



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN AGRICULTURA PROTEGIDA

**PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON
APLICACIÓN FOLIAR Y AL SUELO DE ALGAS MARINAS BAJO
CONDICIÓN DE CASA MALLA SOMBRA**

TESIS
QUE PRESENTA

STEFANY GUADALUPE ALONSO ÁLVAREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRA EN AGRICULTURA PROTEGIDA

DIRECTOR DE TESIS
DR. PATRICIO APÁEZ BARRIOS

ASESORES
Dr. Noe Armando Ávila Ramírez
Dr. Abimael López López



Apatzingán, Michoacán, México. Marzo 2026

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN AGRICULTURA PROTEGIDA

**PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON APLICACIÓN
FOLIAR Y AL SUELO DE ALGAS MARINAS BAJO CONDICIÓN DE CASA
MALLA SOMBRA**

TESIS QUE PRESENTA

STEFANY GUADALUPE ALONSO ÁLVAREZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:

MAESTRA EN AGRICULTURA PROTEGIDA

COMITÉ PARTICULAR

Director	_____
	Dr. Patricio Apáez Barrios

Asesor	_____
	Dr. Noe Armando Ávila Ramírez

Asesor	_____
	Dr. Abimael López López

Apatzingán, Michoacán, México. Marzo 2026

DEDICATORIAS

A mi madre Karina Esmeralda Álvarez Trejo por su apoyo incondicional, por siempre motivarme a seguir adelante y jamás rendirme, por enseñarme a ser fuerte y a tomar decisiones por mi cuenta.

A mi padre Abel Alonso Flores, por siempre brindarme su apoyo incondicional y motivarme a seguir superándome, por sus buenos consejos y jamás dejarme sola cuando lo necesito.

A mis tios y tias por darme todos sus consejos y estar conmigo en cada meta superada.

A mis hermanas y hermano, Karen, Karol y Abel, por siempre estar para mi apoyándome.

A mi abuelo J. Jesus Álvarez Alonso, que ya está en el cielo, por siempre motivarme a superarme en la vida, y darme todos sus buenos consejos.

A mi esposo Javier Cruz Razo, por apoyarme desde que empecé con la maestria y estar siempre para mi.

A mi bebé Eithan Javier, que me ha motivado a seguirle echando ganas a todo y a cumplir todo lo que me propongo.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias por prestarme sus aulas y su áreas de experimentacion para realizar mi proyecto de maestria.

A cada uno de mis maestros por brindarme su tiempo y atender mis dudas cada que los requería.

A mi coordinador de la maestría Dr. Patricio Apaez Barrios, por siempre estar apoyándome y ayudarme cuando lo requería.

Al director de la Facultad el Dr. Noe Armando Ávila Ramírez, por ayudarme con la terminación de mi tesis y por el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia del jitomate	4
Taxonomía	5
Descripción botánica	5
Sistema radicular	5
Tallo principal	6
Hoja	6
Flor	6
Fruto	7
Propiedades nutricionales	7
Requerimientos edafoclimáticos	8
Temperatura	8
Humedad relativa.....	8
Luminosidad	8
Suelo	9
Variedades de jitomates.....	9
Uso de algas marinas en la agricultura.....	10
Algas marinas.....	10
Antecedentes del uso de algas marinas.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Descripción del área de estudio.....	14
Metodología	14
Genotipo experimental	14
Producción de plántula	14
Casa malla sombra	15
Preparación del terreno	16
Trasplante de plántula	17
Riego y fertirrigación	17
Algas marinas que se utilizaron	18

Labores culturales.....	19
Tratamientos y diseño experimental	20
Variables de morfológicas	23
Variables de rendimiento.....	24
Variables de calidad.....	27
Análisis estadístico	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo.....	29
Variables morfológicas.....	30
Altura de la planta.....	30
Diámetro del tallo.....	31
Número de hojas.....	34
Variables de rendimiento.....	35
Número de frutos.....	35
Peso del fruto.....	37
Rendimiento de fruto.....	38
Diámetro polar y ecuatorial del fruto.....	39
Variables de calidad.....	41
Firmeza del fruto.....	41
Sólidos solubles.....	42
pH.....	44
Porcentaje de acidez titulable.....	44
CONCLUSIONES.....	47
LITERATURA CITADA	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
3.1	Concentración de la solución Steiner aplicada en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de jitomate.....	18
3.2	Plaguicidas, fertilizantes y bioestimulantes utilizados durante el ciclo del cultivo Tratamientos evaluados.....	20
3.3	Tratamientos evaluados.....	21
3.4	Diseño experimental en bloques completos al azar	22
4.1	Altura de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	30
4.2	Diámetro del tallo de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	32
4.3	Número de hojas de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
3.1	a) Desinfección de las charolas de unicel. b) Colocación de sustrato y semillas en las charolas. c) Charolas en el área de vivero.....	15
3.2	Área de casa malla sombra donde se estableció el cultivo....	15
3.3	a) Deshierbe del terreno. b y c) Barbecho y cruce del terreno para la descompactación del suelo y eliminación de terrones.	16
3.4	a) Elaboración de surcos. b) Aplicación de azufre y colocación de cintillas de riego. c) Acolchado de surcos	16
3.5	Desinfección de plántula y trasplante	17
3.6	Aplicación de las algas marinas con atomizadores y directas al suelo.....	21
3.7	Unidad experimental y parcela útil	22
3.8	Colocación de etiquetas de tratamientos	23
3.9	Medición de altura de la planta con flexómetro	23
3.10	Medición del diámetro de la planta con un vernier	24
3.11	Frutos que se cosecharon en el cultivo	25
3.12	Peso del fruto con báscula digital	25
3.13	Medición del diámetro polar y ecuatorial del fruto con vernier.	26
3.14	Peso de la materia seca con báscula digital	26
3.15	Medición de la firmeza del fruto con penetrómetro	27
3.16	Medición del jugo de jitomate con refractómetro	27
3.17	Medición de pH con un potenciométrico	28
3.18	Medición por titulación para medir la acidez de los jitomates..	28
4.1	Temperaturas y humedad relativa registradas durante el ciclo del cultivo.....	29
4.2	Número de frutos por planta en función de la aplicación foliar y al suelo de las algas marinas.....	36
4.3	Peso total de frutos en plantas de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas	37

4.4	Rendimiento de fruto en plantas de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas	38
4.5	Diámetro polar del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas	40
4.6	Diámetro ecuatorial del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas	41
4.7	Firmeza del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas	42
4.8	Sólidos solubles totales del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	43
4.9	pH del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	44
4.10	Acidez titulable del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.....	45

RESUMEN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza que se cultiva para consumo humano, ya sea en fresco o en la elaboración de alimentos. Sus frutos son fuente de sustancias antioxidantes como el licopeno y betacaroteno que mejoran la salud de las personas. De gran importancia en México, ya que se tiene un consumo per cápita de 20.2 kg. Para su cultivo se aplican cantidades importantes de productos químicos, principalmente para la nutrición con un impacto ambiental negativo, por lo que es necesario buscar alternativas de manejo que sean amigables con el ambiente y que se enfoquen en incrementar el rendimiento agrícola. El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción y calidad del fruto de la planta de jitomate con la aplicación foliar y al suelo de extractos de las algas marinas *Ecklonia máxima*, *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum vulgare*. Bajo condiciones de casa malla sombra se sembró jitomate de la variedad primus el 13 de diciembre del 2024 en Apatzingán, Mich., México. Los tratamientos consistieron en la aplicación individual de las algas marinas vía foliar y vía suelo, más el testigo sin aplicación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican que con la aplicación del alga marina *A. nodosum* vía foliar a los 14 días después del trasplante se obtuvo la mayor altura de 26.6 cm, y con la aplicación de *A. nodosum* vía suelo se lograron los mayores diámetros de tallo a los 14 y 33 días después del trasplante. Sin embargo, en las variables de rendimiento y calidad no se presentaron diferencias estadísticas, por lo que en las condiciones del presente estudio y a las dosis evaluadas la aplicación de algas marinas no incrementa la producción ni calidad del jitomate.

Palabras claves: Componentes del rendimiento, estrés térmico, variables morfológicas, vía de aplicación.

ABSTRACT

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a vegetable cultivated for human consumption, either fresh or in food processing. Its fruits are a source of antioxidants such as lycopene and beta-carotene, which improve human health. It is of great importance in Mexico, with a per capita consumption of 20.2 kg. Significant quantities of chemical products are applied to their cultivation, primarily for nutrition, with a negative environmental impact. Therefore, it is necessary to seek environmentally friendly management alternatives that focus on increasing agricultural yield. The objective of this study was to evaluate the production and fruit quality of the tomato plant with the foliar and soil application of extracts from the seaweeds *Ecklonia maxima*, *Ascophyllum nodosum*, and *Sargassum vulgare*. Tomatoes of the Primus variety were planted under shade netting conditions on December 13, 2024, in Apatzingán, Michoacán, Mexico. The treatment consisted of the individual application of seaweed via foliar and soil application, plus a control with no application. A randomized complete block design with four replications was used. The results indicate that applying seaweed *A. nodosum* via foliar spray 14 days after transplanting resulted in the greatest plant height (26.6 cm), while applying *A. nodosum* to the soil resulted in the largest stem diameters at 14 and 33 days after transplanting. However, no statistically significant differences were found in yield and quality variables. Therefore, under the conditions of this study and at the evaluated doses, seaweed application does not increase tomato production or quality.

Keywords: yield components, thermal stress, morphological variables, route of application.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) perteneciente a la familia de la Solanaceae, es un cultivo herbáceo anual, de origen centro y sudamericano, donde se cuenta con una amplia diversidad genética, con innumerables variedades con distinto aspecto, color, sabor y formas como los tipos riñón, cereza, ojo de venado (OV), chino criollo (CC), pera, bola y saladette. Además, presenta variabilidad en composición química, resistencia a plagas, enfermedades y adaptación a condiciones ambientales extremas (Pérez *et al.*, 2020).

En la actualidad se le considera como un cultivo cosmopolita, cuyos frutos son consumidos en fresco e industrializados. Además de una demanda que aumenta continuamente y, con ella su producción y comercialización. Es una hortaliza que tiene cada vez mayor relevancia nutricional en los tiempos modernos, ya que es fuente importante de sustancias antioxidantes (licopeno, betacaroteno) y vitaminas (A y C) (Torres, 2017). Esto lo hace ser una de las hortalizas más cultivadas y de gran valor económico a nivel mundial. En México el 70% de la superficie total cultivada en agricultura protegida es dedicada a este cultivo (Espinosa *et al.*, 2017), en este país su consumo per cápita es de 20.2 kg.

En la agricultura actual existe la necesidad constante de contar con productos que favorezcan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, que permitan aumentar los rendimientos y que, al mismo tiempo, sean de origen natural, biodegradables y no representen un riesgo para el ambiente (Reyes *et al.*, 2020). En este sentido, las algas marinas y los productos derivados de ellas se han utilizado en distintos países debido a los efectos positivos que pueden generar en el crecimiento y rendimiento de las plantas, además de ofrecer cierta protección frente a condiciones bióticas y abióticas.

Las algas marinas al contener nutrientes en su composición, pueden ser una alternativa para complementar la nutrición de las plantas y reducir los daños que los fertilizantes químicos ocasionan al ambiente (Hernández, 2013). Por ello, resulta importante evaluar el potencial de estos productos en condiciones locales, considerando su posible aportación a una agricultura más sostenible y con mejores

resultados productivos. En tomate bajo condiciones de campo se realizaron aplicaciones de extractos a base del alga marina *K. alvarezii* y se encontró que la aplicación a la concentración del 5 % aumento de manera significativa el rendimiento de la fruta del tomate y la calidad de la producción (Zodape *et al.*, 2011). Asimismo, Yao *et al.* (2020) en el cultivo de jitomate encontraron que la aplicación del extracto de algas marinas *Sargassum horneri* aumentó significativamente el rendimiento entre 4.6 a 6.9% en comparación con el control, efecto atribuido al aumento en la capacidad fotosintéticas.

Si bien se han documentado efectos positivos de la aplicación foliar de algas marinas en jitomate, la información generada bajo condiciones de agricultura protegida es aún escasa. Esto es relevante porque los sistemas protegidos modifican el microclima, la disponibilidad de agua, la dinámica de enfermedades y la eficiencia en el uso de nutrientes, por lo que las respuestas fisiológicas y productivas de las plantas pueden diferir de las observadas en campo abierto. A ello se suma que existen pocos estudios que comparen distintos tipos de algas aplicadas tanto al suelo como de manera foliar, a pesar de que cada especie de alga aporta concentraciones diferentes de micro y macronutrientes, así como hormonas y otros compuestos que pueden participar de manera específica en diversos procesos fisiológicos.

La vía de aplicación también puede influir de manera importante en la respuesta del cultivo. La aplicación al suelo suele estimular el desarrollo radicular y favorecer la absorción de nutrientes, mientras que la aplicación foliar se asocia con una mayor tolerancia a estreses climáticos o bióticos y con la activación de procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y la productividad. Este tipo de estudios son escasos en jitomate.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar y al suelo de extractos de las algas marinas *Ecklonia máxima*, *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum vulgare* sobre el crecimiento, la producción y la calidad del fruto de jitomate bajo condiciones de agricultura protegida.

Objetivos específicos

- Comparar el efecto de los tres extractos de algas aplicados por vía foliar en variables de crecimiento y producción del jitomate.
- Evaluar el efecto de los extractos aplicados al suelo sobre los componentes de calidad del fruto de jitomate.
- Identificar posibles diferencias entre las vías de aplicación (foliar vs. suelo) en la respuesta fisiológica y productiva del cultivo, considerando los tres tipos de algas marinas.

Hipótesis

La aplicación de algas marinas, vía foliar y al suelo, aumentan el crecimiento, el rendimiento y la calidad del jitomate bajo condiciones de agricultura protegida.

REVISION DE LITERATURA

Importancia del jitomate

El jitomate es una hortaliza mexicana de gran importancia mundial, que en la actualidad es considerada como la hortaliza número uno en exportación, la planta produce bayas, las cuales son utilizadas como un ingrediente básico en la cocina mexicana y también en otras partes del mundo. El uso del jitomate es inmenso: con el fruto se pueden preparar todo tipo de salsas rojas, caldos, diferentes guisos, también puede consumirse crudo ya sea en rebanadas, ensaladas y asado o cocido, etc., al jitomate se le conoce como el alma de la gastronomía mexicana (SADER, 2022).

El centro de domesticación del jitomate son los pueblos mesoamericanos, por eso en México se tiene una gran variedad tanto de tamaño como de colores y de sabores, algunos ejemplos son: redondo (bola), saladette o guajillo, pera, cereza o Cherry, además por su calidad se posiciona como una hortaliza líder mundial en exportación.

En el norte de México, se le conoce como tomate, mientras que en el centro y en el sur se le conoce como jitomate. Esto para que de alguna manera se logre diferenciar del tomate verde o tomate de cáscara, que en el norte lo conocen como tomatillo, por lo que allá no hay confusiones. Igualmente se utilizan mucho los vocablos tomate bola o tomate saladette, que hacen referencia a tipos de variedades (GOB, 2022).

El jitomate es de gran importancia económica y nutricional por ser fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, así como de minerales, principalmente de calcio, fósforo, potasio y sodio, asimismo, presenta niveles elevados de vitaminas como la A, B1, B2, y C. Además, de que cuenta con propiedades medicinales entre las que destacan las siguientes: antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante, desinflamatorio y remineralizante (GOB, 2022).

Taxonomía

- Reino: Plantae
- División: Angiospermas
- Clase: Dicotiledóneas
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: Solanum
- Especie: *S. lycopersicum*
- Nombre científico: *Solanum lycopersicum*
- Nombre común: Tomate, jitomate

(INFOAGRO, 2022).

Descripción botánica

Es una planta herbácea perenne que se maneja como cultivo anual para aprovechar sus frutos. El tallo es erecto, cilíndrico, de tonalidad verde y con pubescencia evidente; puede alcanzar entre 2 y 2.5 m de longitud y presentar un diámetro de 2 a 4 cm. Conforme avanza su desarrollo, el tallo tiende a inclinarse, adquiere una forma más angulosa, produce numerosas ramificaciones y forma yemas axilares. Tanto en el tallo como en las ramas y hojas se observan abundantes pelos glandulares que liberan una sustancia aromática de color verde cristalino (LIFEDER, 2023). Su hábito de crecimiento puede ser rastrero, semierecto o completamente erecto, y se distinguen variedades con crecimiento limitado (determinadas) y otras con crecimiento continuo (indeterminadas) (INFOAGRO, 2022).

Sistema radicular

El sistema radical está integrado por una raíz principal de desarrollo limitado y poco vigoroso, acompañada de numerosas raíces secundarias y adventicias. En corte transversal, la raíz primaria muestra externamente una epidermis provista de pelos absorbentes responsables de la toma de agua y nutrientes, seguida por el córtex y,

hacia el centro, el cilindro vascular donde se localiza el xilema y el conjunto de vasos encargados del transporte interno de nutrientes (INFOAGRO, 2022).

Tallo principal

El eje principal presenta un diámetro basal de 2 a 4 cm y constituye la estructura a partir de la cual emergen las hojas, las ramas secundarias de crecimiento simpoidal y las inflorescencias. Está conformado por una epidermis provista de pelos glandulares, seguida de la corteza o córtex, donde las células externas realizan función fotosintética mientras que las internas son colenquimáticas; además, incluye el cilindro vascular y el tejido medular. En la porción distal se localiza el meristemo apical, región en la que se originan los nuevos primordios foliares y florales (INFOAGRO, 2022).

Hoja

Los órganos foliares son compuestos e imparipinnados, formados por foliolos peciolados y lobulados, con margen dentado y una densa pubescencia glandular; se distribuyen de manera alterna a lo largo del tallo. El mesófilo, constituido por parénquima, está cubierto por una epidermis superior e inferior carente de cloroplastos, siendo la inferior la que concentra un mayor número de estomas. En el interior del parénquima, la región en empalizada destaca por su elevada concentración de cloroplastos. Los haces vasculares son especialmente notorios en el envés y se organizan alrededor de una nervadura principal bien definida (INFOAGRO, 2022).

Flor

Las flores son completas, de morfología regular e hipógina, con cinco o más sépalos y un número equivalente de pétalos amarillos dispuestos en espiral con ángulos cercanos a 135°. Presentan la misma cantidad de estambres, los cuales se encuentran soldados y alternados con los pétalos, formando un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario puede ser bi- o plurilocular. Las flores se organizan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasios), usualmente con 3 a 10 flores en las variedades comerciales que producen frutos de tamaño mediano a grande. Es común que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor,

dando origen a inflorescencias compuestas. La primera flor surge en la yema apical y las subsecuentes se distribuyen lateralmente por debajo de ella a lo largo del eje principal. Cada flor se une al eje floral mediante un pedicelo articulado que incluye la zona de abscisión, reconocible por un ligero engrosamiento y un surco producto del adelgazamiento del córtex. Las inflorescencias emergen en las axilas cada dos o tres hojas (INFOAGRO, 2022).

Fruto

Es un fruto clasificado como baya bi o plurilocular que puede alcanzar pesos de pocos mg a 600 g. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

El fruto puede cosecharse desprendiéndose en la zona de abscisión del pedicelo, característica apreciada en variedades destinadas a la industria, donde se evita que queden residuos del pecíolo. En otros casos, la separación ocurre en la región peduncular, justo en el punto de unión entre el pedúnculo y el fruto (INFOAGRO, 2022).

Propiedades nutricionales

El jitomate es un alimento de bajo aporte energético; dos piezas de tamaño mediano suministran solo 22 calorías. Cerca del 95 % de su peso corresponde a agua y alrededor del 4 % a hidratos de carbono. Se clasifica como fruta-hortaliza debido a su mayor contenido de azúcares simples en comparación con otras verduras, lo que le otorga un sabor ligeramente dulce. Destaca como una fuente relevante de minerales, especialmente potasio y magnesio, así como de vitaminas del complejo B, principalmente B1, B2 y B5, vitamina C y carotenoides como el licopeno, responsable de su color rojo característico. Tanto la vitamina C como el licopeno tienen la función de actuar como antioxidantes que contribuyen a la protección del organismo. Durante el verano, el jitomate representa una de las principales fuentes dietéticas de vitamina C (GOB, 2020).

Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura

La temperatura óptima para el crecimiento del jitomate está entre 20 y 30 °C durante el día y entre 14 y 17 °C por la noche; valores superiores a 35 °C pueden provocar aborto floral y afectar la fructificación, mientras que temperaturas por debajo de 12–15 °C pueden limitar el desarrollo vegetativo. La maduración del fruto también es altamente sensible a la temperatura, debido a que influye tanto en la precocidad como en la intensidad del color: condiciones cercanas a 10 °C o mayores a 30 °C favorecen la aparición de tonalidades amarillentas. Sin embargo, estos rangos deben interpretarse considerando la interacción de la temperatura con otros factores ambientales que determinan el comportamiento productivo del cultivo (FIELD, 2021).

Humedad relativa

Los niveles de humedad relativa más favorables para el cultivo se sitúan entre 60 y 80 %. Valores elevados conllevan a la aparición de enfermedades foliares, así como el agrietamiento del fruto y pueden interferir en la fecundación, ya que el polen tiende a compactarse y aumenta el riesgo de aborto floral. El rajado también puede presentarse cuando existe exceso de humedad en el suelo o se aplica un riego abundante después de un periodo de sequía. Por otro lado, una humedad relativa baja dificulta que el polen se adhiera al estigma. En condiciones de invernadero, la humedad suele incrementarse hasta 20 % por encima del ambiente exterior, por lo que es recomendable ventilar durante el día para mantener niveles adecuados (FIELD, 2021).

Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden repercutir negativamente en los procesos de la floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo es importante la interrelación entre la temperatura, diurna y la nocturna, así como la luminosidad. A mayor intensidad lumínica aumenta el crecimiento (FIELD, 2021).

Suelo

La planta de jitomate no es tan exigente en cuanto a suelos, pero se recomiendan suelos sueltos, con textura franco-arcillosa, que sean ricos en materia orgánica y con un buen drenaje. El pH del suelo debe estar entre 5.8 y 6.8, ya que estos valores favorecen la disponibilidad de nutrientes. El exceso de humedad del suelo puede producir follajes amarillos, aborto de flores y frutos, lo que pueden afectar el rendimiento, y es mayor la susceptibilidad a enfermedades del suelo (FIELD, 2021).

Variedades de jitomate

En México las variedades que más se cultivan son: tipo bola, Cherry, y Roma o Saladette (BAYER, 2018).

Jitomate tipo bola o Beef: presenta forma redonda, grande y muy carnosos. El diámetro promedio varía entre 54 a 90 mm

Jitomate Cherry: este es uno de los más conocidos y apreciados por su excelente textura y sabor. El fruto se caracteriza por tener alto el contenido de azúcar y los diámetros de los frutos fluctúan entre 20 a 35 mm. Su recolección generalmente se realiza uno a uno y en racimo (TOV Cherry). Los frutos son de color rojo o amarillo (INFOAGRONOMO, 2023).

Jitomate Roma o tipo Saladette: es un fruto alargado, con forma ligeramente ovalada que se asemeja a un guaje (leguminosa nativa de México), por lo que en algunas regiones le nombran jitomate guajillo. El fruto con pulpa abundante, con un ligero sabor dulce, y es menos carnosos que el tipo bola, por lo que es apropiado para utilizarlo como ingrediente en la cocina, además que es una fuente importante de potasio, magnesio, y vitaminas B1, B2, B5 y C.

Es preferido por los productores debido a que es práctico tanto en el campo como para la comercialización, pues se trata de un fruto lo suficientemente fuerte y firme

para resistir el daño que podría sufrir durante el transporte a través de largas distancias, y esta característica le confiere una larga vida de anaquel.

Una ventaja más de este tipo de jitomate es que no necesita grandes cantidades de agua ni un sistema de riego constante y los excesos de agua pueden ocasionar el desarrollo de enfermedades generadas por hongos (BAYER, 2018).

Uso de algas marinas en la agricultura

Algas marinas

Las algas son organismos fotosintéticos de estructura sencilla que habitan en medios acuáticos y en zonas con alta humedad. Se incluyen dentro del reino Protista y se consideran autótrofos por su capacidad para sintetizar sus propios compuestos orgánicos. En la actualidad, las algas marinas y sus extractos se emplean como mejoradores del suelo y bioestimulantes, ya que contribuyen a incrementar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Su uso creciente las convierte en alternativas para disminuir la dependencia a los insumos químicos y emigrar hacia sistemas agrícolas más sustentables (Cárdenas *et al.*, 2015).

El empleo de algas como fuente nutritiva para las plantas ofrece ventajas importantes, ya que liberan el nitrógeno de manera más gradual que los fertilizantes convencionales y aportan de forma natural diversos microelementos. Además de suministrar macro y micronutrientes, estos organismos proveen aminoácidos, vitaminas y fitohormonas que favorecen el desarrollo vegetal. Las algas marinas también funcionan como acondicionadoras del suelo, mejoran la retención de humedad y, gracias a su riqueza mineral, representan una fuente eficaz de elementos traza y un fertilizante de alto valor agronómico (Cárdenas *et al.*, 2015).

Los efectos positivos que se pueden lograr con el uso de los extractos de algas dependen la mayoría de las veces del efecto sinérgico de la acción de todos los componentes. Estos efectos se logran con concentraciones bajas de los extractos, principalmente en proporciones de 1:1000. Estos efectos, también van a depender de

la forma en que sean aplicados estos extractos, se pueden suministrar directamente al suelo, mediante aspersión foliar, por peletización a las semillas, tratamiento postcosecha o por la combinación de algunos de ellos, siendo la combinación del tratamiento del suelo y la aspersión foliar el modo de aplicación más utilizado.

Entre los efectos de las algas y sus extractos, se encuentran; la estimulación de la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas y la floración y el de retrasar la senescencia. Además, estimulan el crecimiento de las raíces, adelantan la maduración de los frutos, aumentan la tolerancia de las plantas a estrés abiótico como la salinidad, sequía, altas temperaturas y heladas y poseen efectos fortificantes. Las algas, también actúan en los procesos que desencadenan los mecanismos de defensa e inmunidad de las plantas, disminuyen la infestación por nemátodos y aumentan la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas; asimismo, le confieren a la planta resistencia al ataque de ácaros, pulgones, araña roja, mosca blanca, áfidos y nemátodos (INCA, 2020).

Antecedentes del uso algas marinas

Algunos estudios sobre el uso de algas marinas aplicadas a los cultivos agrícolas para aumentar su producción se presentan a continuación:

Altindal (2019) realizó estudios para determinar el efecto de la aplicación de algas marinas en la germinación de semillas y algunos parámetros de crecimiento en trigo (*Triticum vulgare*), encontró que la aplicación de extractos de algas mejora de manera significativa la germinación y el vigor inicial de las plantas incluso en ambientes con alta salinidad. Los extractos contribuyeron a mantener una mayor viabilidad de la semilla, a incrementar la energía germinativa y favorecer el desarrollo radicular temprano, lo que se atribuye a la presencia de compuestos bioactivos como fitohormonas, aminoácidos y osmoprotectores naturales. Estos resultados evidencian el potencial de las algas marinas para fortalecer la tolerancia de los cultivos frente a

condiciones adversas y justifican el uso creciente de extractos de algas marinas como bioestimulantes en la agricultura moderna.

Mientras que Ramírez *et al.* (2020) en dos variedades de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*): var. Rosie y var. Florida cultivadas en macetas en condiciones de vivero, realizaron aplicaciones foliares (20 mL) y a la raíz (50 mL) de extractos de algas marinas. Encontraron que la aplicación foliar a la variedad Rosie tuvieron efectos significativos en el incremento de la longitud de la raíz, el número de brotes y el número de hojas. Mientras que para la variedad florida los tratamientos aumentaron la longitud total de la planta y número de brotes. Para la aplicación a la raíz encontraron que los extractos generan efectos positivos sobre la longitud total y la longitud del tallo para la variedad Rosie y para la variedad florida aumentó la longitud de la raíz, el número de hojas y el diámetro de la flor.

Asimismo, en arroz (*Oryza sativa* L.) se realizaron aplicaciones de las algas marinas *Ascophyllum nodosum* al suelo a los 25 y 40 días después de la siembra, a las dosis de 7.27, 9.09, 10.91 y 12.73 kg ha⁻¹, más el testigo sin aplicación. Se encontró que a la dosis de 10.91 kg ha⁻¹ a los 45 dds se obtuvieron los mayores incrementos en la altura de la planta, el número de grano por panícula, el porcentaje de granos llenos/vanos; en el peso de mil granos y el mayor rendimiento de granos (Meza *et al.*, 2022).

Por otro lado, Sarmiento *et al.* (2019) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) realizaron aplicaciones de humus de lombriz a dosis de 4, 8 y 12 t ha⁻¹ y aplicaciones de algas marinas a dosis de 2 y 4 L ha⁻¹ además de combinaciones de estas. Se encontró que con la combinación de humus de lombriz y alga marina a dosis de 8 t ha⁻¹ y 2 L ha⁻¹, se logró el mayor rendimiento. Sin embargo, la más alta rentabilidad se consiguió con la aplicación de la combinación de humus de lombriz a la dosis de 4 t ha⁻¹ y algas marinas a 2 L ha⁻¹.

Shah *et al.* (2013) en el cultivo de trigo realizaron aplicaciones foliares de extractos de las algas marinas *Kappaphycus alvarezii* y *Gracilaria edulis*, a diferentes dosis: 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0%, para determinar el efecto en el crecimiento y la respuesta en el

rendimiento agronómico. Encontraron que el suministro de ambos tipos de algas incrementó significativamente el rendimiento del grano en 19.7 % y 13.2 % con la aplicación a las dosis de 7.5 y 5.0 %. También aumentó el número de espigas, el peso y la longitud, así como el peso de 100 semillas. Con la aplicación de *K. alvarezii* aumentó la concentración de nutrimentos como el potasio en los granos en más de 7.9 % y azufre más de 31.8 % y con *G. edulis* se incrementó la concentración de nitrógeno en 5.7 % y de magnesio en 37.5 %.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicada en la región de Apatzingán de la Constitución, en Michoacán de Ocampo. En las coordenadas de 19° 05' 00" de Latitud Norte y 102° 22' 17" de Longitud Oeste, a 314 m de altitud. El clima es cálido seco, la precipitación promedio anual es de 762.8 mm; con temporada de lluvias en la estación de verano (CONAGUA, 2021).

Metodología

Genotipo experimental

Para cumplir los objetivos que se plantearon en este trabajo, se utilizó la variedad de jitomate Primus, que presenta las siguientes características: frutos de forma ovalada, posee pulpa muy firme y pocas semillas.

Producción de plántula

La producción de la plántula se realizó en el vivero de la Facultad. Se inició con la siembra de las semillas en charolas de unicel de 240 cavidades, antes de utilizarlas se desinfectaron (Figura 3.1a). Después se colocó sustrato y se depositaron dos semillas por cavidad (Figura 3.1b), se cubrieron con una pequeña capa de sustrato para que fuera más fácil de emerger, las charolas se colocaron en un área bajo malla sombra y se realizó el riego diario por la mañana de acuerdo con las necesidades hídricas (Figura 3.1 c).



Figura 3.1. a) Desinfección de las charolas de unicel. b) Colocación de sustrato y semillas en las charolas. c) Charolas en el área de vivero.

Casa malla sombra

El cultivo se estableció en una estructura casa sombra tipo túnel con cubierta malla sombra al 50 %, el techo y laterales cubierto con malla antiáfida de 25 x 40 hilos por pulgada cuadrada, colocada de oriente a poniente, con una superficie de 200 m², 10 m de frente por 20 m de fondo, es una estructura rústica con altura de 7 m al cenit y 5 m a la canaleta (Figura 3.2).



Figura 3.2. Área de casa malla sombra donde se estableció el cultivo.

Preparación del terreno

Se realizó un deshierbe del terreno, un barbecho, un rastreo y un cruce para la eliminación de terrones y compactaciones del suelo, para favorecer la aireación del suelo y el drenaje. Después se formaron camas a las cuales se les colocó una cintilla para el riego y se acolchó para evitar el crecimiento de malezas (Figura 3.3 y 3.4).



Figura 3.3. a) Deshierbe del terreno. b y c) Barbecho y paso de rastra con motocultor para la descompactación del suelo y eliminación de terrones.



Figura 3.4. a) Elaboración de surcos. b) Aplicación de azufre y colocación de cintillas de riego. c) acolchado de surcos.

Trasplante de plántula

El día 13 de diciembre se llevó a cabo el trasplante de plántula, primero se sumergieron las charolas con las plántulas en una solución con minecto (200 Tiametoxam+200 Cyantraniliprole) 2 g 1000 plantas, uniform (321.71 Azoxystrobin + 123.69 Metalaxil-M) 2 mL 1000 plantas y tórax (250 Tiametoxam) 0.5 mL L⁻¹ agua. Esto se realizó con la finalidad de eliminar hongos o bacterias que dañaran las plántulas. El trasplante se hizo por la mañana colocando una plántula cada 40 cm de distancia (Figura 3.5).



Figura 3.5. Desinfección de plántula y trasplante.

Riego y fertirrigación

El sistema de riego estuvo integrado por cuatro rotoplas de 2,500 L para el suministro solo de agua y para el fertirriego se ocupó un rotoplas de 450 L. También, dentro del sistema de riego se tuvo una bomba de 3 HP; la línea primaria de conducción fue de 2" hasta llegar a la casa sombra, en donde se distribuyó el flujo de agua con mangueras secundarias de 0.5", se colocaron cintillas de riego.

La nutrición se le proporcionó a la planta a través del sistema de riego con la solución nutritiva Steiner. La concentración varió en función del desarrollo del cultivo de acuerdo con el siguiente Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Concentración de la Solución nutritiva Steiner aplicada en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de jitomate.

Etapas de desarrollo	Solución Steiner	NO₃⁻	SO₄²⁻	H₂PO₄⁻	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺
				-----	me L ⁻¹	-----	
Trasplante	50%	6.0	3.5	0.50	3.5	4.5	2.0
Crecimiento vegetativo	75%	9.0	5.25	0.75	5.25	6.75	3.0
Floración y amarre	100%	12.0	7.0	1.0	7.0	9.0	4.0
Maduración y cosecha	125%	15.0	8.75	1.25	8.75	11.25	5.0
Cosecha	150%	18.0	12.25	1.75	12.25	15.75	7.0

Algas marinas que se utilizaron

Ecklonia máxima. Obtenido por extracción física, indicado como promotor del crecimiento. Estas algas, crecen en condiciones medio ambientales extremas, son ricas en compuestos como fitohormonas naturales, polisacáridos, vitaminas y minerales. La integridad de estos compuestos está garantizada por un particular proceso físico de extracción. La relación Auxinas/Citoquininas aportadas por el alga, ayudan al desarrollo de nuevas raíces y el crecimiento de yemas laterales. Con la consiguiente producción endógena de citoquininas, se llegan a obtener frutos de mejor calidad, con mayores calibres y más homogéneos. Incrementa la resistencia de la planta frente a estreses climáticos como la sequía y las temperaturas extremas. Se recomienda el uso de estas desde las primeras fases del ciclo del cultivo, como estimulante de los procesos fisiológicos de la planta (Terralia, 2024).

Ascophyllum nodosum. Los extractos de *A. nodosum* son utilizados como bioestimulantes, pues estimulan a la planta a producir sus propias hormonas, y

contribuyen en la absorción y translocación de nutrientes presentes en el suelo. Tiene beneficios como el aumento del crecimiento de la planta, rápida germinación de las semillas, retraso de la senescencia, aumento en la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas, adaptación a condiciones de estrés, entre otros. Los ingredientes activos que contiene son: betaínas, manitol, ácido algínico, polifenoles, fucanos y laminarina. Beneficios y efectos sobre el suelo (INTAGRI, 2021).

Sargassum vulgare. Esta harina contiene diversos porcentajes de materiales inorgánicos y carbohidratos de interés nutricional, como sodio, potasio, calcio, magnesio, trazas de cobre, hierro, zinc, ácido graso omega 3 y altas concentraciones de vitamina C y retinol. Su aplicación en especies hortícolas ha permitido incrementar la floración y fructificación, obteniendo cosechas abundantes y sanas (LIFEDER, 2023).

Labores culturales

Durante el ciclo del cultivo se hicieron aplicaciones preventivas de productos contra plagas y enfermedades. También se realizaron aplicaciones de enraizadores, fertilizantes orgánicos y algunos micronutrientes para complementar la nutrición a las plantas y el fruto de jitomate (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Plaguicidas, fertilizantes y bioestimulantes utilizados durante el ciclo del cultivo.

Plaguicidas		Fertilizantes y bioestimulantes	
Ingrediente activo	Dosis	Ingrediente activo	Dosis
Abacmetina y Tiametoxam	1 mL L ⁻¹	Aminoácidos y péptidos	1 mL L ⁻¹
Tiabendazol	0.5 g L ⁻¹	Ácidos húmicos y orgánicos	0.2 g L ⁻¹
Fenpropatrín	1 mL L ⁻¹	Micronutrientes	2 g L ⁻¹
Tiofanato metílico	1 g L ⁻¹	Calcio + boro	3 mL L ⁻¹
Azoxistrobina	1 mL L ⁻¹	Zinc + boro + molibdeno	1.5 mL L ⁻¹
Sulfato de Gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina	1 g L ⁻¹	Aminoácidos	1 mL L ⁻¹
Flupiradifurona	1.5 mL L ⁻¹	Calcio	0.5 mL L ⁻¹
Difenoconazol y cyprodinil	1.5 mL L ⁻¹	Micros en forma de quelates	1 mL L ⁻¹

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en la aplicación de tres algas marinas: *E. maxima*, *A. nodosum* y *S. vulgare*, cada una fue administrada por vía foliar y directamente al suelo (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Tratamientos evaluados.

Tratamientos	Algas marinas	Vía	Simbología
1	<i>Ecklonia máxima</i> (E)	Foliar (F)	E-F
2		Suelo (S)	E-S
3	<i>Ascophyllum nodosum</i> (A)	Foliar	A-F
4		Suelo	A-S
5	<i>Sargassum vulgare</i> (S)	Foliar	S-F
6		Suelo	S-S
7	Testigo		Sin aplicación

Las aplicaciones foliares de las algas marinas se hicieron a la dosis de 2.0 L ha⁻¹ y las que fueron administradas vía suelo se suministraron a 10 L ha⁻¹. Se realizaron cuatro aplicaciones de cada tratamiento con intervalos entre aplicaciones de 10 días. El testigo absoluto fue sin aplicación (Figura 3.6).



Figura 3.6. Aplicación de las algas marinas con atomizadores y directas al suelo.

Los tratamientos se distribuyeron en casa malla sombra en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, se obtuvieron 28 unidades experimentales. Cada unidad experimental contó con nueve plantas. La parcela útil se integró por tres plantas de la parte central de cada unidad experimental (Cuadro 3.4 y Figura 3.7 y 3.8).

Cuadro 3.4. Diseño experimental en bloques completos al azar.

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1, R1	T2, R2	T3, R3	T6, R4
T7, R1	T5, R2	T4, R3	T1, R4
T3, R1	T4, R2	T1, R3	T7, R4
T6, R1	T7, R2	T5, R3	T4, R4
T4, R1	T6, R2	T2, R3	T3, R4
T2, R1	T1, R2	T6, R3	T5, R4
T5, R1	T3, R2	T7, R3	T2, R4

T1	<i>Ecklonia maxima</i> vía foliar	T5	<i>Sargassum vulgare</i> vía suelo
T2	<i>Ecklonia maxima</i> vía suelo	T6	<i>Sargassum vulgare</i> vía foliar
T3	<i>Ascophyllum nodosum</i> vía foliar	T7	Testigo sin aplicación
T4	<i>Ascophyllum nodosum</i> vía suelo		

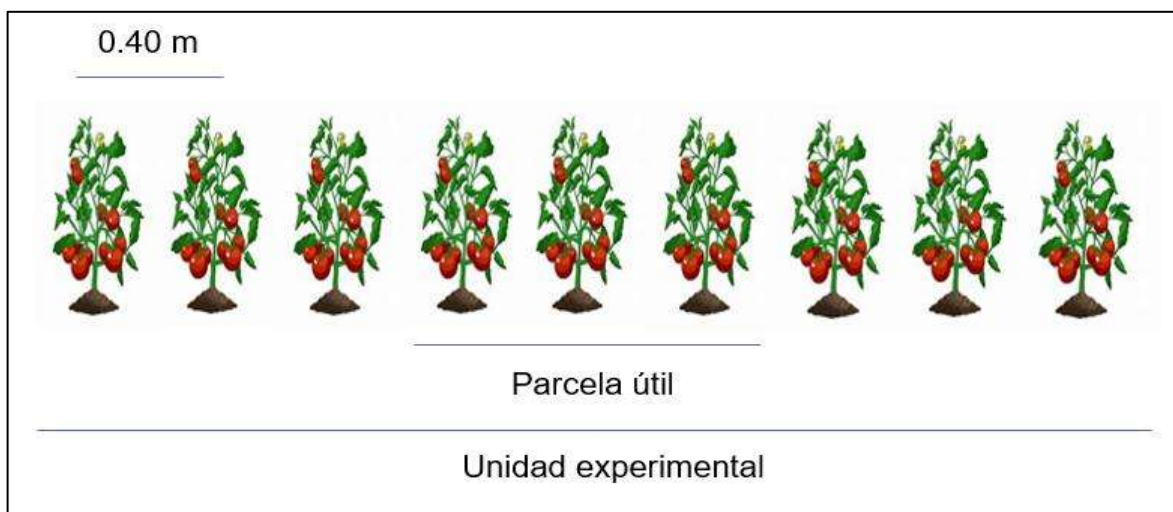


Figura 3.7. Unidad experimental y parcela útil.



Figura 3.8. Colocación de etiquetas de tratamientos.

Variables morfológicas

Para conocer el crecimiento de la planta en función del tiempo y de los tratamientos aplicados durante el ciclo del cultivo se midieron variables morfológicas, después de los 26 días del trasplante, estas variables fueron:

La altura de la planta. Con un flexómetro se registró la altura de la planta desde la base del tallo hasta el ápice. Se realizó cada siete días (Figura 3.9).



Figura 3.9. Medición de altura de la planta con flexómetro.

El diámetro del tallo. Con un vernier se midió el diámetro del tallo a una altura de 3 cm por encima del cuello del tallo. Se realizó a intervalos de siete días (Figura 3.10).



Figura 3.10. Medición de diámetro de la planta con un vernier.

El número de hojas. Se realizó el conteo manual cada siete días del número de hojas por planta.

Variables de rendimiento

A la madurez de cosecha se realizaron los cortes del fruto cada 7 días y se determinó el número de frutos por planta y el rendimiento de frutos en $t\ ha^{-1}$ (Figura 3.11).



Figura 3.11. Frutos que se cosecharon en el cultivo.

El peso del fruto. Se pesaron los frutos en una báscula digital (Figura 3.12).



Figura 3.12. Peso de fruto con bascula digital.

Diámetro polar y ecuatorial. Se midió con un calibrador vernier o pie de rey, para medir el diámetro se colocó el fruto de jitomate en posición vertical y se midió la distancia entre los puntos más alejados en sentido vertical. Para el diámetro ecuatorial

se colocó el jitomate en posición horizontal y se midió la distancia entre los puntos más alejados en sentido horizontal (Figura 3.13).

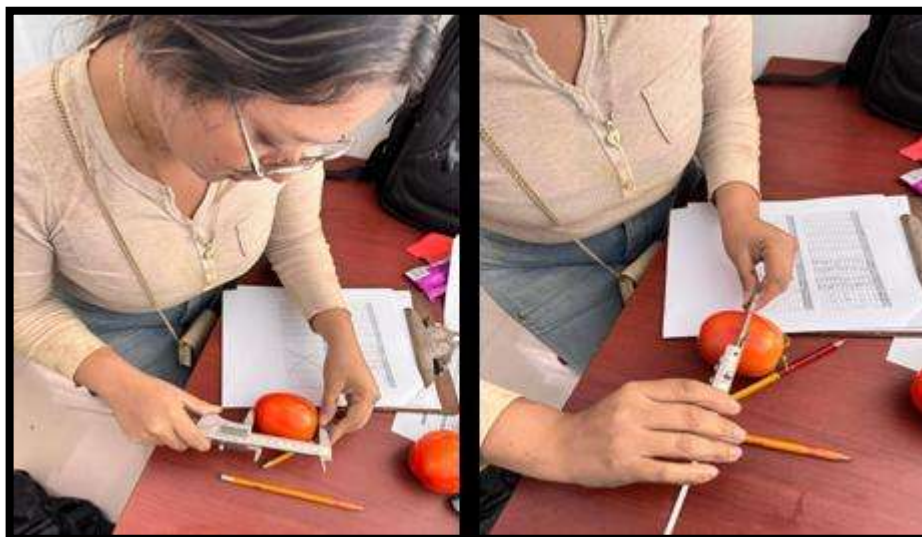


Figura 3.13. Medición de diámetro polar y ecuatorial del fruto con vernier.

Materia seca. Para determinar esta variable se tomó una planta de cada unidad experimental, la cual se secó a temperatura ambiente. La cuantificación del peso seco se obtuvo en una báscula digital (Figura 3.14).



Figura 3.14. Peso de la materia seca con bascula digital.

Variables de calidad

Firmeza del fruto. En cinco frutos por unidad experimental se midió la firmeza con un penetrómetro, que registra la resistencia a la penetración, el puntal utilizado fue de 8 mm de diámetro (Figura 3.15).

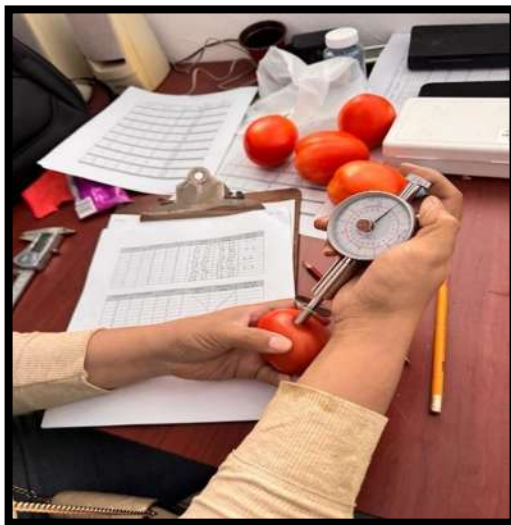


Figura 3.15. Medición de firmeza de fruto con penetrómetro.

Sólidos solubles. También en una muestra formada por cinco frutos por unidad experimental se midió el contenido de sólidos solubles con un refractómetro, los datos se expresaron en °Brix (Figura 3.16).



Figura 3.16. Medición de sólidos solubles en jugo de jitomate con un refractómetro.

pH. Con el mismo jugo preparado de cinco frutos por unidad experimental se midió el pH en un potenciométrico (Figura 3.17).



Figura 3.17. Medición del pH del jugo de jitomate con un potenciométrico.

Acidez. Se realizó por titulación, para medir el cambio en el potencial eléctrico y determinar la cantidad de ácido presente (Figura 3.18).



Figura 3.18. Medición por titulación para medir la acidez de los jitomates.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada una de las variables de respuesta de las plantas sometidas a los tratamientos se les aplicó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad de error con el paquete estadístico SAS versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo

Durante el ciclo del cultivo de jitomate se registraron desde el trasplante (13 de diciembre del 2024), hasta el retiro del cultivo (18 de abril del 2025), temperaturas máximas de 34 a 43 °C, está última en el mes de abril, que fue cuando se realizaron las últimas cosechas del cultivo. Mientras que las temperaturas mínimas más bajas fueron de 14.9 °C, que se presentaron el mes de diciembre poco después del trasplante. La humedad relativa máximas fue de 95.2 % en el mes de enero y la mínima fue de 18.14 % en abril (Figura 4.1).

De acuerdo con el ICAMEX (2024) el cultivo de jitomate requiere de temperaturas máximas de 30 °C y mínimas de 8° C; humedad relativa máxima del 70 % y mínima del 50 %, por lo cual las que se registraron durante el ciclo del cultivo del jitomate en esta investigación difieren con las óptimas, lo cual pudo limitar la respuesta productiva del cultivo.

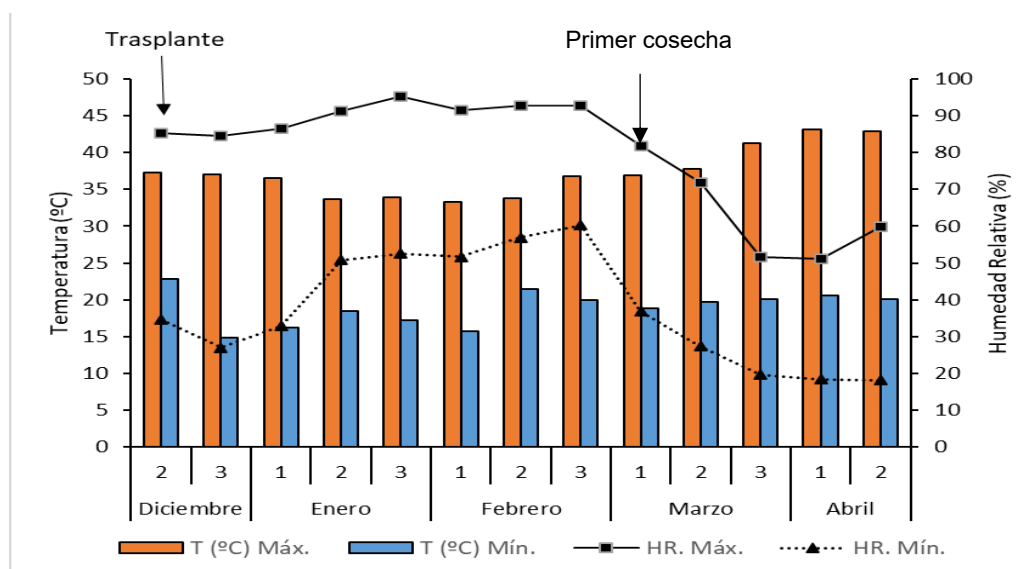


Figura 4.1. Temperaturas y humedad relativa registradas durante el ciclo del cultivo.

Variables morfológicas

Altura de la planta

La altura de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas, presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) a los 14 días después del trasplante, y fueron las plantas con el suministro de *A. nodosum* vía foliar las que resultaron con el valor más alto de altura con 26.6 cm, mientras que con el tratamiento de *E. máxima* vía suelo resultaron las plantas con la menor altura (20.3 cm). En las demás fechas no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas a causa de los tratamientos (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Altura de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

	14	26	33	43	54	65
Tratamientos	Días después del trasplante					
	----- cm -----					
EM-VF	26 ab [¶]	54.2 a	76.1 a	95.7 a	116.8 a	134.6 a
EM-VS	20.3 b	53.1 a	72.3 a	91.7 a	113.3 a	125.9 a
AN-VF	26.6 a	53.8 a	71.2 a	94.8 a	119.7 a	139.3 a
AN-VS	23.8 ab	55.3 a	75.1 a	98.2 a	119.4 a	138.6 a
SV-VF	24.7 ab	56.7 a	76.6 a	98.6 a	127.1 a	137 a
SV-VS	20.8 ab	51.7 a	69.7 a	93.1 a	113.2 a	136.6 a
Testigo	21.8 ab	52.1 a	67 a	91.8 a	106.8 a	120.1 a
Media general	23.4	53.9	72.6	94.8	116.6	133.1
Prob. F	**	NS	NS	NS	NS	NS
DMSH _{0.05}	5.9	8.0	11.1	18.3	28.7	23.6
C.V %	10.9	6.4	6.5	8.3	10.5	7.6

[¶]= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.01$, NS= no significativo. DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. C. V = Coeficiente de variación. EM= *Ecklonia maxima*, AN= *Ascophyllum nodosum*, SV= *Sargassum vulgare*, VF= Vía foliar, VS= Vía suelo.

Los resultados obtenidos con respecto a la altura de la planta tuvieron un comportamiento similar con lo reportado por Sariñana *et al.* (2021) en las plántulas de jitomate, en donde aplicaron extracto hidroalcohólico del alga marina *Sargassum* spp. Encontraron que la aplicación de *Sargassum* spp. a dosis de 1.5 % aumentó la altura en 8.67 % respecto a las plantas sin aplicación.

De manera similar Uribe *et al.* (2018) en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) encontraron diferencias significativas en la altura de la planta con la aplicación de la harina de *S. vulgare*, a dosis de 3, 6 y 9 g. Obtuvieron que a la dosis de 9 g las plantas lograron la mayor altura, alcanzando una elongación de 34.6 cm.

Mientras que Huez *et al.* (2021) en el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) encontraron diferencias significativas en la altura de la planta con la aplicación al suelo de tres distintos extractos de *A. nodosum* a la dosis de 1.0 L ha⁻¹, con las cuales aumentó la altura de la planta y obtuvieron alturas de 65.3 cm.

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo de las plantas de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) a los 14 y 33 días después del trasplante. Las plantas de jitomate con el tratamiento de *A. nodosum* vía suelo, presentaron los mayores diámetros de 4.2 y 10.4 mm a los 14 y 33 días después del trasplante, respectivamente, que superaron estadísticamente a los diámetros de los otros tratamientos y representaron incrementos respecto a las plantas del testigo (sin aplicación) de 40 y 32 %, que registraron diámetros de 3.0 y 7.9 mm en los mismos periodos (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Diámetro del tallo de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

	14	26	33	43	54	65
Tratamientos	Días después del trasplante					
	----- mm -----					
EM-VF	3.6 ab [¶]	7.2 a	8.0 b	10.6 a	12.3 a	12.8 a
EM-VS	3.9 ab	7.1 a	7.9 b	10.6 a	11.9 a	12.5 a
AN-VF	3.6 ab	6.9 a	8.1 b	10.5 a	12.9 a	14.1 a
AN-VS	4.2 a	8.1 a	10.4 a	12.2 a	13.4 a	14.4 a
SV-VF	3.6 ab	7.4 a	8.3 b	10.4 a	11.9 a	12.8 a
SV-VS	3.7 ab	7.6 a	8.9 ab	11.2 a	12.1 a	13.1 a
Testigo	3.0 b	7.0 a	7.8 b	11.0 a	12.2 a	13.8 a
Media general	3.6	7.3	8.5	10.9	12.4	13.4
Prob. F	**	NS	**	NS	NS	NS
DMSH _{0.05}	0.9	1.4	2.1	3.1	3.0	2.8
C.V %	10.8	8.1	10.4	12.2	10.4	8.9

[¶]= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.01$, NS= no significativo. DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. C.V = Coeficiente de variación. EM= *Ecklonia maxima*, AN= *Ascophyllum nodosum*, SV= *Sargassum vulgare*, VF= Vía foliar, VS= Vía suelo.

Estos resultados pueden ser atribuidos a que las algas marinas principalmente *A. nodosum* contienen mezclas complejas de compuestos bioactivos (auxinas, citoquininas, giberelinas, betaínas, ácidos orgánicos, polisacáridos y fenoles) que son capaces de modular las vías de señalización asociadas a ácido salicílico, auxinas y citoquininas, lo que provoca una mayor división y expansión celular en tejidos meristemáticos y también un crecimiento más vigoroso de la parte aérea (Olaetxea *et al.*, 2024).

En etapas tempranas del cultivo, la respuesta positiva a la aplicación de extractos de algas marinas también se ha observado en otros estudios, como el de Sariñana *et al.* (2021) quienes detectaron diferencias significativas en las en el diámetro de las plántulas de tomate con la aplicación de extractos hidroalcohólicos de la alga marina *Sargassum* spp. a dosis de 1.5%, con aumentos del 32.3 % en el diámetro del tallo con respecto a las plántulas del testigo (sin aplicación), lo que indica que las algas marinas pueden aumentar el diámetro del tallo.

En fechas posteriores a los 33 días, a pesar de que con *A. nodosum* se presentaron los mayores valores en los diámetros del tallo, sin embargo, estos no representaron incrementos significativos respecto a las plantas sin aplicación. El hecho de que en las evaluaciones posteriores el tratamiento con extracto de *A. nodosum* siguiera mostrando valores medios mayores de diámetro de tallo, pero sin diferencias estadísticas, puede explicarse por una combinación de factores fisiológicos y estadísticos. Por un lado, los bioestimulantes de algas suelen actuar como inductores de arranque, lo que generan una respuesta positiva en fases juveniles, pero conforme la planta entra a etapas reproductivas redistribuye fotoasimilados hacia floración, cuajado y llenado de fruto, de modo que el crecimiento del tallo tiende a estabilizarse y las diferencias iniciales se mantienen, pero no se amplifican (Sujeeth *et al.*, 2022). Por otro lado, al avanzar el ciclo del cultivo aumenta la variabilidad natural entre plantas (diferencias en carga de fruto, microambiente, competencia y arquitectura de copa), lo que incrementa la varianza experimental y reduce la potencia estadística para detectar diferencias, aun cuando las medias del tratamiento con algas se mantengan por encima del testigo. Este comportamiento ya ha sido documentado en otros cultivos ornamentales y hortícolas tratados con extractos de *A. nodosum*, donde se observan mejoras iniciales en crecimiento o en parámetros morfológicos (incluida la dinámica del diámetro de tallo) que posteriormente se expresan sólo como tendencias no significativas, asociadas más a una mejor estabilidad hídrica y funcional de la planta que a un crecimiento diferencial sostenido (De Clercq *et al.*, 2023).

Número de hojas

El número de hojas de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas no mostraron cambios estadísticos significativos, ya que solo se registraron diferencias numéricas en las medias de los tratamientos durante el ciclo del cultivo (Cuadro 6).

De manera general se observa que las plantas a los 14 días después del trasplante (ddt) presentaron un número de hojas promedio por planta de 55.1, a los 26 ddt fue de 117.3, mientras que a los 33 ddt se registró un promedio de 488.4 hojas por planta. Estos resultados difieren con lo encontrado por Terry *et al.* (2024) quienes en el cultivo de maíz detectaron modificaciones estadísticas significativas en esta variable, con incrementos respecto a las plantas del testigo de 12 % con la aplicación foliar del alga marina *Sargassum vulgare* a la dosis de 5 mg ha⁻¹, lo cual puede ser atribuido a las diferentes dosis utilizadas y variación en respuesta entre cultivos.

Cuadro 4.3. Número de hojas de la planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

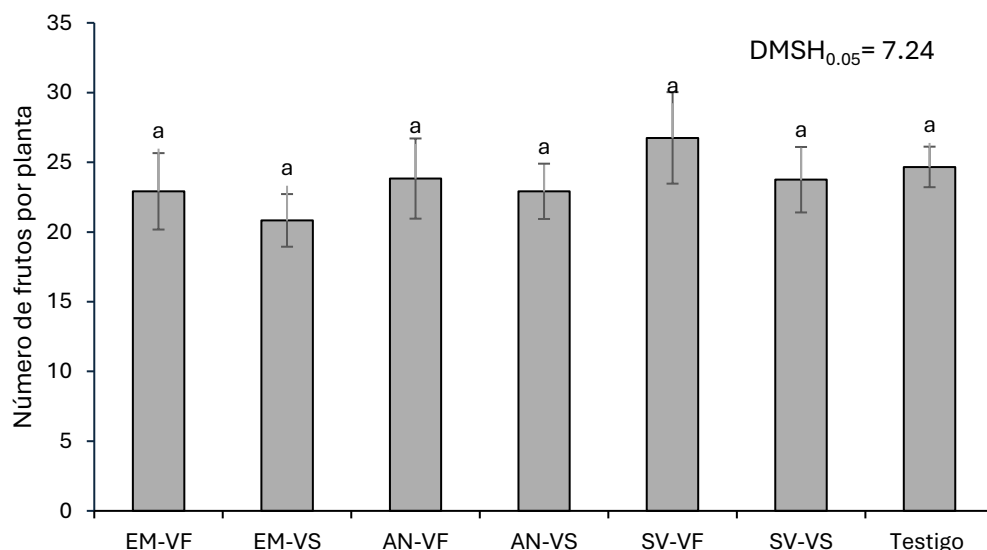
	14	26	33
Tratamientos	Días después del trasplante		
EM-VF	52.3 a [¶]	108.4 a	542.2 a
EM-VS	52.7 a	106.6 a	473.4 a
AN-VF	57.4 a	114.1 a	473.1 a
AN-VS	59.9 a	131.2 a	513.8 a
SV-VF	56.7 a	128.5 a	561.3 a
SV-VS	55.4 a	122.3 a	406.8 a
Testigo	51.0 a	109.9 a	448.2 a
Media general	55.1	117.3	488.4
Prob. F	NS	NS	NS
DMSH _{0.05}	12.5	27.3	160.6
C.V %	9.7	9.9	14.1

[¶]= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). NS= no significativo. DMSH_{0.05}=diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. C.V = Coeficiente de variación. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum* SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Variables de rendimiento

Número de frutos

El número de frutos por planta no presentó diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) a causa de la aplicación de los tratamientos (Figura 4.2).



DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.2. Número de frutos por planta en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

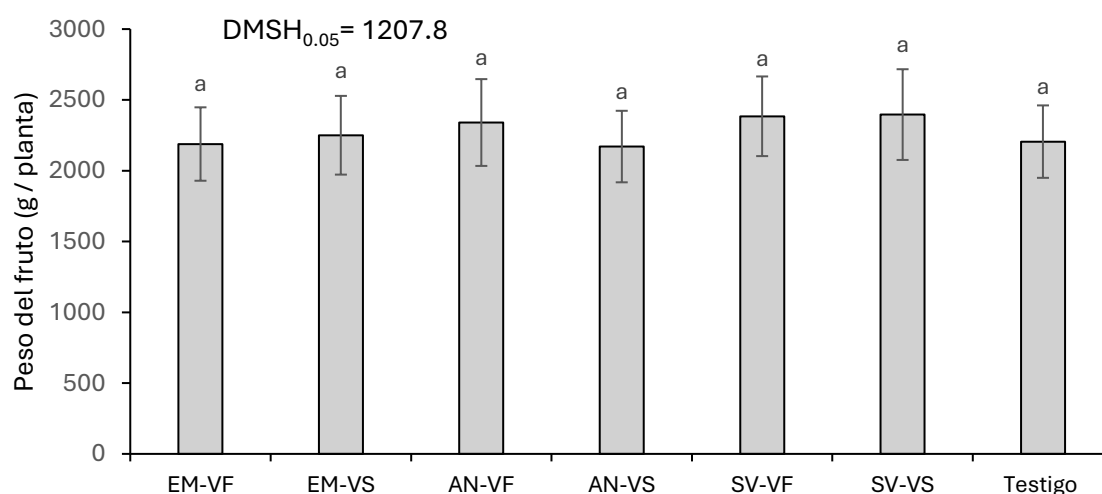
Numéricamente el número de frutos por planta de jitomate varió de 20.8 a 26.8, por lo que esta variable no resultó afectada por el suministro de las distintas especies de algas marinas en ninguna de las vías de aplicación evaluadas, esto difieren con lo encontrado por Salazar *et al.* (2022) en el cultivo de pimiento que bajo condiciones de invernadero encontraron que el número de frutos por planta aumentó con la aplicación del extracto de *A. nodosum*, suministrada a la dosis de 1 L ha⁻¹. En el estudio de Salazar *et al.* (2022) las temperaturas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo fueron de 21.1 a 29.6 °C y humedades relativas de 50.5 – 75.3 % que fueron más adecuadas para este cultivo, que las que se presentaron en nuestro estudio, con temperaturas máximas que llegaron a superar los 40 °C, lo que pudo limitar el efecto de las algas marinas en el número de frutos por planta.

Este mismo autor, Salazar *et al.* (2022) en el cultivo de pepino con aplicaciones de un extracto líquido de *A. nodosum* a la dosis de 1.0 L ha⁻¹ encontraron incrementos significativos del 21 % en el número de frutos por planta, al registrarse 28.9 frutos en comparación a los demás tratamientos que obtuvieron 23.77 frutos y al igual que en

pimiento también durante el ciclo del cultivo se presentaron temperaturas promedio de 29.6 °C dentro del invernadero, lo que pudo favorecer la asimilación de los tratamientos sin problemas de estrés causado por el clima.

Peso del fruto

El peso total de frutos por planta no fue modificado por la aplicación de los tratamientos de algas marinas como se puede observar en la Figura 4.3.



DMSH_{0.05}=diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error. EM= *Ecklonia maxima*, AN= *Ascophyllum nodosum*, SV= *Sargassum vulgare*, VF= Vía foliar, VS= Vía suelo.

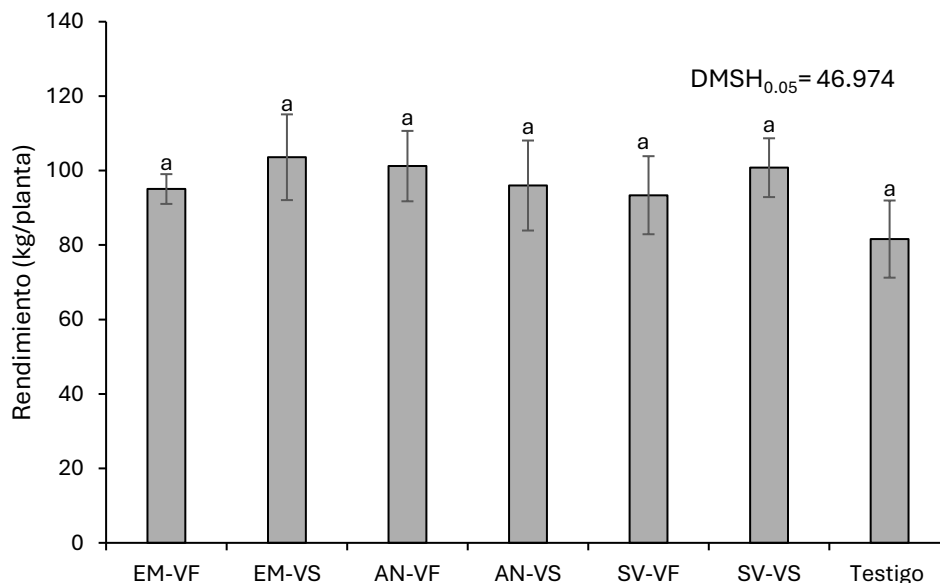
Figura 4.3. Peso total de frutos en planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

De acuerdo con los resultados del presente estudio se observaron similitudes en respuesta con Mazuela *et al.* (2012) quienes evaluaron la aplicación de un bioestimulante a base de *S. vulgare*, a la dosis de 0.46 mL por planta, en dos variedades de tomate Cherry y obtuvieron que no hubo diferencias significativas en el peso del fruto con la aplicación de dicho producto. Resultado que ellos atribuyeron a la disminución del potencial hídrico, ya que la planta tuvo dificultad en absorber agua y por ende las algas marinas. Obteniendo resultados similares a los de este

experimento ya que se presentó una disminución de potencial hídrico debido a las altas temperaturas que se presentaron dentro de la casa malla sombra.

Rendimiento de fruto

El rendimiento de fruto (kg/planta) por planta de jitomate no presentó diferencias significativas con la aplicación foliar y al suelo de algas marinas (Figura 4.4).



DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.4 Rendimiento de frutos (kg/planta) en planta de jitomate en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Al respecto Zermeño *et al.* (2015) en el cultivo de vid encontraron resultados similares a los obtenidos en esta investigación. Ya que tampoco obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento con la aplicación de extractos de *Sargassum* spp., a dosis de 1 L ha⁻¹. Presentando 9.09 kg con la aplicación del producto y a los que no se les aplicó tuvieron 10.32 kg, lo que resulta en una diferencia del 13.5 %. Esto se debió a que a las que no se les aplicó el extracto tuvieron una mayor retención de agua y mayor efecto en el contenido de clorofilas de las hojas y por consiguiente en el rendimiento de los frutos.

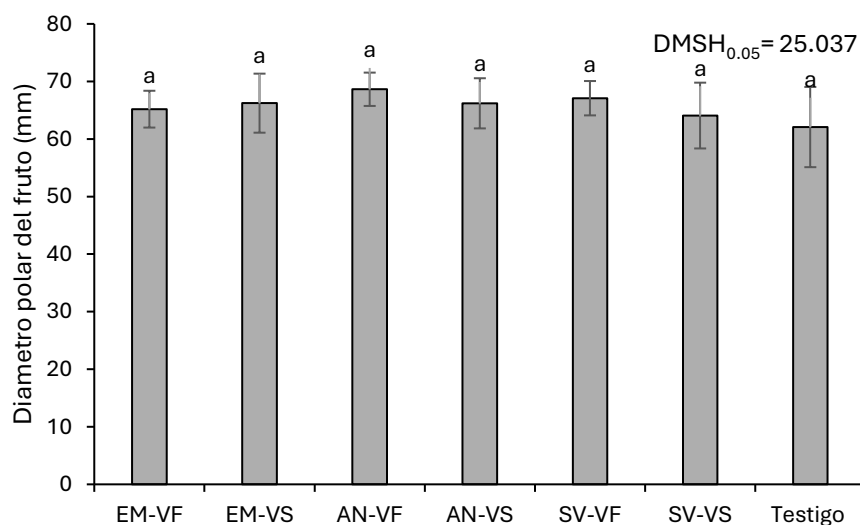
Los datos obtenidos respecto al rendimiento también fueron similares a los de Legua *et al.* (2023) en el cultivo de rábano con las aplicaciones de extractos de *Ascophyllum nodosum* a las dosis de 0, 2, 3, 4, 5 L / 200 L agua. Obtuvieron que conforme iban aumentando las dosis se incrementaba el rendimiento, aunque tampoco obtuvieron diferencias significativas respecto al tratamiento testigo. Este efecto se podría explicar por el aporte de nutrientes del fertilizante líquido de las algas marinas, que suplementó la concentración en nutrientes al fertilizante inicial.

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren con lo encontrado por Salazar *et al.* (2022) en el cultivo de pepino bajo invernadero con temperaturas promedio 29.6 °C, en donde encontraron incrementos significativos en el rendimiento de frutos con la aplicación foliar de un extracto líquido de *A. nodosum* a la dosis de 1 L ha⁻¹, tratamiento con el que obtuvieron rendimientos de hasta 238.7 t ha⁻¹ a diferencia del testigo que solo se registró 193.7 t ha⁻¹.

Asimismo, Zermeño *et al.* (2015) en el cultivo de vid encontraron incrementos significativos en el rendimiento de frutos con la aplicación foliar y al suelo de extracto del alga marina *Sargassum* spp. a dosis de 1 L ha⁻¹, con los cuales aumentaron en 13.9 % el valor del rendimiento, que lo atribuyeron a una mayor tasa de asimilación de CO₂ en la plantación en donde se aplicó el biofertilizante.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto

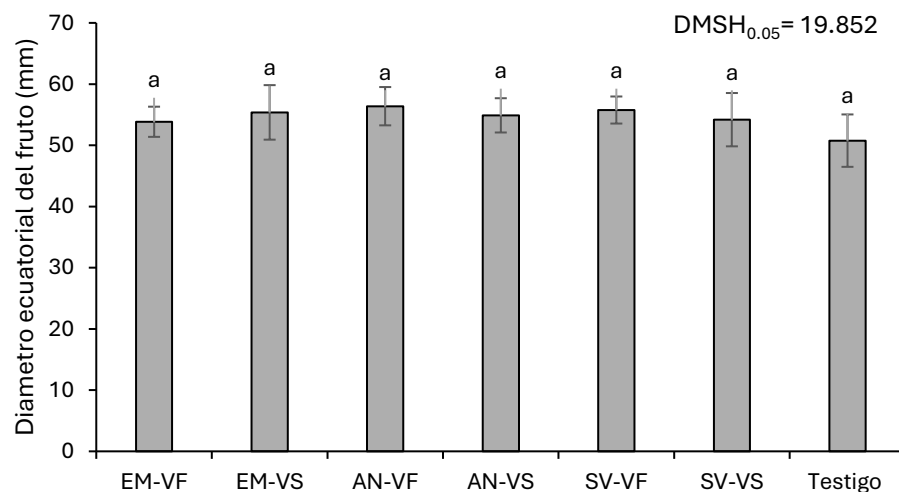
El diámetro polar y ecuatorial de los frutos de jitomate no presentaron diferencias estadísticamente significativas a causa de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas (Figura 4.5 y 4.6).



DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.5. Diámetro polar del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Resultados que son similares a los encontrados por Mazuela *et al.* (2012) en el cultivo de tomate cherry, quienes evaluaron un bioestimulante a base de *Sargassum* spp., que fue suministrado a la dosis de 0.46 mL, en dos variedades de tomate y tampoco encontraron modificaciones significativas en el diámetro de frutos, ya que se obtuvieron resultados de 25.4 mm en las plantas testigo y en las plantas con la aplicación del extracto fueron de 26.7 mm, valores similares. Resultado que ellos atribuyeron a la disminución del potencial hídrico y dificultad en la absorción de agua y por consiguiente también reducción en el aprovechamiento del extracto de las algas marinas.



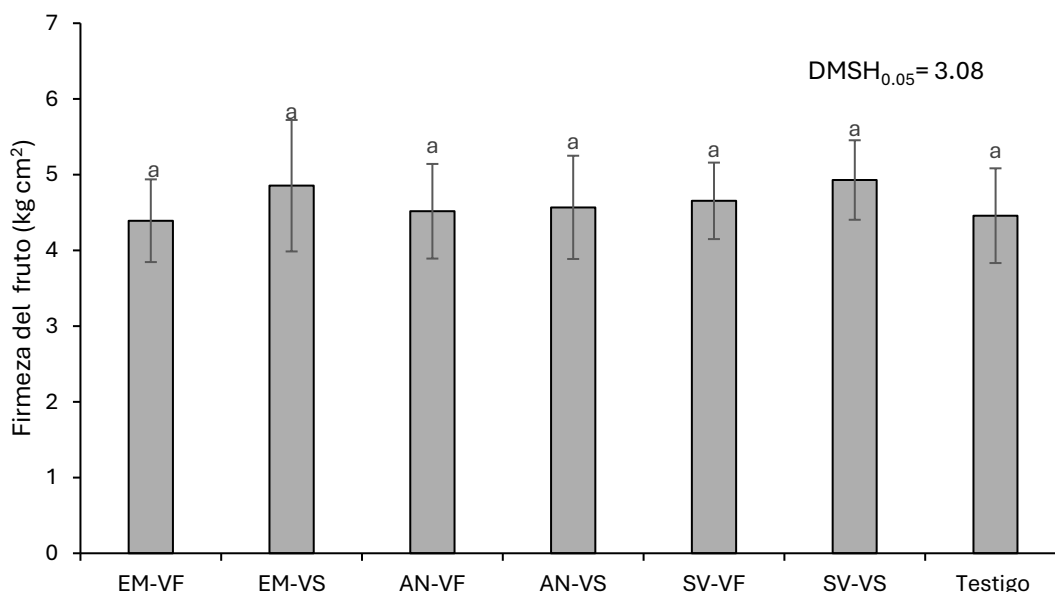
DMSH_{0.05}=diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error. EM= *Ecklonia maxima*, AN= *Ascophyllum nodosum*, SV= *Sargassum vulgare*, VF= Vía foliar, VS= Vía suelo.

Figura 4.6. Diámetro ecuatorial del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Variables de calidad

Firmeza del fruto

La firmeza del fruto no presentó diferencias estadísticas significativas, solo se muestran diferencias numéricas (Figura 4.7).



DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.7. Firmeza del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

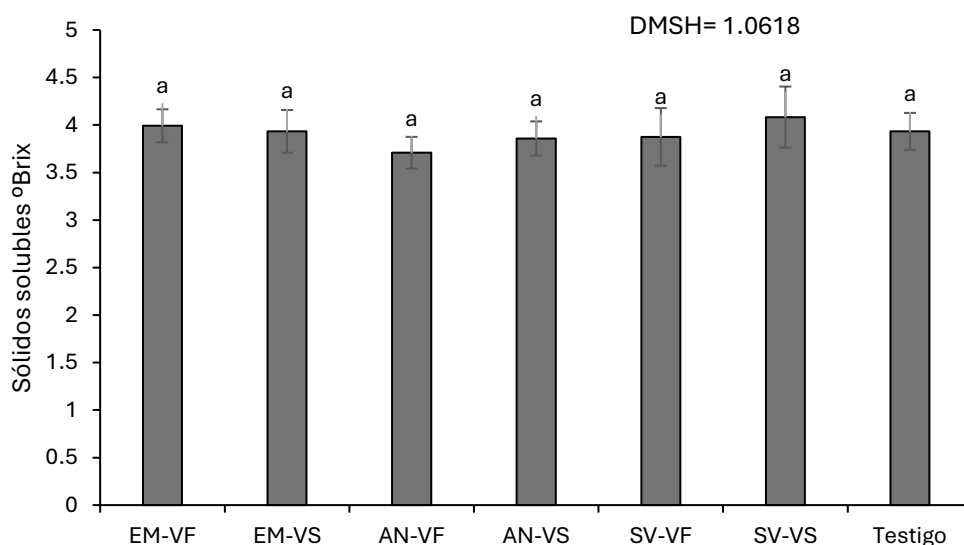
Respuesta similar a la del presente estudio encontraron Mazuela *et al.* (2012) en el cultivo de tomate Cherry, quienes aplicaron un bioestimulantes a base de *Sargassum* spp. a la dosis de 0.46 mL por planta y no encontraron incrementos significativos con la aplicación de este. Ya que obtuvieron resultados en firmeza de frutos de 2.09 kg cm⁻¹ en los frutos de las plantas con el bioestimulante y sin la aplicación de este 2.06.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles totales no presentaron diferencias significativas en los frutos de jitomate con la aplicación de los tratamientos (Figura 4.8).

Los resultados obtenidos en el presente estudio respecto a los sólidos solubles totales de jitomate tuvieron un comportamiento diferente a los que encontraron Banu *et al.* (2018) en el cultivo de tomate, ya que ellos obtuvieron aumentos significativos en los sólidos solubles totales con la aplicación de un gel a base de extractos *Kappaphycus alvarezii* al 3 %. De acuerdo con estos autores, los sólidos solubles totales dependen

de gran manera de la etapa de madurez, que generalmente aumentan durante el proceso de maduración debido a la hidrólisis de polisacáridos para mantener la tasa de respiración, sin embargo, la aplicación exógena de algas marinas no modifica la velocidad de acumulación de este parámetro.



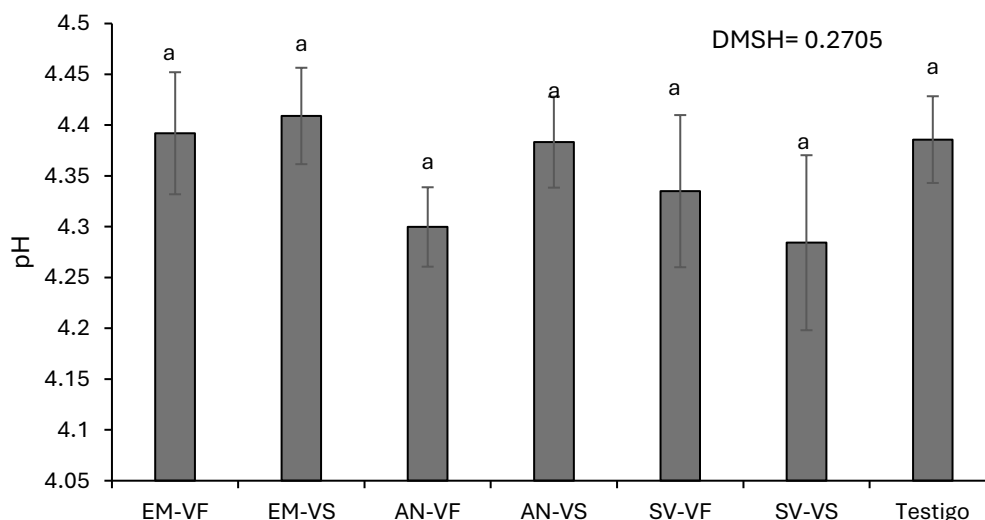
DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.8. Sólidos solubles totales del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Zermeño *et al.*, (2015) en el cultivo de vid no encontraron diferencias significativas en los sólidos solubles obtenidos con la aplicación de extractos de algas marinas *Sargassum* spp. aplicadas al suelo y foliar a dosis de 1 L ha⁻¹. Datos similares a los obtenidos en el presente trabajo, lo que indica que es probable que no todas las especies de plantas respondan de manera positiva al suministro de algas marinas.

pH

El pH del fruto de jitomate no presentó diferencias significativas con la aplicación de las algas marinas suministradas vía foliar y al suelo (Figura 4.9). De acuerdo con Mendoza *et al.* (2018) el pH del jitomate cosechados antes de la maduración no logra realizar los procesos bioquímicos que ayudan a que los ácidos orgánicos se transformen en otros compuestos que determinan el sabor y el olor de los frutos, lo que puede explicar en parte la falta de respuesta de los extractos de algas marinas en este parámetro de calidad en el presente estudio.

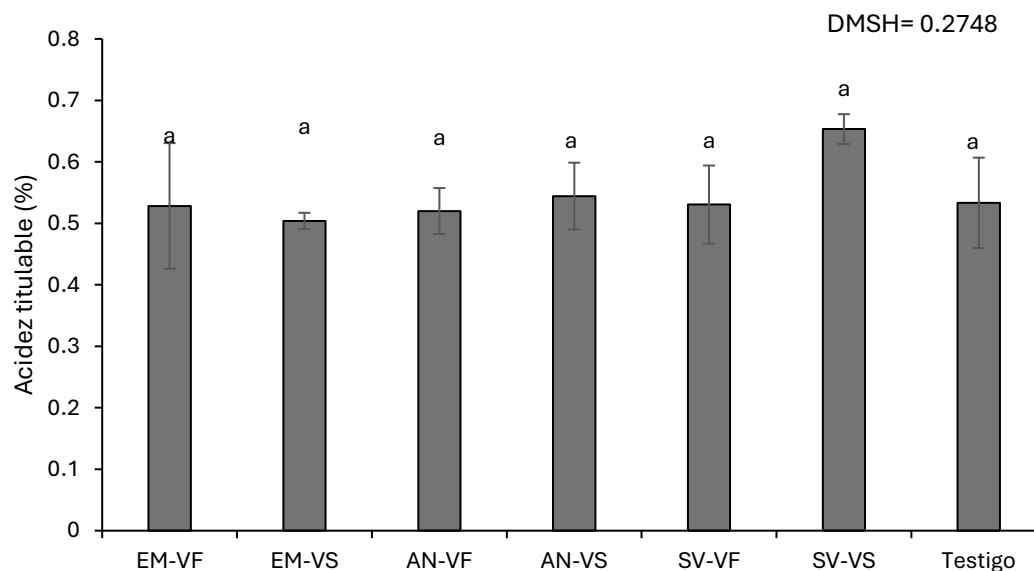


DMSH_{0.05}=diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error. EM= *Ecklonia maxima*, AN= *Ascophyllum nodosum*, SV= *Sargassum vulgare*, VF= Vía foliar, VS= Vía suelo.

Figura 4.9. pH del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Porcentaje de acidez titulable

El porcentaje de acidez titulable del fruto de jitomate no presentó diferencias significativas con la aplicación de los tratamientos (Figura 4.10).



DMSH_{0.05} = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. EM = *Ecklonia maxima*, AN = *Ascophyllum nodosum*, SV = *Sargassum vulgare*, VF = Vía foliar, VS = Vía suelo.

Figura 4.10. Acidez titulable del fruto en función de la aplicación foliar y al suelo de algas marinas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los obtenidos por Banu *et al.* (2018) en el cultivo de tomate, ya que ellos encontraron que el porcentaje de acidez titulable se incrementó a causa de la aplicación de un gel de extractos de algas marinas *Kappaphycus alvarezii* al 3 %, ya que el gel ayudo a reducir la respiración de los frutos y se retrasa la utilización de los ácidos.

En el presente estudio las variables de firmeza, pH, solidos solubles y acidez no mostraron diferencias significativas, esto posiblemente se deba a las altas temperaturas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo (43 °C), ya que de acuerdo con Hernández (2017) las altas temperaturas afectan la fisiología y morfología de los frutos de jitomate. Además, las altas temperaturas si se asocian con alta radiación solar que pueden provocar no solo alteraciones del color, sino que también las propiedades organolépticas, ya que ocurren cambios en el contenido de

solidos solubles (°Brix) y la acidez. Además, la temperatura puede tener una alta o baja influencia en la calidad nutricional.

En las variables de rendimiento y calidad como peso de frutos, número de frutos, diámetros polar y ecuatorial, y firmeza no se obtuvieron diferencias significativas por la dosis aplicadas de las algas marinas, ya que comparando con otros trabajos en donde se obtuvieron diferencias significativas requerían de dosis más altas, otro factor causal pudieron ser las altas temperaturas registradas durante el ciclo del cultivo, ya que para el cultivo de jitomate se requiere de temperaturas optimas de 20 a 30 °C. De acuerdo con Chaves y Gutiérrez (2017), las temperaturas altas llegan a reducir el vigor de la planta, limitar el tamaño y el peso de los frutos, lo que pudo afectar los rendimientos y en el sitio de estudio las temperaturas máximas llegaron a superar los 40 °C en ciertos periodos del cultivo, que posiblemente limitó la absorción nutrimental por cualquiera de las vías de aplicación evaluadas.

Es posible que dosis más altas en las condiciones del presente estudio sean más afectivas para mejorar la respuesta productiva del jitomate a la aplicación de algas marinas.

CONCLUSIÓN

Las plantas de jitomate bajo condiciones de casa malla sombra solo mejoraron la altura de la altura y el diámetro del tallo con el suministro foliar y al suelo de las algas *Ascophyllum nodosum* pero solo en las primeras etapas de crecimiento.

Sin embargo, para las variables de calidad y rendimiento no se encontraron mejoras con el suministro de las algas marinas en ninguna de las vías de aplicación.

Bajo las condiciones de estudio no se recomienda el uso de algas marinas en las dosis evaluadas.

LITERATURA CITADA

- Altindal, D. 2019. Effects of seaweed extract (SE) applications on seed germination characteristics of wheat in salinity conditions. *International Journal of Agriculture. Forestry and Life Sciences*, 3(1): 115-120.
- Banu, A. T., Ramani, P. S. and Murugan, A. 2018. Effect of seaweed coating on quality characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Food Science and Human Wellness*, 9: 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2020.03.002>
- BAYER. 2018. Los tres principales tipos de jitomate en México. <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/los-tres-principales-tipos-de-tomate-en-mexico-y-sus-diferencias.html>. (consultado en febrero 2024).
- Cárdenas, P. J. O. López, R. B. R., Meléndez. A. A. I., Munguía. L. J. P., Ramírez. R. H. y Zermeño. G. A. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(SPE12): 2437-2446.
- Chaves, N. F. y Gutiérrez, S. M. V. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1): 255-271. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- CONAGUA. 2021. Temperatura y precipitación de Apatzingán. [en línea]: <https://smn.conagua.gob.mx>. (Consultado en febrero 2024).
- De Clercq, P., Pauwels, E., Top, S., Steppe, K. and Van Labeke, M. C. 2023. Effect of seaweed-based biostimulants on growth and development of *Hydrangea paniculata* under continuous or periodic drought stress. *Horticulturae*, 9(4), 509.
- Espinosa, P. B., Moreno, R.A., Cano, R. P., Alvarez, R. V., Sáenz, M. J., Sánchez, G. H. y González, R. G. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras del

- crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) CV. Afroditá en invernadero. *Terra latinoamericana*, 35(2): 169-178.
- FIELD. 2021. Requerimientos edafoclimáticos del jitomate. [en línea]: <https://elfield.com.mx/blog/requerimientos-edafoclimaticos-del-tomate>. (Consultado en febrero del 2024).
- GOB. 2020. Propiedades nutrimentales del jitomate. [en línea]: <https://www.gob.mx/profeco/articulos/jitomate-versatil-y-nutritivo.state=published>. (consultado en febrero del 2024).
- Hernández, H. R. M. 2013. Efecto de extractos de algas marinas como promotores de crecimiento e inductores de resistencia en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 71 p.
- Hernández. P. V. 2017. Respuesta de tomate a condicionantes abióticos y mitigación de su efecto mediante estrategias agronómicas. *Técnicas avanzadas en investigación y desarrollo agrario y alimentario*. Pág. 51-55.
- Huez, L. M. A., López, E. J., Jiménez, L. J. y Barrales, H. S. M. 2021. Aplicación de soluciones de extractos de algas marinas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo riego por goteo: crecimiento, calidad y rendimiento. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(2): 2099-2104. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-043>
- ICAMEX. 2024. Temperaturas adecuadas para el cultivo de jitomate. [en línea]: <https://icamex.edomex.gob.mx/jitomate>. (consultado septiembre del 2025).
- INCA. 2020. Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. [en línea]: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>.
- INFOAGRO. 2022. Taxonomía del jitomate. [en línea]: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i_.asp. (consultado en junio del 2024).

- INFOAGRONOMO. 2023. El cultivo de tomate. [en línea]: <https://infoagronomo.net/>. (consultado en junio del 2024).
- INTAGRI. 2021. Composición química de *Ascophyllum nodosum*. [en línea]: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-de-extractos-de-ascophyllum-nodosum>. (consultado en febrero 2024).
- Legua, C. J. A., Vélez, C. D. J, Campos, D. A. H. y Vélez. C. Y. J. 2023. Efectos del biol industrial complementado con algas marinas sobre el rendimiento del cultivo rábano (*Raphanus sativus* L.). *ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(20): 442-452. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.227>
- LIFEDER. 2023. Composición química de *Sargassum vulgare*. [en línea]: <https://www.lifeder.com/sargazo/>. (Consultado en febrero 2024).
- Mazuela, A. P., Cepeda, B. y Cubillos, V. 2012. Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum® sobre la producción y calidad en tomate Cherry. *IDESIA*, 30(3): 77-81. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000300010>
- Mendoza, P. C., Ramírez, A. C., Martínez, R. A., Rubiños, P. J. E., Trejo, C. y Vargas, O. A. G. 2018. Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2): 355-366. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1077>
- Meza, A. J. J. and Almeida, V. A. C. 2022. Effect of marine algae as fertilizer for rice cultivation (*Oryza sativa* L.) in Babahoyo, Ecuador. *Revista científica ecológica agropecuaria*, 2(1): 6-12. <https://doi.org/10.53591/recoa.v1i2.320>
- Olaetxea, M., Garnica, M., Erro, J., Sanz, J., Monreal, G., Zamarreño, A. M. and García-Mina, J. M. 2024. The plant growth-promoting effect of an *Ascophyllum nodosum* (L.) extract derives from the interaction of its components and involves salicylic-, auxin-and cytokinin-signaling pathways. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1): 190.

- Pérez, D. F., Arévalo, G. M. L., Pérez, F. L. J., Lobato, O. R. y Ramírez, G. M. E. 2020. Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1): 89-99. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.89>
- Reyes, P. J. J., Rivero, H. M., García, B. E. L., Beltrán, M. F. A. y Ruiz, E. F. H. 2020. Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 22(3): 156-163. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1338>
- SADER. 2022. Importancia del jitomate a nivel mundial. [en línea]: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial>. (consultado en julio del 2024).
- Salazar, S. W., Monge, P. J. E. y Loria, C. M. 2022. Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annuum*). *UNED*. 14(2): 149-161. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v14i1.4299>
- Salazar, S. W., Monge, P. J. E. y Loria, C. M. 2022. Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26: 177-189. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.24>
- Sariñana, A. O., Benavides, M. A., Juárez, M. A., Robledo, O. A., Rodríguez, J. R. M., Preciado, R. P. y González, M. S. 2021. Efecto de extractos de *Sargassum spp.* en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistema y recursos agropecuarios*, 8(2): 15. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2814>
- Sarmiento, S. G. J., Pino, C. D., Mena, C. L. M., Medina, D. H. D. and Lipa, M. L. M. 2019. Application of vermicompost and seaweed in the watermelon crop (*Citrullus lanatus* Thumb) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria*, 10(3): 363-368. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

- Shah, M. T., Zodape, S. T., Ram, D. C., Eswaran, K. and Chikara, J. 2013. Seaweed Sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 36: 192-200. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886>
- Sujeeth, N., Petrov, V., Guinan, K. J., Rasul, F., O'Sullivan, J. T., and Gechev, T. S. 2022. Current insights into the molecular mode of action of seaweed-based biostimulants and the sustainability of seaweeds as raw material resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(14): 7654.
- Terralia, 2024. Ingrediente activo de *Ecklonia máxima*. [en línea]: https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales. (Consultado en febrero 2024).
- Terry, A. E., Ruiz, P. J., Reyes, G. Y. and Morales, M. H. 2024. Seaweed increased growth and yield on maize crop (*Zea mays* L.). *Avances*, 26(4): 1562-3297.
- Torres, P. A. 2017. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Instituto de Desarrollo Agropecuario. 12: 112 p.
- Uribe, O. M. E., Mateo, C. L. E., Mendoza, G. C., Amora, L. E. F., González, M. D. y Duran, H. D. 2018. Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *IDESIA*, 36(3): 69-76. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202>
- Velasco, R. A., Velasco, R. A. P., Hernández, H. R. M., García, C. F. M. and Maldonado, V. M. M. 2020. Effect of liquid seaweed extract on potted growth of *Eustoma glandiflorum* (Raf shiners). *Tropical and subtropical agroecosystems*, 23(2): 11.
- Yao. Y., Wang. X., Chen. B., Zhang. M. and Ma. J. 2020. Seaweed extracts improved yields, leaf photosynthesis, ripening time, and net returns of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill). *American Chemical Society*, 5(8): 4242-4249.

- Zermeño, G. A., López, R. B. R., Melendres, A. A. I., Ramírez, R. H., Cárdenas, P. J. O. y Munguía, L. J. P. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(SPE12), 2437-2446.
- Zermeño, G. A., Méndez, L. G., Rodríguez, G. R., Cadena, Z. M., Cárdenas, P. J. O. y Catalán, V. E. A. 2015. Biofertilización de vid en relación con fotosíntesis, rendimiento y calidad de frutos. *Agrociencia*, 49(8): 875-889.
- Zodape, S. T., Gupta, A., Bhandari, S. C., Rawar, U. S., Chaudhary, D. R., Eswaran, K. and Chikara, J. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Scientific and industrial Research*, 70: 215-219.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría Interinstitucional en Agricultura Protegida	
Título del trabajo	Producción de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) con aplicación foliar y al suelo de algas marinas bajo condición de casa malla sombra	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Stefany Guadalupe Alonso Alvarez	1720947b@umich.mx
Director	Dr. Patricio Apáez Barrios	patricio.apaez@umich.mx
Codirector	Dr. Noe Armando Avila Ramirez	armaa915@gmail.com
Coordinador del programa	Dr. Patricio Apáez Barrios	mae.agricultura.protegida@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	No	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	
Traducción a otra lengua	No	
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	No	
Búsqueda y organización de información	No	
Formateo de las referencias bibliográficas	No	
Generación de contenido multimedia	No	
Otro	No	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Stefany Guadalupe Alonso Alvarez 
Lugar y fecha	Apatzingán Michoacán, 10 de marzo del 2026.

Stefany Guadalupe Alonso Álvarez

PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON APLICACIÓN FOLIAR Y AL SUELO DE ALGAS MARINAS BAJO ...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:566473613

Fecha de entrega

11 mar 2026, 1:34 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

11 mar 2026, 1:37 p.m. GMT-6

Nombre del archivo

PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON APLICACIÓN FOLIAR Y AL SUELO DEpdf

Tamaño del archivo

1.4 MB

64 páginas

13.305 palabras

68.935 caracteres