

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta de la calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) a la aplicación de distintas concentraciones de extracto de algas marinas

Por:

Marlene Silva Sandoval

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta de la calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) a la aplicación de distintas concentraciones de extracto de algas marinas

Por:

Marlene Silva Sandoval

TESIS

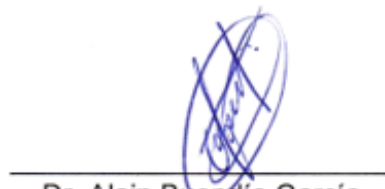
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

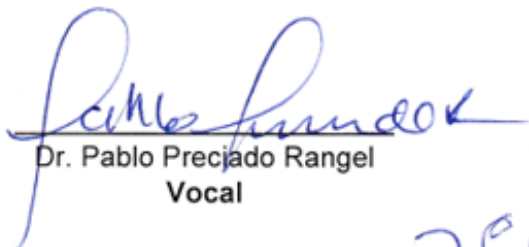
Aprobado por:



Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Presidente



Dr. Alain Buendía García
Vocal



Dr. Pablo Preciado Rangel
Vocal



M.IBQ. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Vocal suplente



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la división de carreras agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta de la calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) A la aplicación de distintas concentraciones de extracto de algas marinas

Por:

Marlene Silva Sandoval

TESIS

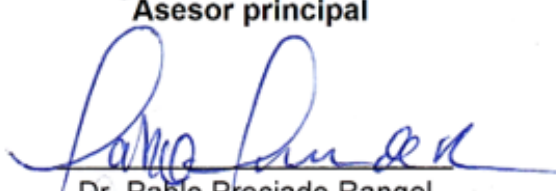
Presentada como requisito para obtener el título de:

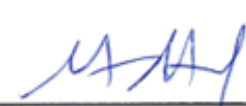
INGENIERO AGRÓNOMO

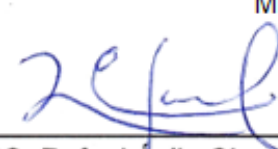
Aprobado por el Comité de Asesoría:


Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Asesor principal


Dr. Alain Buendía García
Coasesor


Dr. Pablo Preciado Rangel
Coasesor


M.IBQ. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Coasesor


MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la división de carreras agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2026



Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta tan importante en mi formación profesional. A él encomiendo cada uno de mis logros, pues ha sido mi guía, mi refugio y mi fuente de inspiración para seguir adelante con esfuerzo, dedicación y perseverancia, este logro es también una muestra de Su amor, gracia y fidelidad, por lo que le dedico con profunda gratitud el fruto de este trabajo. “Porque todo lo puedo en Cristo que me fortalece”(Filipenses4:13).

Agradezco profundamente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, institución que me abrió las puertas del conocimiento y me permitió desarrollarme tanto en el ámbito académico como personal. Ser parte de esta universidad ha sido un honor y un orgullo, expreso mi más sincero reconocimiento a mis profesores y asesores, por su guía, paciencia y dedicación durante mi formación profesional, así como por compartir su experiencia y amor por la agronomía.

Agradezco de manera especial a mi asesor principal el Dr. Alain Buendía García por su acompañamiento constante, sus valiosas observaciones y su compromiso en el desarrollo de este trabajo, a mis compañeros y amigos, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y las experiencias que enriquecieron mi paso por esta etapa universitaria.

Finalmente a mi familia por su amor incondicional, comprensión y motivación, que fueron la base de mi fortaleza para culminar esta meta. Este logro también es suyo.

Dedicatoria

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a las personas que han sido mi fuerza , mi inspiración y compañía a lo largo de este camino.

A mis padres, **Armandina Sandoval Favela** y **Martin Silva Rodríguez**, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia. Gracias por creer en mí y por acompañarme en cada paso, aun en la distancia o en los momentos más difíciles. Este logro es tan suyo como mío.

A mis hermanas, **Valeria Silva Sandoval** y **Sofia Silva Sandoval**, por su cariño y apoyo constante, a mi pequeño sobrino **Santiago Silva Silva**, por ser una luz de alegría que me recordó siempre la importancia de seguir adelante con ilusión y esperanza.

A mis queridos amigos, **Claudia Estefanía**, **Mariana Guadalupe**, **Eduardo De Lázaro**, **Aaron Domínguez** y **Marissa Itzel**, en especial a **Jair Torres Sánchez**, gracias por compartir sus risas, desvelos y momentos que marcaron mi paso por esta etapa universitaria. Su amistad sincera y su compañía hicieron de este proceso una experiencia inolvidable.

Con profundo respeto y admiración, también dedico este logro al **Dr. Alain Buendía García** por su guía, paciencia y compromiso. Sus enseñanzas dejaron en mi huella imborrable, no solo en el ámbito académico, sino también en el humano. gracias por transmitir su pasión por la agronomía y motivarme a alcanzar la excelencia.

A todos ustedes, gracias por ser parte de mi historia, por su amor, su apoyo, y su fe en mí. este triunfo es el reflejo de todo lo que me han dado y de lo que me han enseñado a ser.

ÍNDICE

RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Cultivo de melón	4
2.2 Origen del melón	4
2.3 Producción de melón a nivel mundial	5
2.4 Importancia del melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en Laguna- Coahuila	6
2.5 Producción de melón a nivel nacional	7
2.6 Morfología y anatomía del cultivo	8
2.6.1 Raíz	8
2.6.2 Tallo	8
2.6.3 Hojas	9
2.7 Requerimientos climáticos	9
2.8 Calidad nutricional del fruto de melón (<i>Cucumis melo</i> L.)	9
2.9 Nutrición en el melón	10
2.10 Requerimientos edafoclimáticos	10
2.11 Tipo de suelo	11
2.12 Fertilizantes de lenta liberación	12
2.13 Uso de las algas marinas en la agricultura	12
2.14 Biofortificación en algas marinas	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera	15
3.2. Localización del área experimental	15
3.3. Clima de la region.	16
3.3.1 Temperatura	16
3.3.2 Precipitación	16
3.4. Análisis de suelo	17

3.4Tratamientos	18
3.5. Diseño experimental	18
3.6. Parcela experimental	19
3.7 Tratamientos	19
3.7 Material vegetal.....	20
3.8. Calendarización de riegos.....	20
3.9. Fertilización	21
3.10. Control de plagas	21
3.11. Cosecha.....	21
3.12Evaluación de variables agronómicas y parámetros de calidad del fruto	22
3.12.1 Fenoles	22
3.12.2Flavonoides	23
3.12.3Capacidad antioxidante	23
IV. RESULTADOS	25
4.1. Capacidad antioxidante.....	26
4.2. Flavonoides.....	27
4.3.Fenoles	28
4.4.Peso constante	29
V. DISCUSIÓN	32
6. CONCLUSIONES.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Superficies sembradas por año del cultivo de melón en la Comarca Lagunera	6
Cuadro 2	Resultados del análisis de suelo.....	17
Cuadro 3	Fertilización del cultivo de melón.	21
Cuadro 4	Peso constante	22
Cuadro 5	Evolución del peso del fruto (g) de melón (Cucumis melo L.) por tratamiento durante el periodo de almacenamiento del 18 al 24 de junio de 2025	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Municipios que conforman la Comarca Laguna (Ambiental.,2018).	15
Figura 2 Ubicación del lote donde se realizó la investigación.....	16
Figura 3 Croquis de campo con la distribución del tratamiento de algas marinas y fertilizantes de lenta liberación (YaraMila)	19
Figura 4 Siembra del cultivo de melón	20
Figura 5 Rendimiento del cultivo de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo.....	25
Figura 6 Efecto de los tratamientos sobre la capacidad antioxidante.....	27
Figura 7 Comparación de medias para la variable flavonoides bajo cuatro tratamientos.....	28
Figura 8 Efecto de los tratamientos sobre el contenido de compuestos fenólicos (Fen).....	29
Figura 9 Peso constante graficado 2025	30

RESUMEN

El cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) representa una de las hortalizas con mayor importancia económica de la comarca lagunera; sin embargo, la búsqueda de alternativas sostenibles para mejorar la calidad del fruto ha impulsado el uso de bioestimulantes de origen natural. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de extracto de *Sargassum spp.* sobre el rendimiento y la calidad nutracéutica del fruto de melón. El estudio se realizó durante el ciclo primavera- verano de 2025 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, bajo un Diseño de bloques completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos (Control, 1.5%, 3.0% y 4.5% de extracto de sargazo) y seis repeticiones. Se evaluaron variables de rendimiento, capacidad antioxidante, contenido de flavonoides, compuestos fenólicos y pérdida de peso en postcosecha. Los resultados mostraron que el rendimiento no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Sin embargo, la aplicación de extracto de *Sargassum spp.* al 1.5% incrementó significativamente la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides de los frutos. En el caso de los compuestos fenólicos no se detectaron diferencias significativas, aunque se observó una tendencia de incremento en los tratamientos con extracto de algas respecto al control. Se concluye que la aplicación de extracto de *Sargassum spp.* al 1.5% constituye una alternativa viable para mejorar la calidad nutracéutica del melón sin afectar negativamente el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: *Cucumis melo* L, *Sargassum spp.*, Bioestimulante, Capacidad antioxidante, Flavonoides

I. INTRODUCCIÓN

Las algas han sido aprovechadas desde épocas antiguas, principalmente en regiones asiáticas, como una fuente alimenticia relevante, en la actualidad su uso se ha diversificado a nivel global; empleándose como fertilizantes agrícolas, materias primas para la obtención de biocombustibles, fuentes de hidrocoloides y en diversas aplicaciones industriales y biotecnológicas.

Desde el punto de vista nutricional, las algas representan una fuente potencialmente importante de compuestos bioactivos, debido a su elevado contenido de proteínas, carbohidratos con función prebiótica, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales esenciales. Su composición química varía considerablemente en función de la especie, el hábitat, la fase del ciclo biológico y las condiciones ambientales, factores en conjunto determinan su valor nutricional y funcional (Gutiérrez Cuesta *et al.*, 2017).

Los fertilizantes de liberación controlada o lenta se caracterizan por administrar nutrientes a las plantas progresivamente, modulando su disponibilidad en el tiempo. Estos productos funcionan principalmente retrasando la liberación de nutrientes, lo que posibilita que las plantas los absorban de manera gradual después de ser aplicados. Esto mantiene una alta concentración disponible por un tiempo extenso, mejora la eficiencia de los nutrientes y disminuye las pérdidas por lixiviación. La disponibilidad de nutrientes puede verse retrasada por diversos procesos, como la encapsulación con polímeros que no son solubles en agua, el uso de compuestos orgánicos naturales (por ejemplo, el nitrógeno), la oclusión física o los procesos de hidrólisis lenta de moléculas solubles con bajo peso molecular (González, Rodríguez García, & Hernández, 2005).

El melón (*Cucumis melo* L.) perteneciente a la familia cucurbitaceae, es una especie ampliamente cultivada por el valor comercial y nutricional de sus frutos carnosos. Su cultivo presenta una notable variabilidad fenotípica y bioquímica, influenciada tanto por las condiciones agroclimáticas de las regiones productoras como por las preferencias locales de los consumidores. La caracterización de la

variabilidad genética y metabólica, especialmente en razas locales y parientes silvestres, contribuye a la diversificación del cultivo y al fortalecimiento de la base genética del melón cultivado. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es identificar la dosis óptima de extracto de algas marinas para aumentar el rendimiento y calidad del melón.

1.1 Objetivo

Identificar la dosis optima de extracto de algas marinas para aumentar el rendimiento y calidad del melón

1.2 Hipótesis

La aplicación foliar de extractos de algas marinas que incrementa la calidad nutracéutica y el rendimiento del fruto de melón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de melón

El melón (*Cucumis melo* L.) es una especie hortícola que pertenece a la familia Cucurbitaceae, la cual agrupa cultivos de gran relevancia agrícola como la sandía (*Citrullus lanatus*), el pepino (*Cucumis sativus*) y distintas especies de calabazas (*Cucurbita* spp.) (Robinson & Decker-Walters, 1997). Este fruto se caracteriza por presentar una pulpa jugosa, carnosa y de sabor dulce, lo que ha favorecido su amplio consumo y aceptación a nivel mundial (FAO., 2020).

En términos nutricionales, el melón constituye una fuente importante de compuestos esenciales para la salud humana. Contiene vitamina A, fundamental para la visión y el mantenimiento de tejidos epiteliales; vitamina C, reconocida por su acción antioxidante y su papel en la síntesis de colágeno; y vitamina B6, involucrada en el metabolismo de aminoácidos y neurotransmisores (USDA, 2019). Asimismo, es rico en minerales como calcio, magnesio, hierro, potasio y zinc, que cumplen funciones estructurales, enzimáticas y de regulación osmótica (Lester., 2008).

De igual manera, el melón aporta fibra dietética, la cual favorece la digestión y el tránsito intestinal, además de contener ácidos grasos poliinsaturados, especialmente omega-3 y omega-6, relacionados con la regulación de procesos inflamatorios y la prevención de enfermedades cardiovasculares (Martínez Valdivieso *et al.*, 2015).

2.2 Origen del melón

El origen del melón (*Cucumis melo* L.) ha sido objeto de un amplio debate entre investigadores, ya que no existe consenso definitivo sobre su centro primario de domesticación. Algunos estudios sostienen que la especie se originó en el sur de Asia o en el continente africano, regiones donde se han encontrado evidencias de gran diversidad genética y cultivares tradicionales (Pitrat, 2008; Renner *et al.*, 2007).

En particular, el sur de Asia presenta una notable variabilidad fenotípica de melones cultivados, lo que ha llevado a considerar a esta zona como un posible centro de origen (Sebastián et al., 2010). Por otro lado, diversas especies silvestres del género *Cucumis* se distribuyen en África, donde se les conoce como el “grupo africano”. La mayoría de estas especies presentan un número cromosómico de $n = 12$, con excepción de *Cucumis hystrix* Chakrav., que constituye una rareza citogenética dentro del género (Jeffrey., 1980).

De las aproximadamente 32 especies de *Cucumis* descritas, 31 comparten el mismo número cromosómico ($n = 12$), lo que respalda la idea de un linaje genético común (Renner et al., 2007). Sin embargo, los análisis moleculares y estudios filogenéticos recientes han reforzado la hipótesis de que el origen más probable del melón se encuentra en Asia, particularmente en regiones de la India y países colindantes, donde la diversidad genética y la domesticación temprana parecen haber ocurrido (Sebastián, 2010; Endl et al., 2018).

2.3 Producción de melón a nivel mundial

Los datos oficiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) revelan la dinámica de la producción mundial de la categoría "Melón Cantalupo y otros melones" en el periodo 2018-2021. Las cifras, expresadas en toneladas métricas, representan el volumen total de producción primaria a nivel global. El melón (*Cucumis melo* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas globalmente, ocupando más de un millón de hectáreas (1,039,691) en 2019. China, Irán y Turquía son los mayores productores (FAOSTAT., 2020).

2.4 Importancia del melón (*Cucumis melo* L.) en Laguna- Coahuila

De acuerdo con los registros de producción agrícola correspondientes al periodo 2014–2024, el cultivo de melón ha mantenido una participación relevante dentro del sector hortícola de la Comarca Lagunera, región conformada por municipios de Coahuila y Durango. Su producción se desarrolla principalmente bajo condiciones de riego, aprovechando las características climáticas favorables de la zona, las cuales permiten obtener frutos de alta calidad y competitividad comercial. La importancia económica de este cultivo radica en su contribución a la generación de empleo, la derrama económica regional y el abastecimiento de mercados nacionales e internacionales. Asimismo, el comportamiento productivo observado durante la última década refleja la permanencia del melón como una de las principales alternativas agrícolas de la región, destacando la necesidad de implementar prácticas de manejo que favorezcan la sostenibilidad y rentabilidad del sistema de producción.

Cuadro 1 Superficies sembradas por año del cultivo de melón en la Comarca Lagunera

Año	Comarca lagunera Coahuila (hectáreas)	Comarca lagunera Durango (hectáreas)
2014	76,083.69	745,303.45
2015	70,269.09	731,754.02
2016	68,584.34	707,326.50
2017	82,865.03	707,145.74
2018	83,805.92	670,638.40
2019	78,867.74	576,412.77
2020	73,198.81	702,272.68
2021	72,250.09	646,738.37
2022	80,825.55	599,586.56
2023	77,463.00	539,424.44

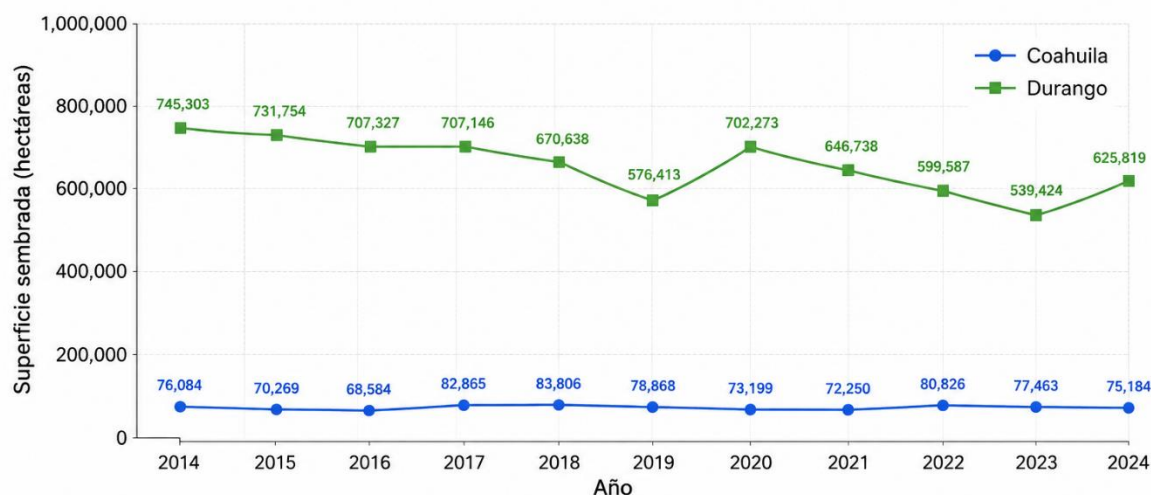
2024	75,184.08	625,819.08
-------------	------------------	-------------------

Fuente: SIAP, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola

*Cierre de Producción Agrícola 2014-2024

Superficie sembrada de melón en la Comarca Lagunera (2014-2024)

La gráfica muestra la superficie sembrada (hectáreas) de melón en los municipios de Coahuila y Durango que conforman la Comarca Lagunera durante el periodo 2014-2024.



Fuente: SIAP, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

*Cierre de Producción Agrícola 2014-2024.

La Comarca Lagunera de Durango presenta una mayor superficie sembrada de melón en comparación con Coahuila durante todo el periodo analizado.

2.5 Producción de melón a nivel nacional

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), el cultivo de melón en México abarca una superficie de 19,076 hectáreas cada año, resultando en una producción total de 543,651 toneladas. Este cultivo es una fuente significativa de empleo. La Secretaría de Agricultura (SAGARPA-LAGUNA, 2017) estima que se generan alrededor de 120 jornales por hectárea solo durante las labores de siembra a cosecha. Además, se requiere una cantidad similar de mano de obra para las actividades posteriores, como el acarreo, clasificación, empaque y comercialización del producto. La Comarca Lagunera es reconocida como la principal región productora de melón en el país. Su aportación es crucial, ya que con una producción de 141,202 toneladas, contribuye con el 25% de la producción nacional total (Espinoza Arellano *et al.*, 2019).

2.6 Morfología y anatomía del cultivo

Las especies pertenecientes a la familia Cucurbitaceae presentan un sistema radical caracterizado por la presencia de una raíz pivotante bien desarrollada, acompañada de un conjunto denso de raíces secundarias. Estas raíces laterales tienden a extenderse más allá de la franja superficial del suelo, constituyendo un componente esencial en la etapa de desarrollo vegetal, dado que fortalecen la función de la raíz primaria al optimizar la absorción de agua y nutrientes. La profundidad máxima del sistema radical se ha estimado entre 2.6 y 5 pies, en función de factores como el genotipo, las propiedades edáficas y las condiciones ambientales de crecimiento (Allen *et al.*, 1998).

En cuanto a la morfología aérea, el tallo principal exhibe una forma cilíndrica, con presencia o ausencia de pubescencia ligera, lo cual depende del genotipo. El hábito de crecimiento de la mayoría de los cultivares es rastrero, aunque se han descrito variantes con estructuras de porte más compacto y entrenudos reducidos. Las hojas son simples, dispuestas de manera alterna en los nudos, y presentan de tres a cinco lóbulos. Asimismo, se observa una amplia variabilidad fenotípica en lo que respecta a su tamaño, forma y coloración, la cual está determinada por la diversidad genética de los cultivares (Almanza, 2012; Burgos López *et al.*, 2021).

2.6.1 Raíz

El sistema radical es de tipo pivotante, con una raíz primaria robusta de la cual emergen raíces laterales ramificadas. Este conjunto puede profundizarse hasta 1.2 m en el perfil edáfico, optimizando la absorción hídrica y nutrimental (Almanza.,2012).

2.6.2. Tallo

El tallo presenta un indumento piloso y conformación acanalada, con hábito de crecimiento decumbente o voluble, dependiendo del desarrollo de los zarcillos. Su consistencia es herbácea y frágil, y a partir de los tres nudos basales del tallo principal se originan típicamente tres ramas secundarias (Almanza., 2012).

2.6.3.Hojas

Las hojas son simples, pecioladas y con indumento pubescente. La lámina foliar muestra una morfología variable, con lóbulos (generalmente entre tres y siete) y margen dentado, presentado variaciones en tamaño y conformación (Almanza.,2012).

2.7 Requerimientos climáticos

El melón se incluye dentro de las especies hortícolas con mayores requerimientos termo-fisiológicos. El óptimo desempeño en las fases de crecimiento vegetativo, diferenciación floral y maduración de frutos depende de un régimen térmico favorable tanto en el suelo como en la atmósfera. La especie manifiesta elevada sensibilidad a periodos prolongados de bajas temperaturas y a eventos de helada en cualquier estadio fenológico; en contraste, valores térmicos superiores actúan como inductores del desarrollo, acelerando la ontogenia y anticipando la maduración de los frutos. Las cucurbitáceas muestran un rango de temperatura óptima entre 22 y 32 °C, en tanto que el melón puede tolerar máximos de hasta 39–45 °C. A nivel hídrico, la especie demanda un suministro constante durante el crecimiento vegetativo, alcanzando su máxima evapotranspiración en la etapa de anthesis y cuajado. La ocurrencia de déficit hídrico en cualquiera de los estadios fenológicos altera los procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales, lo que se traduce en una merma significativa del rendimiento (Sowinska., 2024).

2.8Calidad nutricional del fruto de melón (*Cucumis melo* L.)

La calidad del fruto de melón se define por un conjunto de atributos fisicoquímicos y organolépticos, entre los que destacan la concentración de sólido solubles totales, la apariencia externa e interna, el grosor de la pulpa y las características sensoriales del sabor. estos parámetros son determinantes en la aceptación y preferencia del consumidor, ya que influyen directamente en la percepción de frescura, dulzor y valor comercial del producto (Díaz Alvarado, Monge Pérez, & Loría Coto, 2021).

2.9 Nutrición en el melón

El manejo nutrimental adecuado constituye un factor determinante para alcanzar altos rendimientos y frutos de calidad en el cultivo de melón. Se ha documentado que las deficiencias nutricionales pueden ocasionar reducciones de hasta 50% en el rendimiento y de 70% en la calidad del fruto. En contraste, en diversos sistemas de producción es como una aplicación excesiva de fertilizantes, alcanzando dosis de hasta 500 kg por hectárea de nitrógeno (N) durante el ciclo de cultivo. Este manejo genera efectos ambientales adversos, ya que bajo condiciones de temperaturas máximas cercanas a 38 °C requeridas por el cultivo, se incrementan las emisiones de óxido nitroso (N_2O) y amoníaco (NH_3), ambos gases de efecto invernadero (L. M. Tapia-Vargas., 2010)

Se plantea la necesidad de implementar prácticas de manejo nutrimental más sostenibles, que reduzcan el impacto ambiental. El uso indiscriminado de fertilizantes, junto con bioestimulantes como fitohormonas, aminoácidos y ácidos orgánicos, además de elevar los costos de producción, puede inducir disturbios fisiológicos que afectan negativamente el rendimiento. Asimismo, la sobre aplicación de nutrientes provoca saturación de elementos como fósforo (P) Y potasio (K), en la disponibilidad de otros nutrientes, lo que ocasiona efectos negativos en el suelo y contaminación de cuerpos de agua por lixiviación y escorrentía. (L. M. Tapia-Vargas., 2010)

Reportaron que en ciertos sistemas de producción, la respuesta del cultivo a la fertilización no fue significativa, ya que incluso sin adición de N se obtuvieron rendimientos superiores a 56 t/ha. (L. M. Tapia-Vargas, 2010)

2.10 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de melón requiere una alta disponibilidad de agua durante la fase de germinación y en el periodo de maduración, dado que estas etapas son determinantes para alcanzar frutos de calidad. En cuanto a las condiciones edáficas, se desarrolla con mayor eficiencia en suelos profundos, sueltos, con elevado contenido de materia orgánica, buena aireación y drenaje, y con un pH comprendido

entre 6 y 7. La especie es particularmente exigente en relación con el drenaje, ya que los encharcamientos generan asfixia radicular y predisponen a la aparición de podredumbres en los frutos. Presenta tolerancia moderada a la salinidad y elevada sensibilidad frente a deficiencias de macro y microelementos esenciales (Mohammad Reza, *et al*, febrero 2017).

En lo que respecta a la densidad de siembra, los marcos de plantación más empleados corresponden a distancias aproximadas de 2 m × 0.75 m, aunque esta densidad puede modificarse según la variedad, alcanzando valores cercanos a 0.4 plantas por m². La siembra directa debe realizarse cuando la temperatura mínima del suelo es de 16 °C, colocando una o dos semillas por mata, cubiertas con 1.5–2 cm de arena o turba. En caso de utilizar almácigos, el trasplante se efectúa a las 6–7 semanas, preferentemente cuando la planta presenta dos hojas verdaderas bien desarrolladas y la emergencia de la tercera y cuarta hojas. (Mohammad Reza, *et al*, febrero 2017)

De manera complementaria, el cultivo suele establecerse con la técnica del acolchado, la cual consiste en cubrir la superficie del suelo con láminas de polietileno negro o transparente. Esta práctica permite incrementar la temperatura edáfica, reducir la evaporación de agua, limitar la emergencia de malezas, aumentar la concentración de CO₂ en la rizosfera y mejorar la calidad de los frutos, al evitar el contacto directo con la humedad del suelo. (Mohammad Reza *et al*, febrero 2017)

2.11 Tipo de suelo

El cultivo de melón presenta un crecimiento óptimo en suelos de reacción neutra a ligeramente alcalina. Valores de conductividad eléctrica superiores a 2 mmhos/cm afectan de manera significativa el rendimiento. La especie se desarrolla favorablemente en suelos franco-arcillosos, profundos, con adecuada capacidad de drenaje y sin encharcamiento. Además, requiere suelos fértiles, con alto contenido de materia orgánica y un pH comprendido entre 6 y 7, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo radicular (Crawford., 2017).

2.12 Fertilizantes de lenta liberación

Los fertilizantes de lenta liberación constituyen una categoría de insumos diseñados para suministrar nutrientes a las plantas de manera progresiva y sostenida durante un intervalo de tiempo prolongado. Su eficiencia depende de su composición química, la estructura del producto y el mecanismo de liberación de los elementos, lo que permite clasificarlos en cuatro grupos principales como lo son formulaciones de origen orgánico, compuestos con baja solubilidad o de mineralización lenta, fertilizantes encapsulados y fertilizantes convencionales complementados con inhibidores de nitrificación (Sempeho *et al.*, 2014).

Los fertilizantes convencionales aplicados al suelo o incorporados en sustratos liberan de forma inmediata los nutrientes disponibles para la planta. No obstante, una aplicación incorrecta o esquemas de fertilización irregulares pueden generar una sobresaturación nutrimental en cortos periodos de tiempo, lo que provoca fitotoxicidad en sistema radical, crecimiento desuniforme y la manifestación de diversos trastornos fisiológicos que afectan el desarrollo y la productividad del cultivo (Sempeho *et al.*, 2014).

2.13 Uso de las algas marinas en la agricultura

Los efectos generados por los extractos de algas están determinados principalmente por la acción sinérgica de sus diversos compuestos, siendo complejo atribuir los resultados al efecto aislado de un único principio activo. Dichos efectos se manifiestan incluso a bajas concentraciones, empleándose diluciones cercanas a 1:1000. Además, la respuesta depende de la vía de aplicación, la cual puede ser directa al suelo, mediante aspersión foliar, tratamiento de semillas por peletización, aplicaciones post cosecha o la combinación de estas prácticas. La estrategia más frecuente consiste en integrar la aplicación al suelo con la foliar, lo que permite enriquecer el sustrato para favorecer la germinación y emergencia de las plántulas, así como un crecimiento inicial vigoroso; posteriormente, la aplicación foliar estimula

tanto el desarrollo vegetativo como la fase reproductiva, traducándose en mayores rendimientos y mejor calidad de cosecha(Sharma., 2014)

Entre los beneficios atribuidos a las algas y sus extractos destacan: la estimulación de la germinación, el incremento del crecimiento y la floración, el retraso de la senescencia, la promoción del desarrollo radicular, la aceleración de la maduración de los frutos y la mejora en la tolerancia frente a factores de estrés abiótico como salinidad, sequía, altas temperaturas y heladas. Asimismo, ejercen un efecto fortificante sobre la planta(Sharma., 2014).

Los extractos de algas también modulan mecanismos fisiológicos relacionados con la defensa y la inmunidad vegetal, reduciendo la infestación por nematodos e incrementando la resistencia frente a patógenos fúngicos y bacterianos, además de disminuir el ataque de plagas como ácaros, pulgones, mosca blanca y otros insectos fitófagos. Investigaciones recientes han evidenciado que su aplicación eleva la resistencia de las plantas frente a hongos como *Fusarium sp.*, *Botrytis sp.* y *Alternaria sp* (Sharma., 2014).

Además, diversos estudios indican que los extractos de algas pueden activar mecanismos fisiológicos relacionados con la defensa vegetal, disminuyendo la incidencia de enfermedades causadas por hongos y bacterias, así como el daño ocasionado por algunos insectos fitófagos. Estas respuestas se relacionan con la presencia de compuestos bioactivos capaces de estimular rutas metabólicas asociadas con la resistencia y adaptación de las plantas (Babgohari., 2015).

2.14 Biofortificación en algas marinas

Los extractos de algas marinas han adquirido relevancia en la agricultura moderna debido a su uso como bioestimulantes del crecimiento vegetal al representar una alternativa ambientalmente sostenible frente a la dependencia de

insumos agroquímicos de síntesis. Estos extractos se caracterizan por su composición compleja, integrada por diversos compuestos con actividad biológica, entre los que se incluyen reguladores del crecimiento vegetal, polisacáridos, compuestos fenólicos, aminoácidos, esteroides, betalinas, vitaminas, así como macro y micro minerales esenciales. La interacción de estos componentes favorece múltiples respuestas fisiológicas y bioquímicas en las plantas, así como efectos positivos en la dinámica del sistema planta-suelo (Espinosa Antón *et al.*, 2020).

La aplicación de extractos de algas marinas en diferentes cultivos ha mostrado efectos benéficos sobre procesos clave del desarrollo vegetal, tales como la germinación de semillas, la formación y elongación del sistema radical, y el crecimiento vegetativo. Asimismo, estos bioproductos influyen en la absorción, transporte y asimilación de nutrientes, optimizando la eficiencia nutricional de las plantas. A nivel fisiológico y metabólico, los extractos de algas pueden modular la actividad fotosintética, el equilibrio hormonal y la síntesis de metabolitos secundarios, contribuyendo al incremento del rendimiento y la mejora de la calidad de los cultivos. Los extractos de algas marinas ejercen un efecto regulador sobre el microbioma rizosférico, favoreciendo la actividad de microorganismos benéficos y fortaleciendo la interacción suelo-raíz. Estos efectos se asocian con una mayor tolerancia de las plantas frente a condiciones de estrés abiótico, como salinidad, sequía y temperaturas extremas, así como con una mayor resistencia frente a plagas y enfermedades. Dichas respuestas están relacionadas con fenómenos de tipo hermético, en los cuales bajas concentraciones de los compuestos bioactivos inducen mecanismos de defensa y adaptación en las plantas (Espinosa Antón *et al.*, 2020).

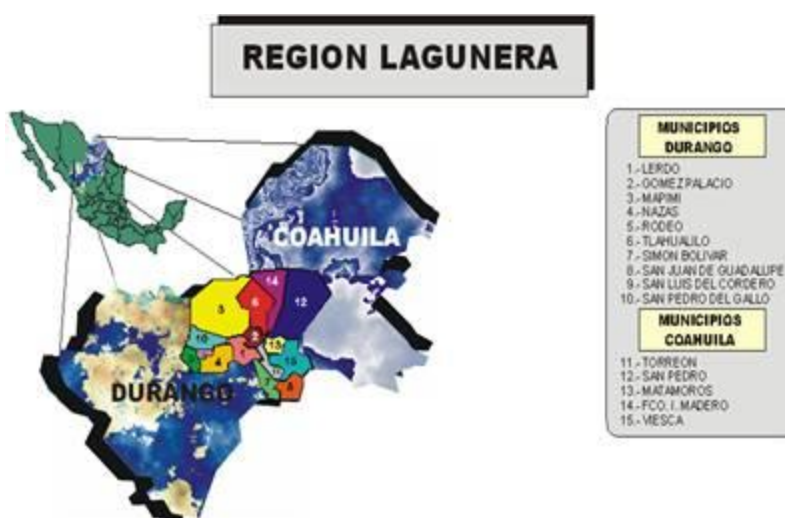
Los extractos de algas marinas contienen metabolitos con potencial para el desarrollo de bioproductos agrícolas innovadores. En particular, las algas marinas presentes en regiones tropicales, como las de origen cubano, han mostrado una elevada diversidad de compuestos bioactivos, lo que resalta su importancia como recurso natural para el diseño de estrategias sostenibles orientadas a la promoción del crecimiento vegetal y la protección (Espinosa Antón *et al.*, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se localiza en la región centro-norte de México y está conformada administrativamente por diez municipios pertenecientes al estado de Durango y cinco al estado de Coahuila (Figura 1). Su nombre proviene de la presencia histórica de trece cuerpos lacustres, entre los cuales destacó la Laguna de Mayrán, considerada en su momento la más extensa de América Latina y alimentada por los ríos Nazas y Aguanaval. Geográficamente, la región se encuentra delimitada entre los meridianos 102°22' y 104°47' de longitud oeste, y los paralelos 24°22' y 26°23' de latitud norte, presentando una altitud promedio de 1,139 m sobre el nivel del mar (CONAGUA.,2015).

Figura 1 Municipios que conforman la Comarca Laguna (Ambiental.,2018).



3.2. Localización del área experimental

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo primavera 2025 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en el municipio de Torreón, Coahuila, a una latitud de 25°33'25" N y una longitud de 103°22'11" W (Figura 2) . El experimento se estableció en parcelas experimentales

pertenecientes a dicha institución, destinadas a actividades de investigación agrícola.

Figura 2 Ubicación del lote donde se realizó la investigación.



Google Earth (2025).

3.3. Clima de la region.

3.3.1 Temperatura

La Comarca Lagunera presenta un clima de tipo seco desértico a semiárido, caracterizado por escasa precipitación y temperaturas elevadas durante gran parte del año. La temperatura media anual oscila entre 20 y 22 °C, aunque durante la temporada de verano pueden registrarse temperaturas máximas de hasta 45–48 °C, mientras que en invierno las temperaturas mínimas pueden descender hasta –7 o –8 °C. Asimismo, la precipitación media anual varía entre 200 y 300 mm, concentrándose principalmente durante los meses de verano. Estas condiciones climáticas favorecen el desarrollo de cultivos bajo sistemas de riego, siendo la agricultura una de las principales actividades económicas de la región (Inzunza-López *et al.*, 2011).

3.3.2 Precipitación

La Comarca Lagunera se caracteriza por presentar un régimen de precipitación escaso e irregular, típico de las zonas áridas y semiáridas del norte de México. La precipitación media anual oscila entre 200 y 300 mm, concentrándose

principalmente durante los meses de julio a septiembre. La distribución de las lluvias es variable y generalmente ocurre en forma de precipitaciones intensas de corta duración durante el verano. Estas condiciones limitan la disponibilidad natural de agua para la agricultura, por lo que la producción agrícola en la región depende principalmente de sistemas de riego. Asimismo, la elevada evaporación y las altas temperaturas contribuyen a la disminución de la humedad del suelo y al estrés hídrico en los cultivos (Inzunza-López *et al.*, 2011).

3.4. Análisis de suelo

Dicho estudio se realizó en el laboratorio nacional de servicios de análisis de agua, suelo, planta y medio ambiente. El análisis de suelo mostró un contenido medio de materia orgánica (1.95 %), adecuado para el funcionamiento físico y biológico del suelo, aunque susceptible de mejorarse. El nitrógeno disponible (15.56 ppm) se encuentra en un nivel moderadamente bajo, lo que puede limitar el crecimiento vegetal y sugiere la necesidad de fertilización nitrogenada. El fósforo (24.36 ppm) presentó un nivel moderadamente alto y el potasio (904 ppm) un nivel alto, suficientes para el desarrollo del cultivo sin requerir aplicaciones inmediatas. El calcio (12,188 ppm) se encontró en exceso, condición que puede generar antagonismos en la absorción de magnesio y micronutrientes. El magnesio (267 ppm), cobre (1.19 ppm) e hierro (11.80 ppm) se ubicaron en niveles medios, mientras que zinc (3.00 ppm) y manganeso (19.89 ppm) presentaron niveles moderadamente altos. El azufre (65.01 ppm) y el boro (2.34 ppm) se encontraron en concentraciones altas, por lo que se recomienda evitar aplicaciones adicionales de estos elementos (Cuadro 2).

Cuadro 2 Resultados del analisis de suelo

Parametros	Resultados	Interpretación	Rango
Materia organica(M.O %):	1.95	Medio	0.8 - 4.0
Nitrogeno(N.NO3,ppm):	15.56	Mod bajo	6.7- 55.7
Fosforo(P,ppm):	24.36	Mod alto	4.0- 50.0
Potasio(K,ppm):	904	Alto	100-1500
Calcio(Ca,ppm):	12188	Exceso	500-8000
Magnesio(Mg,ppm):	267	Medio	50-2000
Cobre(Cu,ppm):	1.19	Medio	0.20-5.0
Fierro(Fe,ppm):	11.80	Medio	3.0-60.0

Zinc(Zn, ppm):	3.00	Mod alto	0.30-10.0
Manganeso(Mn,ppm):	19.89	Mod alto	2.00-80.0
Azufre(S,ppm):	65.01	Exceso	3.00-25.0
Boro(B,ppm):	2.34	Alto	0.30-5.00

3.4 Tratamientos

El presente estudio evaluó la respuesta de la calidad del fruto de melón (*Cucumis melo L.*) ante la aplicación de distintos tratamientos (Control, 1.5%, 3.0%, 4.5%) de extractos de algas marinas como fuente de fertilización, con el propósito de determinar su efecto en parámetros fisicoquímicos y productivos del cultivo.

3.5. Diseño experimental

Se empleó un Diseño de bloques completamente al Azar (DBCA) para evaluar el efecto de diferentes concentraciones de extracto de sargazo en el cultivo. El experimento estuvo conformado por cuatro tratamientos, incluyendo un tratamiento control, con seis repeticiones por cada uno. La selección de este diseño experimental se realizó debido a la uniformidad observada en las condiciones del área experimental y a la facilidad para aplicar de manera independiente las distintas concentraciones de sargazo en cada unidad experimental.

Los tratamientos evaluados correspondieron a T1, T2, T3 y el tratamiento control, con un total de seis repeticiones por tratamiento. En total se establecieron 24 unidades experimentales, calculadas mediante la relación:

$$N = t * r = 4 \times 6 = 24$$

Cada parcela experimental tuvo dimensiones de 4.0 m de largo y se dejó una separación de 2 metros entre parcelas para facilitar las labores de manejo y evaluación del cultivo.

La distribución experimental consistió en una matriz de seis filas por cuatro columnas, donde los tratamientos fueron asignados aleatoriamente en las 24 unidades experimentales.

3.6. Parcela experimental

En el área experimental se contó con seis camas meloneras con una distancia de 2.0 m entre camas de centro al centro y 4.0 m de largo por tratamiento con 2.0 m de seguridad entre los mismo. La densidad se realizó siguiendo el espaciamiento entre las plantas y filas, según lo que esta recomendado para la variedad (Crussier) y la distribución de los tratamientos en campo se muestra en la (Figura 3).

Figura 3 Croquis de campo con la distribución del tratamiento de algas marinas y fertilizantes de lenta liberación (YaraMila)

Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	Rep. 6
T3	T1	T2	T0	T2	T3
T0	T2	T1	T3	T0	T2
T2	T3	T0	T1	T3	T1
T1	T0	T3	T2	T1	T0

To: Control Tratamiento 1: 1.5% Tratamiento 2: 3.0% Tratamiento 3: 4.5%

3.7 Tratamientos

Los tratamientos se definieron seleccionando tres concentraciones específicas del extracto líquido de *Sargassum* spp; 1.5%, 3.0% y 4.5%. la preparación se realizó en matraces Erlenmeyer de 500 mL, en los cuales se ajustaron los volúmenes de extracto y el agua destilada para alcanzar la concentración final deseada. Las proporciones se calcularon con base en la formula $\% v/v = (\text{volumen del soluto} * 100) / \text{volumen de la solución}$. Así, por ejemplo en la

concentración de 1.5%, se incorporaron 7.5 mL de extracto en un total de 492.5 mL; en la del 3.0%, se añadieron 15 mL ; y en la del 4.5%, 22.5 mL.

Las soluciones fueron preparadas con riguroso control, almacenadas en refrigeración y estuvieron listas para su aplicación en los ensayos, garantizando la homogeneidad de las condiciones experimentales.

3.7 Material vegetal

Se empleo el híbrido de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Crusier (Harris Moran®). La siembra directa se llevó a cabo el día 4 de abril del 2025. Esta variedad se caracteriza por su alta adaptación a las condiciones agroclimáticas de la Comarca Lagunera .

Figura 4 Siembra del cultivo de melón



3.8. Calendarización de riegos

Se estableció un calendario de riego mediante un sistema de riego por cintilla , en el cual cada gotero presentó un gasto aproximado de 2 lts hrs^{-1} .El riego del cultivo de melón se realizó tres veces por semana, los días lunes, miércoles y viernes. Durante los días lunes y miércoles, el riego tuvo una duración de dos horas por día, mientras que el día viernes se incrementó a 3 horas. Se calendarizaron de esa manera de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, aplicando los riegos

más frecuentes en la fructificación y reduciendo en maduración para así lograr tener una mayor o mejor calidad del melón.

3.9. Fertilización

Cuadro 3 Fertilización del cultivo de melón.

Etapa	Semana	Ultra N	Ultr a P	Ultr a K	Ultr a Ca	Ultr a Mg	Ultra Radix	HB K	Hype r Zn	Hype r RFZ
Emergencia	1a	-	-	-	-	-	-	5.0	-	-
2 HV	2a	5.0	2.0	-	-	-	2.0	5.0	0.5	-
5 HV	3a	10.0	2.0	3.0	3.0	-	-	5.0	-	-
Inicio guía	4a	10.0	2.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-
Desarrollo guía	5a	5.0	2.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-
Inicio flor	6a	5.0	3.0	3.0	3.0	-	2.0	5.0	5.0	1.0
Flor hembra	7a	5.0	3.0	3.0	3.0	4.0	-	-	-	-
Amarre	8a	10.0	2.0	3.0	3.0	4.0	-	-	-	-
Crecimiento fruto	9a	10.0	2.0	3.0	3.0	4.0	2.0	5.0	5.0	-
Inicio de malla	10a	10.0	2.0	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-
Enmalle fruto	11a	10.0	-	5.0	5.0	4.0	-	-	-	-
Enmalle	12a	10.0	-	5.0	5.0	4.0	2.0	5.0	5.0	-
maduración										
Cosecha	13a	10.0	-	5.0	5.0	6.0	-	-	-	-

3.10. Control de plagas

Se realizó una aplicación foliar de abamectina para el control del gusano minador durante la etapa de cotiledones y primeras hojas verdaderas, utilizando una dosis de 275 mL ha⁻¹ diluidos en 200 L de agua. Posteriormente, el 3 de mayo se efectuó una aplicación de insecticida Confidel 350SC® para el control de mosquita blanca, a una dosis de 150 mL ha⁻¹, repitiéndose dicha aplicación el 29 de abril.

3.11. Cosecha

Los frutos recolectados fueron cortados, identificados y clasificados de acuerdo con su tratamiento y repetición correspondiente. Posteriormente, se

registró el peso de cada fruto mediante una báscula y sus dimensiones fueron determinadas utilizando un vernier.

Cuadro 4 Peso constante

	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
TRATAMIENTO	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	23-jun	24-jun
R3T1	1607	1594	1580	1566	1552	1546	1537
R4T1	1494	1482	1466	1450	1437	1428	1421
R6T1	1507	1489	1480	1465	1453	1443	1436
R1T2	1942	1924	1906	1892	1875	1864	1851
R2T2	2668	2632	2613	2592	2569	2555	2538
R4T2	1760	1731	1712	1692	1672	1660	1648
R3T3	1539	1525	1513	1503	1492	1483	1474
R4T3	1532	1518	1507	1500	1490	1483	1477
R5T3	1268	1254	1245	1230	1224	1214	1207
C1	2194	2170	2152	2128	2112	2104	2094
C2	1835	1813	1796	1780	1763	1756	1743
C6	1638	1622	1612	1598	1587	1578	1566

La información obtenida en cada día de cosecha fue registrada en una bitácora, con la finalidad de recopilar los datos necesarios para evaluar el rendimiento diario del cultivo. Además, algunos frutos fueron seleccionados y trasladados al laboratorio para la realización de los análisis fisicoquímicos y nutraceuticos correspondientes.

3.12 Evaluación de variables agronómicas y parámetros de calidad del fruto

3.12.1 Fenoles

La cuantificación de compuestos fenólicos totales se realiza comúnmente mediante el método colorimétrico del reactivo Folin-Ciocalteu(FC) (Muñoz Bernal ,*et al*, 2017), Se mezclaron 30 µL de muestra con 270 µL de agua destilada en tubos

de ensayo, a los cuales se añadió 1.5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) previamente diluido en una proporción 1:15, seguido de agitación en vórtex durante 10 s. Transcurridos 5 min, se incorporaron 1.2 mL de carbonato de sodio al 7.5 % (p/v), realizándose nuevamente una agitación por 10 s. Posteriormente, las muestras se incubaron en baño María a 45 °C durante 15 min y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia se determinó a 765 nm empleando un espectrofotómetro HACH 4000, y el contenido de compuestos fenólicos totales se calculó a partir de una curva estándar de ácido gálico (Sigma-Aldrich), expresándose los resultados como miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en base fresca (mg EAG g⁻¹ BF).

3.12.2 Flavonoides

La cuantificación de flavonoides totales se realizó conforme al procedimiento descrito por Zhishen. (Chuquimia, *et al*, 2008). Se homogenizaron 0.5 g de muestra con 5 mL de metanol y la suspensión resultante se centrifugó a 400 rpm durante 10 min a 4 °C. Posteriormente, se tomaron 250 µL del sobrenadante y se colocaron en tubos de ensayo, a los cuales se adicionaron 75 µL de NaNO₂, seguido de agitación en vórtex. Transcurridos 5 min, se añadieron 150 µL de AlCl₃; posteriormente, se incorporaron 500 µL de NaOH y se ajustó el volumen final a 2.025 mL con agua destilada. La absorbancia se midió inmediatamente a 510 nm mediante espectrofotometría, y el contenido de flavonoides totales se cuantificó a partir de una curva estándar de catequina.

3.12.3 Capacidad antioxidante

Se seleccionaron aleatoriamente tres frutos de melón, de los cuales se extrajo la pulpa, la cual se colocó en bolsas tipo ziplock debidamente identificadas. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL). La capacidad antioxidante se determinó mediante el método in vitro del radical DPPH⁺, utilizando una modificación del procedimiento descrito por Brand-Williams et al. (1995). Para la evaluación, se mezclaron 50 µL de muestra con 950 µL de solución de DPPH⁺ y, tras un tiempo de reacción de 3 min, se registró la absorbancia a 515 nm mediante espectrofotometría. La cuantificación se realizó a partir de una curva estándar de Trolox (Aldrich), expresándose los resultados como capacidad antioxidante equivalente, en micromoles de Trolox por gramo de muestra en base fresca (µM ET g⁻¹ BF).

IV. RESULTADOS

4.1. Rendimiento

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, como se aprecia en la Figura 5. Sin embargo, desde una perspectiva descriptiva, el tratamiento control y el tratamiento con aplicación de sargazo al 4.5 % mostraron los mayores valores promedio de rendimiento. A pesar de esta tendencia, las diferencias registradas no fueron significativas bajo el criterio estadístico establecido ($p \leq 0.05$), por lo que no pueden atribuirse de manera concluyente al efecto de los tratamientos. En consecuencia, se infiere que la aplicación de sargazo no produjo un incremento significativo en el rendimiento del cultivo en comparación con el control. Las variaciones observadas probablemente estén asociadas a la variabilidad experimental inherente a las condiciones de campo.

Figura 5 Rendimiento del cultivo de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo.

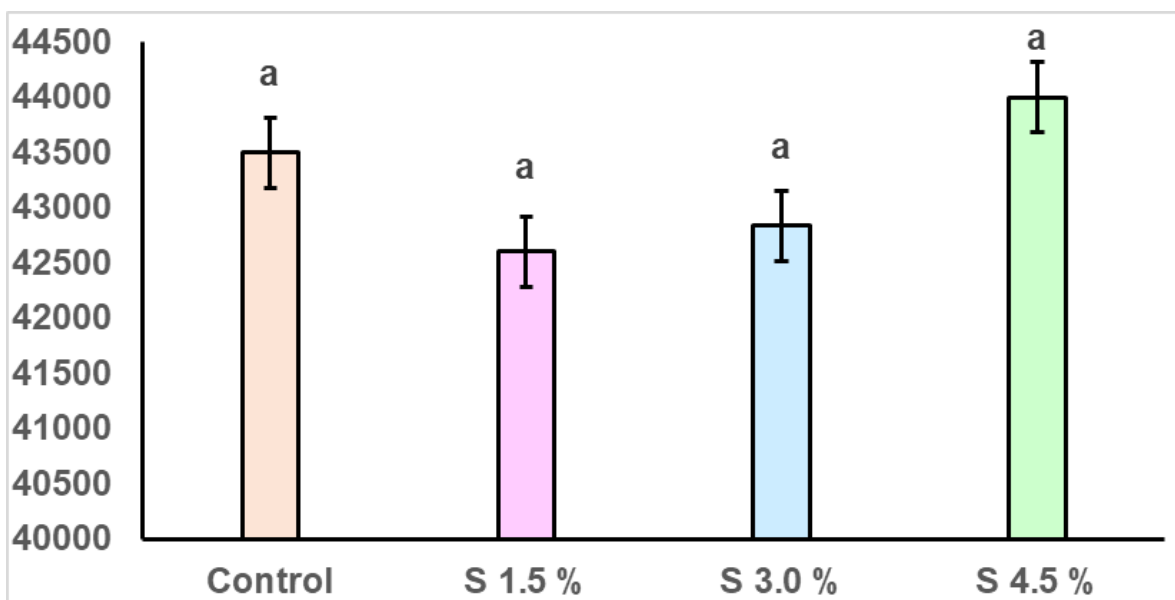


Figura 5. Rendimiento del cultivo de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Los productos derivados de algas marinas (como el sargazo) no funcionan como fertilizantes convencionales, ya que no proporcionan directamente grandes cantidades de macronutrientes (por ejemplo, N, P y K) para mantener aumentos de rendimiento cuantificables por sí solos. Esto se debe a que en muchos casos los efectos dependen más de compuestos bioactivos (polisacáridos, fitohormonas) que de nutrientes que incrementen la producción neta de frutos y biomasa. Por lo tanto, existe una alta variabilidad en la composición bioactiva de estos productos basados en biomasa algal; esta varía según la especie, el origen, el método extractivo y la concentración aplicada. Esto puede explicar resultados inconsistentes entre ensayos incluso bajo condiciones similares en campo (Lamine *et al.*, 2025).

Una investigación realizada en Coahuila, con extracto de algas marinas aplicado a la vid (en este caso se utilizó el de *Sargassum* spp.), determinó que no existió un impacto estadístico sobre el rendimiento. Este resultado se atribuyó tanto a las condiciones del medio ambiente (humedad del suelo) como al hecho de que el efecto de la fotosíntesis mejorada no se tradujo directamente en una mayor cantidad de frutos. En consecuencia, el rendimiento promedio por planta en las parcelas donde se aplicó el extracto y en aquellas sin tratamiento fue de 9.09 kg y 10.32 kg, respectivamente; esto es, una diferencia relativa del 13.5% entre ambas situaciones (Zermeño *et al.*, 2015).

4.1. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante (CAOx) mostró diferencias significativas entre tratamientos, al realizar la comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) el tratamiento con Sargazo al 1.5% (106.705 M equiv. TROLOX) incrementó en 30.87% con respecto a los tratamientos con Sargazo al 3.0% y 4.5% que estadísticamente son similares entre sí y en los cuales se observaron los valores más bajos (Figura 6).

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey (HSD) indicó que el tratamiento con sargazo al 1.5 % presentó el mayor valor promedio , ubicándose en el grupo estadístico “a”. El tratamiento T0 (Control) se clasificó en el grupo “b”, mostrando un valor intermedio. Por su parte, los tratamientos T2 (3.0%) y T3 (4.5%)

se agruparon en la categoría “c”, sin diferencias significativas entre ellos, pero con valores inferiores respecto a T1 y T0.

Figura 6 Efecto de los tratamientos sobre la capacidad antioxidante

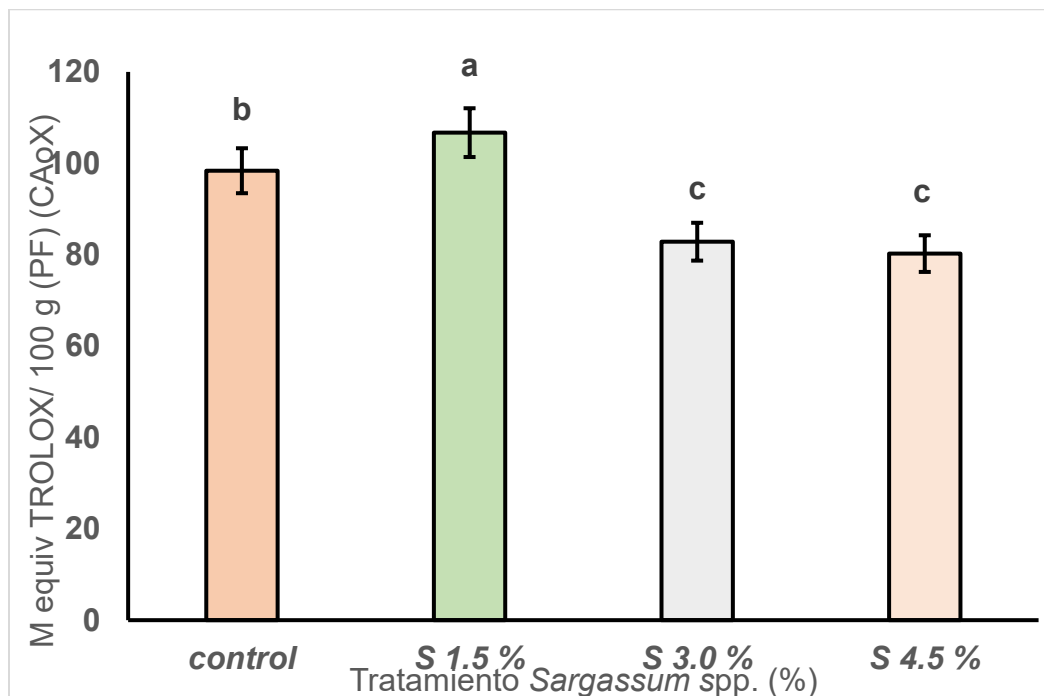


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la capacidad antioxidante (CAOX). El análisis de varianza (ANOVA) demostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). La prueba Tukey (HSD) categorizó las respuestas entre tres grupos estadísticos independientes, mostrando un comportamiento dosis-respuesta óptimo al 1.5% y una reducción drástica de la actividad antioxidante en las dosis de 3.0% y 4.5%, las cuales disminuyeron incluso por debajo del grupo de control.

4.2. Flavonoides

El contenido de flavonoides mostró diferencias significativas entre tratamientos, al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El tratamiento con Sargazo al 1.5 % ($100.033 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de flavonoides) presentó el valor más alto, superando a los tratamientos con Sargazo al 3.0 % y 4.5 %, así como al tratamiento Control, los cuales estadísticamente fueron similares entre sí y en los cuales se observaron los valores más bajos (Figura 7).

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey (HSD) indicó que el tratamiento con Sargazo al 1.5 % presentó el mayor valor promedio, ubicándose en el grupo estadístico “a”. En contraste, los tratamientos T0 (Control), T2 (3.0 %) y T3

(4.5 %) se clasificaron en el grupo estadístico “b”, sin diferencias significativas entre ellos, pero con valores inferiores respecto al tratamiento con Sargazo al 1.5 %.

Figura 7 Comparación de medias para la variable flavonoides bajo cuatro tratamientos

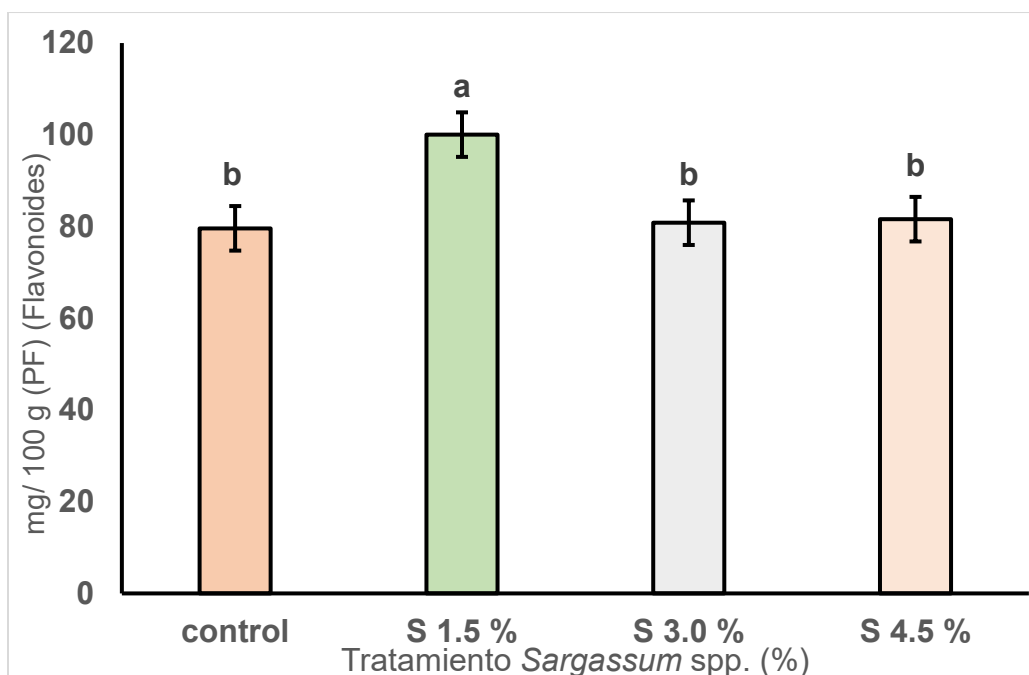


Figura 7. Comparación de medias para la variable flavonoides bajo cuatro tratamientos. El tratamiento al 1.5%(T1) obtuvo el mayor valor promedio (100.033), ubicándose de forma independiente en el grupo estadísticamente superior (letra a). En contraste, el grupo control (T0, 79.600) y las dosis de 3.0% (T3, 81.800) y 4.5% (T2, 80.833) se clasificaron en la categoría inferior (letra b), sin diferencias significativas entre ellos.

4.3.Fenoles

El análisis estadístico mostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$), ya que todos fueron agrupados con la misma letra ("a") de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey. Esto indica que las concentraciones de extracto de sargazo aplicadas no modificaron significativamente el contenido de compuestos fenólicos en los frutos de melón (Figura 8).

No obstante, de manera descriptiva se observó una tendencia al incremento de fenoles en los tratamientos con extracto de algas respecto al control. El

tratamiento con 1.5 % de *Sargassum* spp. presentó el valor promedio más alto (1156.96 mg 100 g⁻¹ PF), seguido por el tratamiento con 3.0 % (1145.54 mg 100 g⁻¹ PF), mientras que el tratamiento con 4.5 % mostró un valor intermedio (1069.84 mg 100 g⁻¹ PF). El menor contenido se registró en el tratamiento control (1029.96 mg 100 g⁻¹ PF).

Figura 8 Efecto de los tratamientos sobre el contenido de compuestos fenólicos (Fen)

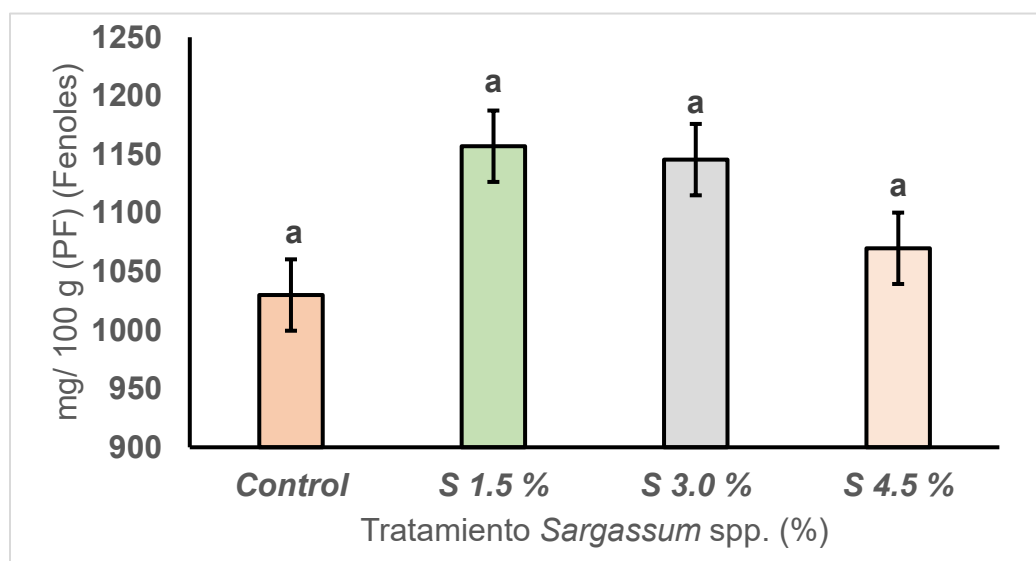


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de compuestos fenólicos (Fen). Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA) confirmaron la homogeneidad estadística entre los grupos ($p > 0.05$). La prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) clasificó al grupo control y a las dosis de 1.5%, 3.0% y 4.5% dentro de un único grupo estadístico ("a"), demostrando que las concentraciones evaluadas no alteran de manera significativa el contenido total de fenoles en comparación con el testigo.

4.4. Peso constante

Los resultados obtenidos evidenciaron una reducción gradual del peso de los frutos en todos los tratamientos durante el periodo de evaluación, fenómeno relacionado principalmente con la pérdida de agua por transpiración y con los procesos fisiológicos asociados a la respiración y maduración postcosecha. El tratamiento con extracto de algas marinas al 3.0 % presentó los mayores valores de peso durante el almacenamiento, mientras que los tratamientos con menores concentraciones y el control registraron valores inferiores. Esto sugiere que la

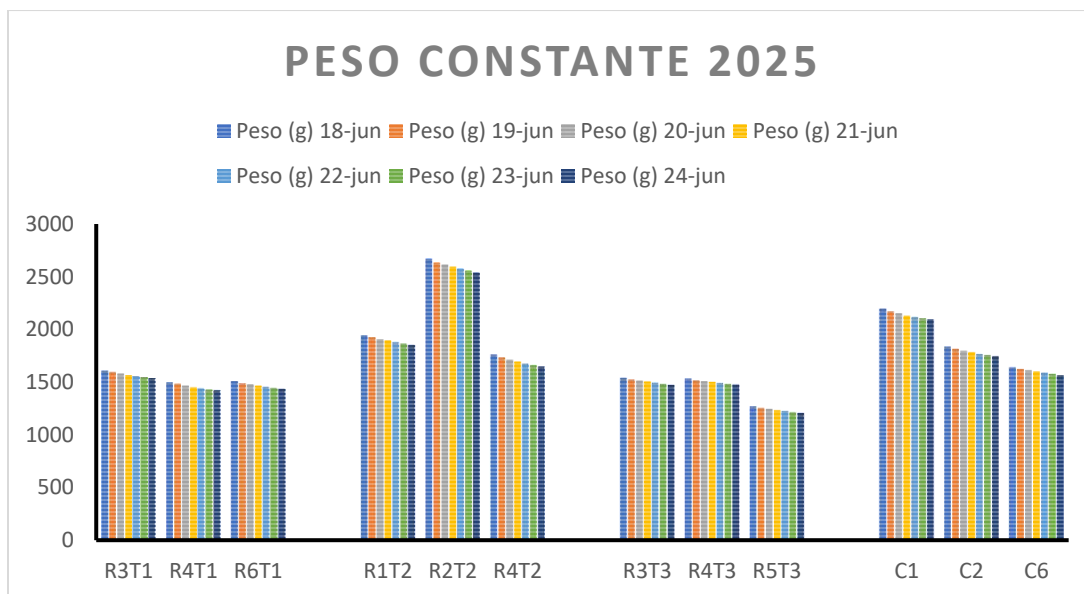
aplicación de extractos de algas marinas contribuyó parcialmente a la conservación de la calidad física y comercial de los frutos.

Diversas investigaciones reportan que los bioestimulantes derivados de algas marinas favorecen la regulación hídrica, mantienen la integridad de las membranas celulares y reducen el deterioro fisiológico durante la etapa postcosecha. Asimismo, los compuestos bioactivos presentes en las algas pueden estimular mecanismos metabólicos relacionados con la conservación de la firmeza y la disminución de la deshidratación de los frutos. Aunque todos los tratamientos mostraron pérdida progresiva de peso, las diferencias observadas indican que la aplicación de extractos de algas marinas podría ejercer efectos favorables sobre la conservación postcosecha del melón. No obstante, se recomienda complementar futuras investigaciones con variables como firmeza, sólidos solubles y vida de anaquel, con el propósito de evaluar de manera más precisa el efecto de estos bioestimulantes sobre la calidad postcosecha del fruto.

Cuadro 5 Evolución del peso del fruto (g) de melón (*Cucumis melo* L.) por tratamiento durante el periodo de almacenamiento del 18 al 24 de junio de 2025

	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
TRATAMIENTO	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	23-jun	24-jun
R3T1	1607	1594	1580	1566	1552	1546	1537
R4T1	1494	1482	1466	1450	1437	1428	1421
R6T1	1507	1489	1480	1465	1453	1443	1436
R1T2	1942	1924	1906	1892	1875	1864	1851
R2T2	2668	2632	2613	2592	2569	2555	2538
R4T2	1760	1731	1712	1692	1672	1660	1648
R3T3	1539	1525	1513	1503	1492	1483	1474
R4T3	1532	1518	1507	1500	1490	1483	1477
R5T3	1268	1254	1245	1230	1224	1214	1207
C1	2194	2170	2152	2128	2112	2104	2094
C2	1835	1813	1796	1780	1763	1756	1743
C6	1638	1622	1612	1598	1587	1578	1566

Figura 9 Peso constante graficado 2025



V. DISCUSIÓN

La variación estadísticamente significativa en el contenido de compuestos fenólicos puede ser explicada por la interacción de múltiples factores, tales como la concentración del bioestimulante, las condiciones ambientales, el estado fisiológico del cultivo y el fondo genético del híbrido evaluado. En este contexto, Battacharyya et al. (2015) reportan que los extractos de algas marinas son fuente de diversos compuestos bioactivos polisacáridos, aminoácidos, minerales y sustancias con actividad análoga a reguladores de crecimiento capaces de modular procesos fisiológicos y metabólicos en las plantas. Sin embargo, como señalan Calvo et al. (2014), la magnitud de dicha respuesta es dependiente de la dosis y del ambiente particular de producción.

En relación al de contenido de flavonoides, el tratamiento con 1.5 % de extracto (T2) presentó el valor promedio más elevado, con aproximadamente $100 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco, mientras que los tratamientos de 3.0 %, 4.5 % y el control presentaron valores inferiores. Este comportamiento sugiere que una concentración moderada de extracto de *Sargassum spp.* puede favorecer la acumulación de flavonoides en los frutos de melón, lo cual coincide con Craigie (2011) al mencionar que los extractos de algas actúan como moduladores del metabolismo vegetal y que la respuesta depende de la concentración utilizada y del estado fisiológico de la planta. La tendencia observada puede relacionarse con la capacidad de los extractos de algas marinas para estimular rutas metabólicas asociadas con la síntesis de metabolitos secundarios Khan *et al.* (2009) reportaron que los extractos de algas pueden favorecer la biosíntesis de compuestos fenólicos mediante la acción de sustancias bioactivas y reguladores del crecimiento presentes en estos productos.

En relación con el contenido de capacidad antioxidante, el incremento observado en T2 al (1.5%) puede relacionarse con la estimulación de mecanismos metabólicos asociados con la producción y actividad de compuestos antioxidantes. Esto puede relacionarse a que los extractos de algas marinas contienen diversos compuestos bioactivos capaces de actuar como bioestimulantes y modificar procesos

relacionados con el metabolismo secundario. De acuerdo con Gunathilake *et al.* (2022) señalan que la aplicación de extractos de algas puede favorecer los sistemas antioxidantes de las plantas mediante la activación de rutas metabólicas relacionadas con la respuesta al estrés oxidativo y la producción de metabolitos secundarios.

Es importante señalar que el comportamiento de la capacidad antioxidante no necesariamente tiene que coincidir directamente con el contenido total de compuestos fenólicos. En el presente estudio, los compuestos fenólicos no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, mientras que la capacidad antioxidante sí mostró una respuesta significativa, siendo T2 (1.5%) el tratamiento con mayor actividad antioxidante. Esto puede indicar que la capacidad antioxidante del fruto no depende exclusivamente de la cantidad total de compuestos fenólicos, sino también de la composición, estructura y actividad individual de los diferentes compuestos antioxidantes presentes en el fruto. Asimismo, otros metabolitos, incluidos determinados flavonoides y otros compuestos con capacidad reductora, pueden contribuir de manera diferenciada a la respuesta antioxidante (Kaur & Kapoor, 2001; Thaipong *et al.*, 2006).

La disminución de la capacidad antioxidante observada en las concentraciones de 3.0 y 4.5 % sugiere, además, que la respuesta del cultivo al extracto de *Sargassum spp.* puede presentar un comportamiento dependiente de la dosis. En este sentido, Hernández-Herrera *et al.* (2018) señalan que los extractos de algas pueden modificar positivamente los sistemas antioxidantes de las plantas, aunque la respuesta puede variar de acuerdo con la concentración aplicada. De manera similar, Calvo *et al.* (2014) indican que la respuesta de los cultivos a los bioestimulantes depende de factores como la dosis, el estado fisiológico de la planta y las condiciones ambientales. Por lo tanto, una mayor concentración del extracto no necesariamente genera una respuesta fisiológica superior, como se observó en el presente estudio, donde las concentraciones de 3.0 y 4.5 % presentaron menor capacidad antioxidante que la concentración de 1.5 %.

Asimismo, los resultados obtenidos adquieren relevancia al considerar que el melón cultivado en la Comarca Lagunera presenta capacidad para acumular compuestos bioactivos asociados con su calidad funcional y nutraceutica. En relación con ello Ramírez Aragón *et al.* (2024) reportaron la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y actividad antioxidante en frutos de melón producidos en esta región, destacando la importancia de las condiciones de producción sobre la acumulación de estos metabolitos. Esto concuerda con lo reportado por López- Martínez *et al.* (2022), quienes destacan el potencial de melón como fuente de antioxidantes, y con Ali *et al.* (2021) quienes señalan que los bioestimulantes a base de algas mejoran la calidad nutraceutica en cucurbitáceas bajo condiciones semiáridas.

En conjunto, los resultados indican que el extracto de *Sargassum spp.* generó una respuesta diferenciada en las variables bioquímicas evaluadas. El contenido de compuestos fenólicos presentó diferencias numéricas entre tratamientos, pero sin diferencias estadísticas significativas; los flavonoides mostraron su mayor valor con la concentración de 1.5 %, mientras que la capacidad antioxidante presentó diferencias estadísticas significativas, destacando el tratamiento de 1.5 % como el más favorable. Estos resultados sugieren que la concentración de 1.5 % puede representar una alternativa potencial para favorecer la calidad funcional del fruto de melón bajo las condiciones de la Comarca Lagunera, particularmente por su efecto sobre la capacidad antioxidante. Sin embargo, la respuesta observada confirma que el efecto de los bioestimulantes derivados de algas depende de la concentración aplicada y que dosis superiores no necesariamente generan una respuesta favorables.

6. CONCLUSIONES

La aplicación foliar de extracto de *Sargassum spp.* no produjo diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de melón bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio. Sin embargo, se observó una tendencia favorable en los tratamientos con mayores concentraciones de extracto, particularmente al 4.5 %, lo que sugiere la necesidad de continuar evaluando este bioestimulante en diferentes condiciones de manejo y ambientes de producción. La capacidad antioxidante de los frutos fue significativamente influenciada por los tratamientos evaluados, destacando la concentración de 1.5 % de *Sargassum spp.*, la cual presentó los valores más altos. Estos resultados indican que dosis moderadas del extracto favorecen la acumulación de compuestos con actividad antioxidante, contribuyendo a mejorar la calidad nutracéutica del fruto. El contenido de flavonoides también mostró una respuesta positiva a la aplicación del extracto de sargazo, siendo la concentración de 1.5 % la que presentó el mayor contenido de estos metabolitos. Esto demuestra que el uso de bioestimulantes derivados de algas marinas puede estimular la síntesis de compuestos bioactivos relacionados con la calidad funcional del melón. En términos generales, los resultados obtenidos permiten concluir que la aplicación de extracto de *Sargassum spp.* constituye una alternativa viable para mejorar la calidad nutracéutica del melón, especialmente mediante la concentración de 1.5 %, la cual favoreció significativamente la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides sin afectar negativamente el rendimiento del cultivo.

Literatura citada

- Allen**, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Almanza**, P. J. (2012). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Colombia: produmedios.
- Ambiental**, (2018). Convenio de Coordinación para infraestructura de abasto y calidad del agua en la Región Lagunera. Normateca Ambiental. <https://normatecambiental.org/2018/01/17/se-modifica-convenio-de-coordinacion-para-infraestructura-de-abasto-y-calidad-del-agua-en-la-region-lagunera/>
- Battacharyya**, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39–48. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2015.09.012>
- Burgos López**, J., Barahona Cajape, G., Castro Piguave, N., Vera Tumbaco, C., Morán, J., & Ortega, J. (2021). Obtención de semilla híbrida de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 12 (1), 38-51.
- Calvo**, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Craigie**, J.S. (2011) Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal Applied Phycology*, 23, 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- Chuquimia**, F., Alvarado, J. A., Peñarrieta, M., Bergenståhl, B., & Åkesson, B. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoidicos de cuatro especies vegetales de la región andina de bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 25(1), 75-83.
- Díaz-Alvarado**, Jorge Manuel, Monge-Pérez, José Eladio, & Loría-Coto, Michelle. (2021). Melón (*Cucumis melo* L.) Honey Dew cultivado bajo invernadero: correlación entre

densidad de siembra y variables de rendimiento. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(3), 34-50. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i3.5033>

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (s/f). Gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap>

Espinoza-Arellano, J. de J., Orona-Castillo, I., Guerrero-Ramos, L. A., Molina-Morejón, V. M., & Ramírez-Quiroga, E. C. (2019). Análisis del financiamiento, comercialización y rentabilidad del cultivo del melón con enfoque de “siembras por etapas” en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. *CienciaUAT*, 71–82. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1054>

Espinosa-Antón, Adrián Alejandro, Hernández-Herrera, Rosalba Mireya, & González-González, Mayelín. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 08 de enero de 2026, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257&lng=es&tlng=es.

Gabriel-Ortega, Julio, Burgos-López, Gema, Barahona-Cajape, Nora, Castro-Piguave, Carlos, Vera-Tumbaco, Máximo, & Morán-Morán, Jéssica. (2021). Obtención de semilla híbrida de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 12(1), 38-51. Recuperado en 24 de septiembre de 2025, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942021000100005&lng=es&tlng=es

González, M., Rodríguez García, M., Hernández, M. I., Rodríguez, C., Rieumont, J., Cuesta, E., Sardinias, C., & Morales, A. (2005). Obtención de un fertilizante de liberación lenta y controlada enriquecido con diferentes plantas marinas. *Revista Cubana de Química*, XVII(3), 25-31.

Gutiérrez Cuesta, R., González García, K., Hernández Rivera, Y., Acosta Suárez, Y., & Marrero Delange, D. (2017). Marine algae, potential source of macronutrients. *Centro de Investigaciones Marinas*, 16-28.

- Hong**, C. Y., Chao, Y. Y., Yang, M. Y., Cho, S. C., & Huei Kao, C. (2009). Na⁺ but not Cl⁻ or osmotic stress is involved in NaCl-induced expression of Glutathione reductase in roots of rice seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 166(15), 1598–1606. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2009.04.001>
- Inzunza-López**, J. O., Valdez-Cepeda, R. D., Mendoza, B., Sánchez-Cohen, I., & García-Herrera, G. (2011). La variación de las temperaturas extremas en la ‘comarca lagunera’ y cercanías. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 17(Especial), 45–61. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.071>
- Kesh**, H., & Kaushik, P. (2021). Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update. *Scientia Horticulturae*, 282(110045), 110045. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110045>
- Lester**, G. E. (2008). Antioxidant, sugar, mineral, and phytonutrient concentrations across edible fruit tissues of orange-fleshed honeydew melon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3694–3698. <https://doi.org/10.1021/jf073434n>
- López-Padrón**, Indira, Martínez-González, Lisbel, Pérez-Domínguez, Geydi, Reyes-Guerrero, Yanelis, Núñez-Vázquez, Miriam, & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), . Epub 01 de junio de 2020. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200010&lng=es&tlng=es.
- L., H. C.** (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón *Cucumis melo* L. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Ramírez Aragón**, M. G., et al. (2024). Borroel García, V. J., López Martínez, J. D., Nieto Garibay, A., & García Hernández, J. L. Extracción de compuestos antioxidantes en sandía y melón en la Comarca Lagunera. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1).
- Mireya Hernández-Herrera**, R., Vanessa Sánchez-Hernández, C., Andrea Palmeros-Suárez, P., Ocampo-Alvarez, H., Santacruz-Ruvalcaba, F., David Meza-Canales, I., &

- Becerril-Espinosa, A. (2022). Seaweed Extract Improves Growth and Productivity of Tomato Plants under Salinity Stress. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102495>
- Mohammad** Reza, S., Mohebbat, M., & Masoud, T. (febrero 2017). Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) pulp powder using foam-mat drying method: Effects of drying on microstructural of mat and physicochemical properties of powder. *Drying Technology*, 1897-1908.
- Muñoz-Bernal**, Óscar A., Torres-Aguirre, Gaspar A., Núñez-Gastélum, José A., Rosa, Laura A. de la, Rodrigo-García, Joaquín, Ayala-Zavala, J. Fernando, & Álvarez-Parrilla, Emilio. (2017). Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 20(2), 10.1016/j.recqb.2017.04.003. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.003>
- Sempeho**, S. I., Kim, H. T., Mubofu, E., & Hilonga, A. (2014). Meticulous Overview on the Controlled Release Fertilizers. *Advances In Chemistry*, 2014, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2014/363071>
- Sowinska**, K. A. (2024). The Use of Soil Surface Mulching on Melon (*Cucumis melo* L.) Production under Temperate Climate Conditions. *Agriculture*, 5-16
- FAO**. (2020). FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/>
- Lester**, G. E. (2008). Antioxidant, sugar, mineral, and phytonutrient concentrations across edible fruit tissues of orange-fleshed honeydew melon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3694–3698. <https://doi.org/10.1021/jf073434n>
- Martínez-Valdivieso**, D., Gómez, P., Font, R., Río-Celestino, M. D., & Alonso-Moraga, Á. (2015). Nutritional composition of melon cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.012>
- Tapia-Vargas**, L. M., Rico-Ponce, H. R., Larios-Guzmán, A., Vidales-Fernández, I., & Pedraza-Santos, M. E. (2010). Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto

y estado nutricional del melón cantaloupe. Revista Chapingo. Serie horticultura, 16(1), 49-55. Recuperado en 02 de octubre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000100007&lng=es&tlng=es

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669–675. doi.org