de biol y gallinaza obteniendo un peso promedio en los frutos de 3.5 g, siendo este inferior al reportado en la presente investigación, obteniendo frutos con mayor peso empleando algas marinas como principal fuente de nutrientes.

4.2.7. Biomasa seca del fruto (g)

Según el análisis de varianza (ANOVA), hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, ($p \leq 0.05$), en la variable biomasa seca del fruto descrita en la (Figura 20), mostrando un coeficiente de variación de 4.99%, el cual se encuentra detallado en la (Tabla 10), siendo los tratamientos que registro los valores más altos el T4, T1 y T2 obteniendo una biomasa seca promedio de los frutos de 23.56, 23.29 y 23.01 g, seguido de cerca por el tratamiento T3 el cual registro un promedio de 20.91 g, en la biomasa seca, siendo el tratamiento control T0 el que registro valores inferiores con un peso en la biomasa seca de 18.95 g, comprobando que las dosis del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* protege el cultivo de ají permitiendo que este no pierda la mayor cantidad de agua que se encuentra dentro de sus tejidos.

Figura 20

Biomasa seca de los frutos a los 90 días empleado diferentes dosis del biofertilizante a base del alga A. nodosum.



Elaborado por: Autor.

Dutta et al. (52), al fertilizar el cultivo de Ají Tabasco con una concentración de 96% del alga *Kappaphycus alvarezii*, provocó que el cultivo pierda la mayor cantidad de agua obteniendo un peso en la biomasa seca del fruto de 12 g.

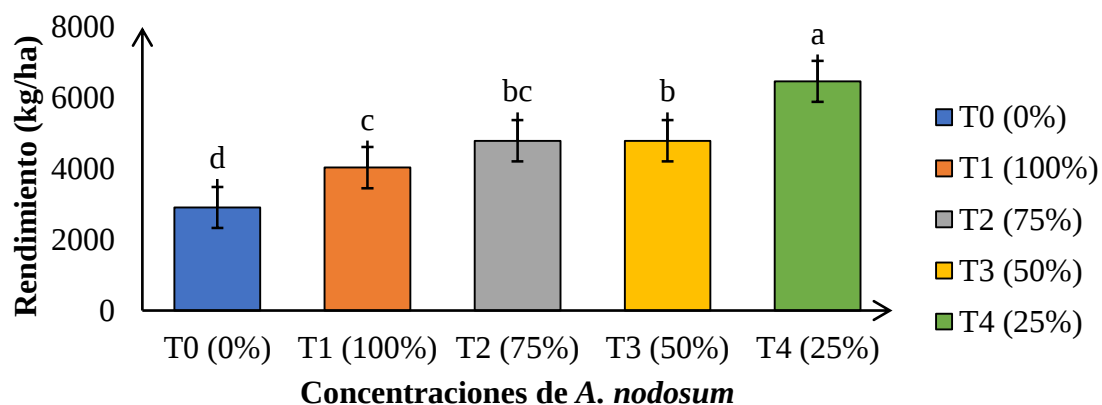
Chicaiza (54), obtuvo un peso promedio en la biomasa seca de 21.8 y de 17.73 g empleando la dosis del fertilizante según lo indica la casa comercial, obteniendo frutos de ají jalapeño con menor peso al momento del secado.

4.2.8. Rendimiento (kg/ha.)

En la (Figura 21), se describe el rendimiento obtenido en kg/ha., mediante la biofertilización del alga *A. nodosum* sobre el cultivo de Ají Tabasco, según el análisis de varianza, hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), siendo el T4 el que obtuvo la media más alta en relación a los tratamientos biofertilizados con el alga *A. nodosum* con un rendimiento de 6560.08 kg/ha; seguido por el tratamiento T3 el cual obtuvo un rendimiento de 4785.43 kg/ha; el tratamiento T2 obtuvo un rendimiento de 4579.52 kg/ha; siendo el tratamiento T1 el que registro una media baja en relación a los tratamientos biofertilizados con dosis bajas de *A. nodosum* con un rendimiento de 4028.32 kg/ha. El tratamiento control T0 a diferencia de los demás tratamiento obtuvo un valor relativamente bajo presentando un rendimiento de 2904.07 kg/ha. Además, se reportó un coeficiente de variación del 12.06%, el cual indica que la reacción de la planta de Ají Tabasco ante la biofertilización con el alga *A. nodosum*.

Figura 21

*Rendimiento del cultivo de Ají Tabasco empleando dosis del biofertilizante a base del alga *A. nodosum**



Elaborado por: Autor.

Kocira et al. (63), evaluaron el efecto del alga *Ecklonia maxima* y *Ascophyllum nodosum* en el cultivo de soja obteniendo un mayor rendimiento empleando el alga *A. nodosum* mientras que al usar el alga *Ecklonia* esta limitó el peso del grano obteniendo un rendimiento mínimo.

Chicaiza (54), al momento de estudiar el rendimiento del ají jalapeño fertilizado por medio del fertirriego obtuvo un rendimiento de 2000 kg/ha, siendo este valor inferior al reportado en la presente investigación, obteniendo un mayor rendimiento empleado dosis de algas como *A. nodosum*.

4.3. Análisis económico

4.3.1. Relación costo/beneficio

En la (Tabla 11) se presenta el análisis económico de los tratamientos en función del rendimiento y los respectivos costos generados durante la producción. La aplicación del alga marina *Ascophyllum nodosum* en una concentración del 25% produjo un rendimiento de 6300.48 kg/ha; permitiendo una mayor rentabilidad del 93%, el cual fue obtenido con un costo en la producción de \$ 226.75 y una utilidad neta de \$ 3238.51, resultando una relación costo beneficio de \$ 13.28 por cada dólar invertido, a diferencia del tratamiento control T0 el cual, obtuvo una rentabilidad del 84.28%, el cual resultó por una inversión de \$ 209.00 y una utilidad neta de \$ 1329.72, obteniendo una relación costo beneficio de \$ 6.36 por cada dólar invertido.

Tabla 11

Análisis económico del rendimiento del cultivo de Ají Tabasco en respuesta a la aplicación diferentes dosis del alga marina A. nodosum.

Rubro	T0 (0%)	T1 (100%)	T2 (75%)	T3 (50%)	T4 (25%)
Rendimiento kg/ha.	2797.68	3902.66	4436.52	4658.31	6300.48
Precio kg	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Ingreso bruto	1538.72	2146.46	2440.09	2562.07	3465.26
Costos total	209.00	226.75	226.75	226.75	226.75
Utilidad neta	1329.72	1919.71	2213.34	2335.32	3238.51
Relación C/B	6.36	8.47	9.76	10.30	14.28
Rentabilidad (%)	84.28	88.19	89.76	90.29	93.00

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante la aplicación del alga marina *A. nodosum* se pudo obtener un óptimo desarrollo de la planta durante la primera etapa de desarrollo del cultivo, superando al testigo, las concentraciones mínimas del 25% permitieron obtener plantas con mayor altura de planta de 4.75 cm, longitud, diámetro de hoja de 3.15 y 2.61 cm. A los 90 días de terminada la segunda fase de la investigación se observó que las plantas con el 25% del alga marina *A. nodosum* sobresalieron, registrando plantas con mayor altura de 1.19 m, siendo las aplicaciones del alga *A. nodosum* en dosis mínimas, eficientes para optimizar el crecimiento del cultivo de Ají Tabasco.
- La aplicación del biofertilizante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* en una concentración del 25% (T4), permitió que la planta de Ají Tabasco produzca la mayor cantidad de frutos produciendo un promedio de 103 frutos por planta, con una longitud de 4.61 cm, diámetro de 1.28 cm y peso de 7.36 cm, lo que indica una mayor biomasa fresca y seca con un peso de 276.41 y 23.56 g, y un rendimiento mucho más aceptable el cual, fue de 6300.48 kg/ha, siendo los tratamientos biofertilizados con el alga marina *Ascophyllum nodosum* superiores al testigo, siendo este tipo de extractos una opción sustentable para maximizar la producción de cultivos hortícolas.
- El mayor ingreso neto entre los tratamientos evaluados lo obtuvo el T4, empleando una concentración del 25% del biofertilizante a base del alga *Ascophyllum nodosum*, con un total de \$ 3239.51 por hectárea, reflejando una relación costo/beneficio de 14.28, es decir una rentabilidad del 93%, siendo este tipo de extractos muy factible, el cual puede ser empleado como una opción sustentable permitiendo generar al final mejores ganancias.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el biofertilizante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* (Algen 1000), a una concentración del 25%, debido que este optimizo el crecimiento durante las diferentes fases de desarrollo el cultivo de Ají Tabasco.
- Ejecutar investigaciones en evaluando la efectividad del alga *A. nodosum* con otros tipos de algas marinas o extractos de orgánicos para determinar la respuesta del cultivo de Ají Tabasco.
- Realizar un análisis de suelo tanto al inicio como al final para determinar la cantidad de nutrientes que este tipo de extractos marinos aportan al suelo.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Jarret R, Baldwin E, Perkins B, Bushway R, Guthrie K. Diversidad de características de calidad del fruto en *Capsicum frutescens*. HortScience. 2007;42(1):16–9.
2. Mukherjee A, Patel JS. Extracto de algas: bioestimulador de la defensa vegetal y de la productividad vegetal. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambientales. 2020;17(1):533–58.
3. Santos PLF dos, Zabotto AR, Jordão HWC, Boas RLV, Broetto F, Tavares AR. Uso de bioestimulante a base de algas (*Ascophyllum nodosum*) en la germinación de semillas de girasol ornamental y el crecimiento de plántulas. Horticultura ornamental. 2019;25(3):213–37.
4. Verma N, Sehrawat K, Mundlia P, Sehrawat AR, Choudhary R, Rajput VD, et al. Uso potencial de *Ascophyllum nodosum* como bioestimulante para mejorar el crecimiento de *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal. Plantas. 2021;10(11):1–16.
5. Quiral R. V, Morales G. C, Sepúlveda L. M, Schwartz M. M. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. Revista Chilena de Nutrición [Internet]. 2012;39(4):196–202. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v39n4/art14.pdf>
6. Aberg P. Un estudio demográfico de dos poblaciones del alga *Ascophyllum nodosum*. Ecología. 1992;73(4):1473–87.
7. Saborío F. Bioestimulantes en fertilización foliar. En: Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2002. p. 1–145.
8. Cedrón JC. La capsaicina. Revista de Química PUCP. 2013;27(1–2):7–8.
9. Gutiérrez J, Posada M, González M. Prácticas de recursos humanos que impactan la estrategia de sostenibilidad ambiental. Innovar. 2019;29(73):11–23.
10. Santelices M. Implementación de biol como estimulante del crecimiento radicular y fitorregulador foliar para mejorar la productividad del Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) [Internet]. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo; 2022.

1–25 p. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13272/E-UTB-FACIAG-AGRON-000005.pdf?sequence=1>

11. Ospina D, Cortez L, Benavides J, Zúñiga O. Rendimiento de frutos de chile Tabasco bajo déficit hídrico con agua tratada magnéticamente. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2022;23(2).
12. Vera L. Determinación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.), Ventanas, Los Ríos [Internet]. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador; 2021. 1–82 p. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20ARAUJO%20LIBETH%20DAYA%20NARA.pdf>
13. Alfonso A. Modelo productivo Ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) en el pie de monte Llanero como alternativa de ingreso familiar en la actividad agropecuaria [Internet]. El Yopal: Universidad de la Salle; 2016. 1–55 p. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=ingenieria_agronomica
14. Anton D. Impacto de la extensión agrícola con pequeños productores de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens* L.) en Piura, Cajamarca y Amazonas. [Internet]. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2017. 1–63 p. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2972/C20-A55-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Nicho P, Valencia A. Manejo técnico del cultivo de ají páprika. Vols. 1–09. Lima, Perú: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA); 2009. 1–64 p.
16. Jaramillo J. Determinar los requerimientos hídricos de pimiento (*Capsicum annum*), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector San José perteneciente al sistema de riego campanamalacatos [Internet]. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2017. 1–100 p. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19043/1/JORGE%20LUIS%20JARAMILLO%20CONDOLO.pdf>

17. Tejada C, Villabona Á, Granados C. Caracterización de la pulpa de Ají Tabasco (*Capsicum frutescens* L.) cultivada en el departamento de Sucre, Colombia. Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 2017;15(1).
18. Monserrate A. Uso de fitohormonas en el cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.), parroquia Tenguel, provincia del Guayas. [Internet]. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2023. 1–70 p. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/70634/1/TRABAJO%20DE%20TITULO%20ACI%20c3%93N%20Adri%20a%20n%20Monserrate%20%20%20final%20%281%29.pdf>
19. Haro M, Valarezo A. Evaluación agronómica de dos tipos de abonos orgánicos en el cultivo de ají jalapeño (*Capsicum annuum*), recinto Puembo, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi. [Internet]. La Mana, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2022. 1–87 p. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8968/1/UTC-PIM-000515.pdf>
20. Chávez I, Zelaya L, Cruz C, Rojas E, Ruíz S, de los Santos S. Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. Rev Mex De Cienc Agric. 2020;11(6).
21. Grageda O, Díaz A, Peña J, Vera J. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Rev Mex De Cienc Agric. 2018;3(6).
22. Jagtap A, Meena S. Cultivo de algas: una perspectiva de agricultura sostenible y desarrollo socioeconómico. En: Conservación de recursos naturales y avances para la sostenibilidad. Elsevier; 2022. p. 493–501.
23. Cai J, Lovatelli A, Aguilar J, Cornish L, Dabbadie L, Desrochers A, et al. Algas y microalgas: una visión general para liberar su potencial en el desarrollo de la acuicultura global. Vol. 1229. Circular de Pesca y Acuicultura de la FAO; 2021.
24. Samuels L, Setati M, Blancquaert E. Hacia una mejor comprensión de los beneficios potenciales de los bioestimulantes a base de algas marinas en cultivares de *Vitis vinifera* L. Vol. 11, Plantas. 2022.

25. Langton R, Augyte S, Price N, Forster J, Noji T, Grebe G, et al. Un enfoque ecosistémico para el cultivo de algas marinas. Memorando técnico de la NOAA. 2019; 195:1–30.
26. Vélez C, Ferrin C. Estudio comparativo de la actividad antioxidante de las algas *Aacanthophora spicifera* y *Sargassum ecuadoreanum* ubicadas en Santa Elena-Ballenita [Internet]. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2020. 1–88 p. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54983/1/BCIEQ-T-0592%20V%c3%a9lez%20Moreno%20Carlos%20Josue%3b%20Ferr%c3%adn%20Pacheco%20Carlos%20Savier.pdf>
27. Alcalde M. Activos cosméticos de origen marino Algas, macromoléculas y otros componentes. Fuera de armas. 2004;23(10):1–10.
28. Zermeño A, López B, Melendres A, Ramírez H, Cárdenas J, Munguía J. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. Rev Mex De Cienc Agric [Internet]. 2018;(12):2437–46. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6nspe12/2007-0934-remexca-6-spe12-2437-en.pdf>
29. Mercado S. Efectos de la aplicación de extractos de algas marinas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en Santa [Internet]. Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa; 2022. 1–118 p. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3974/52459.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. Hasanuzzaman M, Raihan R, Siddika A, Rahman K, Nahar K. La suplementación con extractos de *Ascophyllum nodosum* mitiga la toxicidad del arsénico al modular el metabolismo de las especies reactivas de oxígeno y reducir el estrés oxidativo en el arroz. Ecotoxicología y Seguridad Ambiental. 2023;255.
31. Fong C. Evaluación de extractos de algas marinas y fertilización química sobre el crecimiento y desarrollo de semilla vegetativa del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) finca Santa Elisa, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A. [Internet]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2015. 1–81 p. Disponible en:

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/2979/1/CESIA%20DOMENICA%20FONG%20CELADA.pdf>

32. Lauzon J, Feibel A, Gibson M, Mac M, Morse B, Robertson C, et al. Un enfoque novedoso revela una subestimación de la productividad en la macroalga de importancia mundial, *Ascophyllum nodosum*. *Biología Marina*. 2022;169(11).
33. Bantis F, Koukounaras A. *Ascophyllum nodosum* y bioestimulantes a base de silicio afectan de manera diferencial la fisiología y el crecimiento de trasplantes de sandía bajo factores de estrés abiótico: el caso de la salinidad. *Plantas*. 2023;12(3).
34. López D, Naranjo I, Pérez O, Uday V. Influencia del alga *Ascophyllum nodosum* como promotor de crecimiento en la etapa de alevinaje de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Enfoque UTE*. 2017;8(5):37–45.
35. Carvalho L, da Paz E, Ferreira R, dos Santos J, Machado L. El uso sostenible del alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. En agricultura: un marco teórico. En: Manejo de plagas y enfermedades: la búsqueda de formas sostenibles de control [Internet]. Editora Científica Digital; 2021. p. 78–89. Disponible en: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/211006340.pdf>
36. Dall R, Smarchioro V, Cruz S. Manejo de *Ascophyllum nodosum* en el cultivo de trigo. *Revista Cultivando o Saber*. 2010;3(1):64–71.
37. Bravo J. Valoración del recurso forestal del campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicado en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022. 1–62 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/82afd7ba-13af-4d36-bcd7-e6f0cbc3d0c3/content>
38. Cano I, Menace M. Respuesta del cultivo de ají habanero (*Capsicum chinense*) a la aplicación de tres abonos foliares a base de algas marinas en el recinto Guapara, provincia de Cotopaxi [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2020. 1–64 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5dc25818-9847-453c-ac6c-2b9518bfd557/content>

39. Zamora J. Respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a la utilización de bioestimulantes en época lluviosa en la zona de Buena Fe [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. 1–79 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c59b51dd-5f0a-4f06-a878-df7f338adeab/content>
40. Sánchez E. Evaluación de diferentes dosis de biopreparados a base de algas marinas en plantas de chile jalapeño dulce bajo condiciones de invernadero [Internet]. Sonora, Mexico: Instituto Tecnológico de Sonora; 2007. 1–40 p. Disponible en: http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/455_sanchez_elba.pdf
41. Aguilar I, Espinosa D, Carcaño M, Rodríguez M. Desarrollo y producción de la col (*Brassica oleracea* var. Royal Vantage) bajo diferentes presiones osmóticas y biofertilizado con consorcios bacterianos. Revista Terra Latinoamericana. 2021;39.
42. Gravel V, Dorais M, Ménard C. Fertilización orgánica y su efecto en el desarrollo de trasplantes de pimiento dulce. HortScience. 2012;47(2).
43. Reyes J, Luna R, Murillo B, Nieto A, Hernández L, Rueda E, et al. Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de col morada (*Brassica oleracea*). Interciencia. 2017;42(9).
44. Luna J, Cordoba L, Gil K, Romero I. Efecto de los residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus Ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. Acta Biolo Colomb. 2013;18(2).
45. Ammar E, Aioub A, Elesawy A, Karkour A, Mouhamed M, Amer A, et al. Las algas como biofertilizantes: entre la situación actual y las perspectivas de futuro. Revista Saudita de Ciencias Biológicas. 2022;29(5):3083–96.
46. Cardona J. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero [Internet]. Nuevo León, Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2013. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/3807/1/1080249917.pdf>
47. Loa J. Rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L.) en compostas de origen animal y extracto de alga marina (*Ulva* sp.) [Internet]. La Paz, Baja California Sur: Universidad

- Autónoma de Baja California Sur; 2018. 1–47 p. Disponible en: <https://biblio.uabcs.mx/tesis/te3909.pdf>
48. Azmi C, Jayanti H, Murtiningsih R, Kurniawan H, Surono S, Yuniawati R, et al. Efecto de las algas marinas combinadas con un consorcio microbiano endofítico en dos variedades de chile. *KnE Life Sciences*. 2022;86–98.
 49. Sugandhika M, Pakeerathan K, Fernando W. Eficacia del extracto de algas sobre el virus del rizado de la hoja del chile. *Revista de Agrotecnología y Ciencias Rurales*. 2021;1(1):1–6.
 50. Ruhunuge I, Wijeratne A, Wimalasiri E. Respuesta de crecimiento y rendimiento del chile (*Capsicum annum* L) para la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. *Revista de Agrotecnología y Ciencias Rurales*. 2021;1(1):18–23.
 51. Yusnaeni N, Maryanto H, Dionisius B. La eficacia del fertilizante orgánico líquido *Sargassumspas* para aumentar el crecimiento de los chiles rojos. *Revista Indonesia de ciencia y educación*. 2022;6(1):1–7.
 52. Dutta SK, Layek J, Akoijam RS, Boopathi T, Vanlalhmangaiha, Saha S, et al. Extracto de algas como agente primario natural para aumentar las características de calidad de las semillas y el rendimiento en *Capsicum frutescens* L. *Revista de Ficología Aplicada*. 2019;31(6).
 53. Zamljen T, Hudina M, Veberič R, Slatnar A. Efecto bioestimulante de los aminoácidos y el extracto de algas verdes sobre el contenido de capsaicinoides y otros metabolitos en frutos de *Capsicum* spp. *Tecnologías químicas y biológicas en la agricultura*. 2021;8(1).
 54. Chicaiza B. Evaluación de tres dosis de fertirriego en el rendimiento del cultivo de ají jalapeño (*Capsicum annum* L.) en invernadero. [Internet]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo; 2022. 1–78 p. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17834/1/13T01049.pdf>
 55. Goto W. Agrositio. 2013. p. 1–5 Fertirriego: la importancia de aplicar los nutrientes en el momento y las cantidades adecuadas. Disponible en:

<https://www.agrositio.com.ar/noticia/143958-fertirriego-la-importancia-de-aplicar-los-.html>

56. Romero M, Enciso C, Garcia S, Wagner J, Puentes Y, Menjivar J. Eficiencia de uso de nutrientes en Ají Tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2016;7(2).
57. Trejo R, Sánchez L, Fortis M, Preciado P, Gallegos M, Antonio R, et al. Efecto de diferentes extractos de algas y compost sobre el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad nutracéutica del fruto de pepino (*Cucumis Sativus*). Agronomía. 2018;8(264):1–13.
58. Correia S, Oliveira I, Queirós F, Ribeiro C, Ferreira L, Luzio A, et al. Aplicación antes de la cosecha de un bioestimulante a base de algas marinas que reduce el agrietamiento de la cereza (*Prunus Avium* L.). Procedia Ciencias Ambientales. 2015;29.
59. Gonçalves B, Morais MC, Sequeira A, Ribeiro C, Guedes F, Silva AP, et al. Conservación de calidad de cereza dulce cv. “staccato” mediante el uso de glicina-betainas o *Ascophyllum nodosum*. Química de Alimentos. 2020;322.
60. Lakshmi S, Ravichandran V, Anandakumar S, Senthil A, Arul L, Radhamani S, et al. Aplicación foliar de *Ascophyllum nodosum* sobre mejora de la fotosíntesis, porcentaje de cuajado, rendimiento y calidad del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de ciencias naturales y aplicadas. 2023;15(3).
61. Javier L, Palacios R, Ramírez A, Hernández H, Antonio M, Yam J, et al. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios [Internet]. 2022;9(3):1–10. Disponible en: <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/3348>
62. López L. Biol y gallinaza en la producción del Ají Tabasco (*Capsicum annum*) en la zona de Patricia Pilar [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. 1–79 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f8c83cb2-8c1f-4bbb-a8e4-664cca6d0685/content>

63. Kocira S, Szparaga A, Kocira A, Czerwińska E, Wójtowicz A, Bronowicka-Mielniczuk U, et al. Modelado de rasgos biométricos, rendimiento y propiedades nutricionales y antioxidantes de semillas de tres cultivares de soja mediante la aplicación de un bioestimulante que contiene algas y aminoácidos. *Fronteras en la ciencia vegetal*. 2018;9.

CAPITULO VII

ANEXO

Anexo 1 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.79	4	3.20	6.66	0.0003
Tratamientos	12.79	4	3.20	6.66	0.0003
Error	21.61	45	0.48		
Total	34.40	49			

Anexo 2 *Análisis de varianza de la longitud de la raíz a los 30 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.11	4	2.78	3.34	0.0178
Tratamientos	11.11	4	2.78	3.34	0.0178
Error	37.44	45	0.83		
Total	48.55	49			

Anexo 3 *Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.16	4	1.29	5.74	0.0008
Tratamientos	5.16	4	1.29	5.74	0.0008
Error	10.12	45	0.22		
Total	15.28	49			

Anexo 4 *Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.23	4	1.31	12.67	<0.0001
Tratamientos	5.23	4	1.31	12.67	<0.0001
Error	4.64	45	0.10		
Total	9.87	49			

Anexo 5 *Análisis de varianza del rendimiento en (kg/ha.).*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7515.48	4	1878.87	41.28	<0.0001
Tratamientos	7515.48	4	1878.87	41.28	<0.0001
Error	3185.88	70	45.51		
Total	10701.36	74			

Anexo 6 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	224.04	4	56.01	6.63	0.0001
Tratamientos	224.04	4	56.01	6.63	0.0001
Error	591.45	70	8.45		
Total	815.49	74			

Anexo 7 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9599.27	4	2399.82	14.78	<0.0001
Tratamiento	9599.27	4	2399.82	14.78	<0.0001
Error	11367.38	70	162.39		
Total	20966.65	74			

Anexo 8 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23433.76	4	5858.44	22.63	<0.0001
Tratamiento	23433.76	4	5858.44	22.63	<0.0001
Error	18124.62	70	258.92		
Total	41558.39	74			

Anexo 9 *Análisis de varianza del número de frutos a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27145.40	4	6786.35	425.56	<0.0001
Tratamiento	27145.40	4	6786.35	425.56	<0.0001
Error	1116.27	70	15.95		
Total	28261.68	74			

Anexo 10 *Análisis de varianza de la longitud del fruto a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.03	4	0.26	0.74	0.5673
Tratamiento	1.03	4	0.26	0.74	0.5673
Error	24.35	70	0.35		
Total	25.38	74			

Anexo 11 *Análisis de varianza del diámetro del fruto a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.13	4	0.03	1.24	0.3007
Tratamiento	0.13	4	0.03	1.24	0.3007
Error	1.87	70	0.03		
Total	2.00	74			

Anexo 12 *Análisis de varianza del peso del fruto a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.34	4	1.58	1.55	0.1977
Tratamiento	6.34	4	1.58	1.55	0.1977
Error	71.59	70	1.02		
Total	77.93	74			

Anexo 13 *Análisis de varianza de la biomasa fresca del fruto a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	223304.26	4	55826.06	35.18	<0.0001
Tratamiento	223304.26	4	55826.06	35.18	<0.0001
Error	111080.42	70	1586.86		
Total	334384.68	74			

Anexo 14 *Análisis de varianza de la biomasa seca del fruto a los 90 días.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	234.39	4	58.60	48.90	<0.0001
Tratamiento	234.39	4	58.60	48.90	<0.0001
Error	83.89	70	1.20		
Total	318.28	74			

Anexo 15 *Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de Aji Tabasco biofertilizado con el alga A. nodosum.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100282314.13	4	25070578.53	83.21	<0.0001
Tratamiento	100282314.13	4	25070578.53	83.21	<0.0001
Error	21089337.82	70	301276.25		
Total	121371651.95	74			

Anexo 16 *Manejo del experimento.*

Fotografía 1. *Preparación de terreno*



Fotografía 2. *Siembra*



Fotografía 3. Germinación



Fotografía 4. Preparación del alga



Fotografía 5. Aplicación del alga



Fotografía 6. Etapa de floración



Fotografía 7. Identificaron de los tratamientos



Fotografía 8. Medición de los frutos



Fotografía 9. Cosecha



Fotografía 10. Obtención de biomasa



Anexo 18 *Croquis experimental.*

