

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación del efecto de la aplicación foliar de sargazo como biofertilizante en el crecimiento y rendimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

Por:

Claudia Estefania Castillo Delgado

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del efecto de la aplicación foliar de sargazo como biofertilizante en el crecimiento y rendimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

Por:

Claudia Estefania Castillo Delgado

TESIS

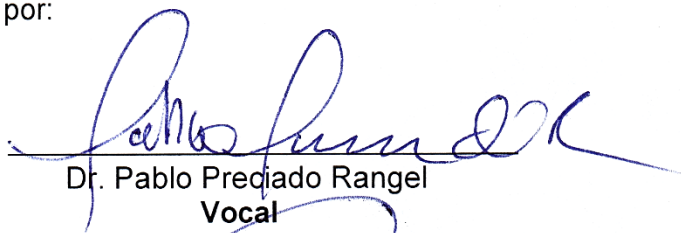
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

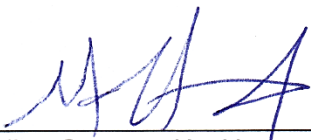
Aprobado por:



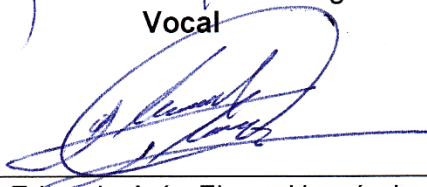
Dr. Alain Buendía García
Presidente



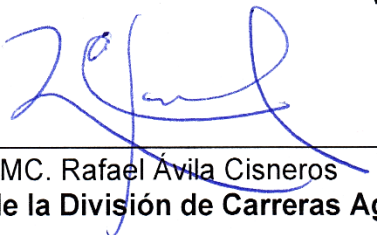
Dr. Pablo Preciado Rangel
Vocal



MC. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Vocal

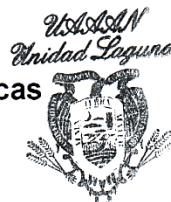


Dr. Eduardo Arón Flores Hernández
Vocal suplente



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



*Coordinadora de la División
de Carreras Agronómicas*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del efecto de la aplicación foliar de sargazo como biofertilizante en el crecimiento y rendimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

Por:

Claudia Estefania Castillo Delgado

TESIS

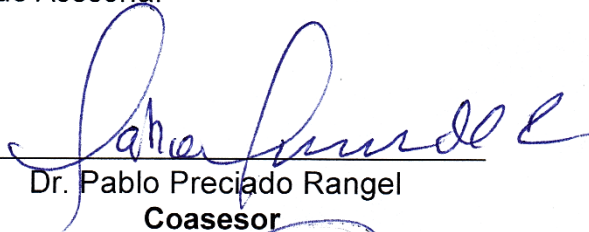
Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

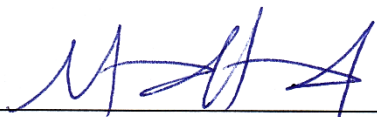
Aprobado por el Comité de Asesoría:



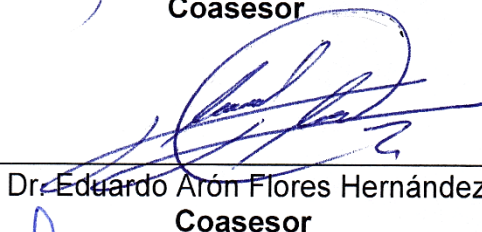
Dr. Alain Buendía García
Asesor Principal



Dr. Pablo Preciado Rangel
Coasesor



MC. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Coasesor



Dr. Eduardo Arón Flores Hernández
Coasesor



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



Agradecimientos

A Dios por darme vida y salud necesaria para culminar esta etapa. A él encomiendo mis esfuerzos y dedico con humildad el fruto de este trabajo.

A mis padres

A mis padres, por ser mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Gracias por su amor incondicional, sus sacrificios y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Por cada palabra de aliento, por cada consejo y por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles, les estaré siempre agradecida.

A mi hermana

A mi hermana y mejor amiga Ali, por ser mi mayor apoyo y compañía incondicional. Gracias por estar a mi lado en cada etapa de este camino, por alentarme en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada logro. Tu cariño, comprensión y amistad hicieron posible que este sueño se concretara. Este triunfo también es tuyo.

A mi “Alma Terra Mater”

A la UAAAN, mi alma terra mater, agradezco la oportunidad de formarme profesional y humanamente. Por experiencias y amistades que me dio. Gracias a sus docentes y por ser cuna de mi crecimiento académico y personal. ¡¡NO TE ACABES NARRITO!!

A mi asesor de tesis

Dr. Alain Buendía, expreso mi más profundo agradecimiento por su acompañamiento y orientación en este proyecto y en mi etapa universitaria. Su paciencia, conocimientos y dedicación fueron clave en cada etapa de este proyecto y de la carrera.

A mis amigos

Mariana, Aarón, Marlene y Eduardo gracias por compartir conmigo esta etapa llena de aprendizajes, retos y experiencias inolvidables. Su amistad y apoyo en esta etapa hizo más llevadero el camino. Me salvaron en la carrera y en la vida aún más.

Dedicatoria

A mis padres

A mi papá José Reynaldo Castillo Díaz y a mi mamá Maria del Refugio Delgado Montañez, por brindarme una de las más valiosas herramientas en la vida y acompañarme de forma incondicional a lo largo de mi camino, tanto en los momentos difíciles como en los más gratificantes de mi etapa como estudiante.

A mis abuelitos

Gilberto Delgado y Mariana Montañez quienes, aunque ya no están físicamente conmigo, permanecen en mi corazón y en cada paso que doy. Ellos me inculcaron el amor por la agronomía y sembraron en mí los valores de esfuerzo, humildad y respeto por la tierra. Este logro es también suyo, porque su ejemplo y enseñanzas continúan guiando mi camino.

A mis sobrinos

Dedico este trabajo a José, Sabdiel, Milton, y en especial a Elías, por llenarme de alegría y motivación cada día. Que este logro sea un ejemplo de esfuerzo y constancia para ustedes, y que siempre recuerden que los sueños se alcanzan con dedicación y pasión.

A mi perrhijo Mateo

Mi compañero incondicional de largas jornadas de estudio y desvelos. Gracias por tu compañía silenciosa, tu alegría en los momentos más difíciles y por recordarme con tu cariño que siempre hay razones para sonreír. Esta meta también es para ti, porque fuiste parte de cada paso en este camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	i
Dedicatoria	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Distribución	4
2.3. Producción.....	5
2.3.1. Mundial	5
2.3.2. Nacional.....	5
2.3.3. Regional.....	5
2.4. Generalidades.....	6
2.4.1. Condiciones de clima	6
2.4.2. Descripción botánica.....	6
2.4.2.1. Planta	6
2.4.2.2. Raíz.....	6
2.4.2.3. Tallo.....	7
2.4.2.4. Hojas	7
2.4.2.5. Flores.....	7
2.4.2.6. Fruto.....	7
2.4.2.7. Semillas	9
2.5. Clasificación botánica.....	9
2.6. Fisiología y ciclo vegetativo	9
2.6.1. Germinación	9
2.6.2. Floración.....	10

2.6.3.	Polinización	11
2.6.3.1.	Agentes polinizadores.....	12
2.6.4.	Fecundación.....	12
2.7.	Condiciones de clima y suelo	12
2.7.1.	Requerimientos climáticos	12
2.7.1.1.	Temperatura	13
2.7.1.2.	Humedad relativa	14
2.7.1.3.	Luminosidad	14
2.7.2.	Requerimientos de suelo.....	15
2.7.2.1.	Textura.....	15
2.7.2.2.	Condiciones físicas del suelo	16
2.7.2.3.	Profundidad del suelo	16
2.7.2.4.	Salinidad	16
2.7.2.5.	pH del suelo.....	18
2.7.2.6.	Drenaje.....	18
2.7.2.7.	Temperatura del suelo	18
2.8.	Preparación del terreno	19
2.9.	Densidad de siembra	20
2.10.	Fertilización.....	21
2.10.1.	Sargazo	22
2.11.	Riegos	23
2.12.	Control de malezas.....	25
2.13.	Plagas enfermedades y malezas	26
2.13.1.	Plagas	26
2.13.2.	Enfermedades.....	35
III.	Materiales Y Métodos	40
3.1.	Localización del área de estudio	40
3.2.	Localización del sitio de estudio	40
3.3.	Localización del experimento	41
3.4.	Clima de la región	42
3.4.1.	Temperatura	43
3.4.2.	Precipitación pluvial.....	43
3.4.3.	Granizos.....	44

3.4.4.	Vientos	44
3.4.5.	Heladas.....	44
3.4.6.	Humedad relativa	45
3.4.7.	Evaporación	45
3.5.	Suelos en la región de la Comarca Lagunera	45
3.6.	Análisis químico y físico del suelo	46
3.7.	Tratamientos.....	48
3.8.	Diseño experimental	49
3.9.	Parcela experimental.....	50
3.10.	Material vegetativo.....	51
3.11.	Control de plagas	52
3.12.	Fertilización del cultivo.....	54
3.13.	Riego	54
3.14.	Variables agronómicas	54
3.15.	Sólidos solubles totales	57
3.16.	Firmeza del fruto.....	57
IV.	Resultados Y Discusión.....	58
4.1.	Rendimiento	58
4.2.	Sólidos solubles totales (°Brix).....	59
4.3.	Firmeza del fruto.....	61
4.4.	Diámetro polar	62
4.5.	Diámetro ecuatorial	63
V.	Conclusiones.....	65
VI.	Literatura Citada.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperaturas críticas para melón en las distintas fases de desarrollo.	14
Cuadro 2. Requerimientos agroclimáticos que influyen en la producción del melón.	15
Cuadro 3. Tolerancia a la salinidad en variedades de melón.....	17
Cuadro 4. Extracción de macronutrientes en melón de acuerdo con el rendimiento.	22
Cuadro 5. Pauta de riego en el cultivo de melón.....	24
Cuadro 6. Pauta de riego en el melón empleando el sistema de goteo.....	25
Cuadro 7. Resultados del análisis físico-químico del suelo.	46
Cuadro 8. Tratamientos evaluados con cuatro concentraciones de sargazo.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio (Torreón, Coahuila, México)	40
Figura 2. Localización del sitio de estudio (UAAAN – UL).....	41
Figura 3. Localización del experimento (Campo experimental de la UAAAN – UL)	42
Figura 4. Precipitación mensual máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024).....	42
Figura 5. Temperatura mensual mínima, máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024)	43
Figura 6. Esquema de parcela.....	51
Figura 7. Siembra del cultivo del melón con acolchado.....	52
Figura 8. Aplicación de agroquímicos en el cultivo de melón.....	53
Figura 9. Peso del fruto del melón.	55
Figura 10. Medidas del diámetro polar y ecuatorial.	56
Figura 11. 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 ($p \leq 0.05$).....	58
Figura 12. Contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) en frutos de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).....	60
Figura 13. Firmeza del fruto 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 ($p \leq 0.05$).....	62
Figura 14. Diámetro polar del fruto 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 ($p \leq 0.05$).	63
Figura 15. Diámetro ecuatorial del fruto 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 ($p \leq 0.05$).	64

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación foliar de sargazo como biofertilizante sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de riego por goteo. La investigación se desarrolló en condiciones de campo, empleando un diseño experimental con tratamientos diferenciados en función de la concentración de sargazo aplicada, con el fin de determinar su influencia en variables agronómicas y de calidad del fruto. Se evaluaron parámetros como rendimiento, diámetro polar y ecuatorial, firmeza de fruto y contenido de sólidos solubles totales (°Brix). Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico para la identificación de diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados mostraron ausencia de diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la mayoría de las variables evaluadas, incluyendo rendimiento, firmeza y dimensiones del fruto. No obstante, se detectaron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales (°Brix), evidenciando una respuesta positiva a la aplicación de sargazo en términos de calidad del fruto. Se concluye que la aplicación foliar de sargazo no tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo de melón bajo las condiciones del estudio; sin embargo, su uso mostró potencial para mejorar atributos de calidad, particularmente el contenido de azúcares. Estos resultados sugieren que el sargazo puede considerarse una alternativa viable como biofertilizante en sistemas de producción sustentable, orientado principalmente a la mejora de la calidad del fruto.

Palabras clave: *Cucumis melo*, Bioestimulante, Macroalgas

I. INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo* L) es una de las frutas más queridas a nivel mundial, no solo por su sabor refrescante y aroma característico, sino también por su valor nutricional y sus propiedades bioactivas un ejemplo de ello, son los antioxidantes. Su cultivo y comercialización representan una importante actividad económica en diversas regiones, lo que ha impulsado la investigación para optimizar su calidad y prolongar su vida útil. La calidad del melón es un factor multifactorial, determinado por características físicas, químicas y organolépticas que influyen directamente en la preferencia del consumidor.

Uno de los parámetros más críticos para evaluar la calidad interna y la madurez del melón es el contenido de sólidos solubles totales (SST), usualmente expresado en grados Brix (°Brix). Los °Brix son una medida indirecta del contenido de azúcares en la fruta y están directamente relacionados con la dulzura percibida. Un mayor contenido de °Brix suele indicar un melón más maduro y de mejor sabor, lo que lo convierte en un indicador clave para determinar el momento óptimo de cosecha y garantizar la satisfacción del consumidor. La medición de °Brix se realiza de manera característica con un refractómetro, un método rápido y no destructivo que permite un control de calidad eficiente en la cadena de producción y comercialización.

Más allá de su dulzura, el melón es una fuente importante de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y beneficios para la salud. Estos compuestos incluyen carotenoides (como el β -caroteno y la luteína, responsables de la coloración de la pulpa), vitamina C (ácido ascórbico) y compuestos fenólicos. La capacidad antioxidante total de la fruta es un indicador de su potencial para neutralizar radicales libres y contribuir a la prevención de enfermedades crónicas. La determinación de antioxidantes se realiza mediante diversas técnicas espectrofotométricas, en este caso se realizó por DPPH, que cuantifican la capacidad de la muestra para reducir un radical o un ion.

La mayor producción de melón en Coahuila se concentra en la Comarca Lagunera, abarcando más de 1,800 productores distribuidos en los municipios de

Matamoros, San Pedro de las Colonias y Viesca. Estos productores presentan un alto nivel de especialización en el cultivo, lo que ha permitido alcanzar rendimientos significativos, reflejándose en la calidad e inocuidad de los frutos. Otros estados como Chihuahua, Durango y Sonora también destacan entre los principales productores de melón en México.

Entre los factores que condicionan la producción de esta hortaliza en el país se encuentran la comercialización, el precio de garantía, el manejo de patógenos, la disponibilidad de agua, la nutrición del cultivo, el acceso a recursos genéticos adecuados y la organización de la producción. Respecto al recurso genético, actualmente se emplean semillas de empresas transnacionales, lo que implica una fuga de divisas. Por ello, evaluar materiales introducidos permite conocer su potencial productivo y seleccionar aquellos híbridos que maximicen los rendimientos y las ganancias de los agricultores dedicados al cultivo de melón.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de sargazo como biofertilizante en el crecimiento, desarrollo fisiológico y rendimiento del cultivo (*Cucumis melo L.*), con el fin de determinar su potencial como alternativa sostenible en la producción agrícola.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad nutraceútica del fruto del melón.
- Determinar la cantidad adecuada de sargazo para proporcionar la nutrición requerida por el cultivo.
- Comparar la fertilización sintética con la aplicación de sargazo con respecto al rendimiento del cultivo de melón.

1.2. Hipótesis

La aplicación foliar de un extracto acuoso de sargazo (*Sargassum spp.*) en diferentes concentraciones mejorará significativamente las variables de crecimiento, el rendimiento y la calidad (medida en grados Brix) del melón variedad Crussier, en comparación con plantas no tratadas (control).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

De acuerdo con estudios genéticos, ensayos de cruzamiento y datos de distribución, el origen del melón se sitúa probablemente en África. La diferenciación entre *Cucumis melo* ssp. *melo* y ssp. *agrestis* se habría producido a partir de melones silvestres difundidos por el ser humano en Asia. El melón silvestre de sabor dulce que se conoce en la actualidad parece ser consecuencia de los procesos de domesticación y cultivo, dado que la hibridación natural en esta especie es bastante frecuente. Por ello, resulta fundamental investigar el germoplasma de melones silvestres no comestibles, en especial los procedentes de África, con el fin de apoyar su conservación y confirmar con mayor precisión el origen de la especie (Kerje & Grum, 2000).

Por otra parte, existe una teoría que sitúa el origen del melón en regiones como India, Beluchistán y Guinea, donde se habrían desarrollado diversas formas silvestres del cultivo. Estas variedades presentaban una notable variabilidad en el tamaño y morfología de los frutos, que podían ir desde ejemplares pequeños, similares a un huevo, hasta los denominados melones serpiente (*Cucumis melo* L. var. *flexuosus*), caracterizados por alcanzar hasta un metro de longitud y un diámetro de entre siete y diez centímetros (Cano *et al.*, 2002).

2.2. Distribución

El melón se domesticó y diversificó en numerosos cultivares, destacando la India como centro secundario de origen. Desde allí, su cultivo se expandió por Europa y posteriormente llegó a América (Hernández, 2004). Aunque no hay evidencia clara de su presencia en el Antiguo Egipto, sí se conoce que en la era cristiana temprana ya se cultivaba en el mundo grecorromano, extendiéndose por Italia hacia el siglo IV d.C. En el siglo XV estaba presente en gran parte de Europa y, posteriormente, en regiones cálidas de todos los continentes. Durante el siglo XVIII surgió el melón “Cantalupo” en Francia, consolidando su distribución en zonas

favorables. Registros históricos indican que en 1494 se cultivaba en Islandia, en 1516 en América Central y en 1609 en Estados Unidos. Las primeras variedades carnosas modernas aparecieron en el siglo XVII (Zapata *et al.*, 1989).

2.3. Producción

2.3.1. Mundial

La producción mundial de melón alcanza aproximadamente los 28.6 millones de toneladas al año, según los datos más recientes de FAOSTAT. China lidera la producción global con unos 14.45 millones de toneladas, lo que representa cerca del 49 % del total mundial. Le siguen Turquía e India, con 1.64 a 1.85 millones de toneladas y aproximadamente 1.48 millones de toneladas, respectivamente. Juntas, estas tres naciones suman alrededor del 60% de la producción mundial de melón. (SADECO, 2024).

2.3.2. Nacional

Para diciembre de 2023, la producción nacional de siembras y cosechas alcanzó las 645, 002 toneladas de melón, lo que representa un incremento del 11.2% en comparación con las 580, 000 toneladas obtenidas el año anterior, de acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Con una superficie cultivada de 19, 501 hectáreas, este cultivo posee una alta relevancia económica y social para México. En la actualidad, el país ocupa el duodécimo lugar en la producción mundial (SADER, 2024).

2.3.3. Regional

En base a los datos del 2022 del último Censo Agropecuario realizado por el INEGI, Coahuila continua como el principal productor de melón en México, concentrando aproximadamente una cuarta parte de la superficie cultivada a nivel

nacional. En particular, la región lagunera sobresale con municipios como Matamoros y Viesca, que en conjunto superan las 2,700 hectáreas en producción (INEGI, 2024).

2.4. Generalidades

2.4.1. Condiciones de clima

El melón es de clima templado cálido y con días luminosos, para obtener una buena producción requiere condiciones de clima adecuadas.

Las temperaturas elevadas, combinadas con baja humedad relativa, favorecen la calidad del fruto, potenciando su aroma y contenido de azúcares, además de generar un entorno menos propicio para el desarrollo de enfermedades (Pinto, 2013).

2.4.2. Descripción botánica

2.4.2.1. Planta

El melón (*Cucumis melo L.*) es una hortaliza que forma parte de la familia de las cucurbitáceas. Se trata de una planta herbácea de ciclo anual, con crecimiento rastrero y, en caso de contar con soporte, también puede desarrollarse como trepadora. Presenta zarcillos simples de entre 20 y 30 centímetros de largo, que emergen en las axilas de las hojas junto a los brotes en desarrollo, lo que le permite sujetarse a estructuras de entutorado (Reche, 2007).

2.4.2.2. Raíz

La raíz del melón, en su etapa adulta, es de tipo pivotante y desarrolla un sistema secundario bastante amplio, capaz de profundizar hasta alrededor de 1,5 metros. Sin embargo, en suelos enarenados suele mantenerse más superficial (Reche, 2007).

2.4.2.3. Tallo

Los tallos del melón son delgados y flexibles, de color verde y con varias ramificaciones. En las plantas jóvenes pueden presentar forma pentagonal, cuadrangular o casi cilíndrica, y están cubiertos por una fina pubescencia. Suelen crecer de manera rastrera, extendiéndose sobre el suelo, aunque en algunas variedades pueden trepar gracias a los zarcillos caulinares, lo que permite aprovecharlas en sistemas de cultivo con entutorado (Reche, 2007).

2.4.2.4. Hojas

Las hojas del melón se sostienen mediante un pecíolo largo, que suele medir entre 10 y 15 cm. Son alternas y de nervadura palmada, con formas que varían según la etapa de la planta: en las más jóvenes tienden a ser redondeadas, mientras que en etapas posteriores se muestran lobuladas, con divisiones de 3-5 lóbulos. Los bordes presentan un dentado poco marcado y la superficie está cubierta de una fina pubescencia, lo que le da una textura áspera al tacto (Reche, 2007).

2.4.2.5. Flores

En las axilas de las hojas se desarrollan yemas protegidas por pequeñas hojillas dispuestas de manera imbricada. Estas yemas son de tipo florífero y originan flores amarillas, con pétalos soldados, que pueden ser masculinas o femeninas según la variedad y las condiciones ambientales. Las flores femeninas se distinguen con facilidad porque presentan un ovario ínfero claramente visible, el cual, tras la polinización, dará lugar al fruto (Reche, 2007).

2.4.2.6. Fruto

La planta de melón se distingue por la gran diversidad que presentan sus frutos en cuanto a forma, tamaño, color de la piel y de la pulpa. Botánicamente, el

fruto es una baya de gran tamaño, con placenta carnosa y un epicarpio quebradizo, cuyas características varían según la variedad cultivada (Cano *et.al.*, 2002).

La forma del fruto puede ser esférica, como en los tipos *galia* y *cantalupo*; ovalada, presente en algunas variedades del tipo *galia*; y alargada, característica de los melones tradicionales españoles, como el amarillo, piel de sapo o tendral. El color de la piel es verde en distintos tonos, amarillo, dorado, blanco o con moteados, entre otros (Crawford, 2017).

El aspecto de la epidermis puede ser lisa; escriturada, con protuberancias longitudinales más o menos marcadas, típico del melón *piel de sapo*; reticulada, con una especie de red que recubre toda la superficie, común en el melón *galia*, acompañada de meridianos más oscuros; rugosa, propia del tipo *tendral*, lo que le confiere gran capacidad de conservación (Crawford, 2017).

El color de la pulpa varía entre blanco lo que es característico de los melones tradicionales españoles, amarillento-verdoso o amarillo-anaranjado habitual en variedades tipo *Galia* y/o naranja o asalmonado más o menos intenso como en los *cantalupos* (Cano *et.al.*, 2002).

Los parámetros de tamaño y peso varían entre variedades, siendo estos criterios clave para su descripción y clasificación:

Muy pequeño: menor de 1 kg

Pequeño: 1 – 2 kg

Mediano: 2 – 3 kg

Grande: 3 – 4 kg

Muy grande: mayor de 4 kg

El nivel de azúcares se determina mediante el índice refractométrico, y su valor depende tanto del autor y variedad como de las condiciones de cultivo:

Bajo: menor de 10° Brix

Medio: 10 – 14° Brix

Alto: más de 14° Brix

(Reche, 2007)

2.4.2.7. Semillas

La semilla de melón está formada por una cubierta protectora o tegumento, reservas nutritivas y el embrión, siendo este último la parte esencial, ya que de él depende la germinación y el posterior desarrollo de la planta. Su tamaño y peso pueden variar, aunque en promedio se contabilizan entre 25 y 30 semillas por gramo. Cuando se almacenan en condiciones adecuadas, conservan su capacidad germinativa durante un periodo aproximado de 5 a 6 años (Reche, 2007).

2.5. Clasificación botánica

De acuerdo con Fuller y Ritchie (1967) y Boyhan *et al.* (1999), el *Cucumis melo* L. pertenece a la familia Cucurbitaceae y se encuentra descrito dentro de la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	Vegetal
Phyllum	Tracheophyta
Clase	AngiosMperma
Orden	Campanulales
Familia	Cucurbitácea
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>melo</i>

2.6. Fisiología y ciclo vegetativo

2.6.1. Germinación

La germinación del melón generalmente comienza a los 7 días después de la siembra, aunque este periodo puede variar según la luminosidad y la orientación

del terreno. En suelos enarenados y con condiciones óptimas de humedad y temperatura, las semillas pueden germinar incluso a los 3 días. Por el contrario, si la siembra se realiza a una mayor profundidad que la habitual, que suele ser de 1 a 2 cm, el inicio de la germinación se retrasa (Peñaloza, 2001)

La germinación depende de determinadas condiciones:

- a) De la semilla: la semilla debe recolectarse en su estado de madurez. La recolección prematura reduce la tasa de germinación y disminuye el vigor de la plántula resultante.
- b) Del medio:
 - 1) Humedad. El contenido de reservas nutritivas en la semilla es fundamental para la germinación. Estas reservas, de naturaleza orgánica, se movilizan cuando el agua penetra en la semilla, transformándose en compuestos solubles y asimilables que proporcionan el alimento necesario para el desarrollo de la plántula hasta su emergencia.
 - 2) Oxígeno. Colocar la semilla en un suelo suelto y bien aireado favorece la emergencia de la plántula. Además, la presencia de oxígeno en el sustrato es esencial para la respiración del embrión, un proceso muy activo durante la germinación.
 - 3) Temperatura. Durante la germinación, el suelo debe mantenerse a temperaturas óptimas, generalmente entre 18 y 20 °C, para favorecer el correcto desarrollo de la plántula.

(Reche, 2007)

2.6.2. Floración

Las flores del melón son principalmente monoicas, aunque en ocasiones pueden presentarse como andromonoicas, es decir, con la presencia de flores hermafroditas.

Flores masculinas (estaminadas): suelen agruparse en fascículos y presentan pedicelos delgados de entre 0.4 y 1.8 cm de longitud, con una ligera

pubescencia. El perianto es pentámero y el receptáculo, de 0.5 a 0.6 cm de largo por 0.3 a 0.4 cm de ancho, tiene forma campanulada y, por lo general, es tomentoso. Los sépalos miden entre 0.8 y 1.0 cm, con forma tubular o lanceolada angosta, y son vellosos. Los pétalos, de 0.8 a 2.0 (hasta 3.0) cm de largo y 1.1 a 1.2 cm de ancho, son obovados, con ápice agudo, obtuso o ligeramente emarginado; externamente pueden ser pubescentes o glabros, mientras que internamente son glabros, con algo de vellosidad en las nervaduras. Los filamentos son reducidos, y las anteras, de aproximadamente 0.3 a 0.4 cm de largo por 0.2 cm de ancho, muestran un conectivo que se prolonga en un ápice bilobado. El pistilodio suele ser evidente (Parson, 1997).

Flores femeninas (pistiladas): aparecen de manera solitaria y, generalmente, en axilas diferentes a las masculinas. Poseen pedicelos más gruesos de entre 1.0 y 2.0 cm. El perianto es similar al de las flores masculinas, aunque con sépalos un poco más anchos. El ovario es tricarpelar, de forma ovoide a subcilíndrica, densamente cubierto de pelos. El estilo mide entre 0.1 y 0.2 cm y sostiene tres estigmas capitados, esféricos y ligeramente bilobados (CONABIO, s/f).

2.6.3. Polinización

La polinización en melón depende principalmente de insectos. En cultivares monoicos es esencial el traslado de polen de flores masculinas a femeninas, mientras que, en los andromonoicos, aunque las flores hermafroditas son compatibles, se recomienda la intervención de abejas para asegurar coincidencia entre la liberación de polen y la receptividad del estigma. Los sacos polínicos se abren con temperaturas superiores a 18 °C, lo cual no suele ser problema en invernaderos; sin embargo, en variedades tempranas puede fallar la polinización incluso con abejas, por lo que a veces se recurre a reguladores de crecimiento, aunque esto es costoso y poco recomendable. Una polinización adecuada es clave para lograr frutos uniformes, ya que una fecundación incompleta ocasiona deformaciones. Además, existe una fuerte relación entre el número de semillas y el

peso del fruto, por lo que la polinización resulta decisiva para la productividad (FAO, 2002).

2.6.3.1. Agentes polinizadores

Según McGregor, Silva y Araújo, los principales agentes de polinización del melón son insectos de la familia Apidae, especialmente *Apis mellifera* L. y especies del género *Bombus* ssp. En menor medida, también participan algunas especies del género *Xylocopa* (abejorros carpinteros) (CONABIO s/f).

2.6.4. Fecundación

Tras la deposición del polen, el tubo polínico tarda aproximadamente 24 a 30 horas en alcanzar el ovario. Durante este período también es fundamental que la temperatura favorezca el desarrollo del tubo polínico con un mínimo de 18°C. Para garantizar una polinización eficiente y evitar la formación de frutos deformes, es recomendable la colocación de colmenas en los cultivos.

La fecundación en las flores de melón puede ocurrir en tres formas:

1. Autofecundación, es cuando sucede con el mismo polen de la misma flor.
2. Autopolinización, sucede con polen de flores en la misma planta.
3. Polinización cruzada, es cuando se obtiene el polen de flores de otras plantas.

(Parson, 1997)

2.7. Condiciones de clima y suelo

2.7.1. Requerimientos climáticos

El melón es un cultivo que requiere condiciones climáticas específicas para alcanzar un buen rendimiento y calidad en sus frutos. La temperatura óptima para

su desarrollo se encuentra entre 23 °C y 30 °C, acompañada de un ambiente seco con humedad relativa inferior al 70 % y un máximo de 75 %. Cuando el cultivo se establece en estas condiciones, se favorece la producción de frutos con mayor contenido de azúcares y aromas más intensos, además de reducirse la incidencia de enfermedades (Instituto Colombiano Agropecuario, 1962).

Se trata de una especie característica de las regiones cálido-secas, aunque en ocasiones puede adaptarse a climas templados, siempre y cuando no se presenten bajas temperaturas. La germinación de las semillas ocurre de manera óptima cuando el suelo alcanza entre 22 °C y 30 °C, mientras que durante la fase de crecimiento vegetativo la temperatura atmosférica ideal oscila entre 25 °C y 30 °C. En el caso de la floración, los valores adecuados se sitúan entre 20 °C y 25 °C; sin embargo, temperaturas excesivamente altas tienden a inducir un mayor número de flores masculinas, lo que afecta el cuajado de frutos (Alvarado, 2008).

Dado que los melones son considerados frutas de origen tropical, su desarrollo óptimo depende de la exposición a temperaturas elevadas y alta radiación solar, factores necesarios para garantizar una adecuada germinación y fructificación. En zonas de clima templado, la mayoría de las variedades deben cultivarse bajo condiciones protegidas (invernaderos o túneles plásticos) para asegurar la maduración de los frutos, salvo en aquellos veranos excepcionalmente cálidos (Alvarado, 2008).

2.7.1.1. Temperatura

En la publicación “El Cultivo del Melón” de Heredia N. y Vieira M. (2002) señalan que, al igual que otras cucurbitáceas e incluso en mayor medida que la sandía, el melón es una hortaliza con alta demanda de temperaturas elevadas tanto en el suelo como en el ambiente, con promedios óptimos que oscilan entre 18 y 26 °C. La temperatura del suelo influye directamente en el proceso de germinación, mientras que la del aire resulta determinante para el crecimiento y desarrollo de la planta (Infoagro, 2005).

Cuadro 1. Temperaturas críticas para melón en las distintas fases de desarrollo.

Helada		1°C
Detención de la vegetación	Aire	13 – 15°C
	Suelo	8 – 10°C
	Mínima	15°C
Germinación	Óptima	22 – 28°C
	Máxima	39°C
Floración	Óptima	20 – 23°C
Desarrollo	Óptima	25 – 30°C
Maduración del fruto	Mínima	25°C

Fuente: Infoagro, (2005)

2.7.1.2. Humedad relativa

Durante el desarrollo del melón, la humedad relativa y el riego son factores clave para garantizar un buen rendimiento y calidad de los frutos. Al inicio del crecimiento de la planta, la humedad relativa óptima se sitúa entre 65 y 75 %, mientras que durante la floración debe mantenerse en 60-70 % y en la fructificación en 55-65 % (Infoagro, 2005). La planta requiere un suministro adecuado de agua tanto en el período vegetativo como durante la maduración de los frutos, ya que esto favorece el tamaño, la dulzura y la textura de los melones. Sin embargo, humedades relativas excesivamente altas pueden afectar negativamente las cualidades químicas y organolépticas de los frutos, además de aumentar la incidencia de enfermedades criptogámicas (Heredia & Vieira, 2002).

2.7.1.3. Luminosidad

La luminosidad es un factor determinante en el desarrollo del melón, especialmente durante los periodos de crecimiento inicial y floración. La falta de luz reduce directamente el número de frutos en la cosecha y afecta la relación entre

flores estaminadas y pistiladas, observándose que fotoperíodos cortos (alrededor de 8 horas) favorecen la producción de flores pistiladas o hermafroditas (Edwards *et al.*, 1934; Zaccari, 2002; Infoagro, s.f.).

Además, la interacción entre la duración de la luz y la temperatura influye en la inducción floral, la fecundación y el ritmo de absorción de nutrientes. El desarrollo de los tejidos del ovario está directamente condicionado por estos factores: los días largos y las temperaturas altas promueven la formación de flores masculinas, mientras que los días cortos y las temperaturas bajas estimulan el desarrollo de flores con ovario (Infoagro, 2005).

2.7.2. Requerimientos de suelo

2.7.2.1. Textura

El melón puede cultivarse en varios tipos de suelo, pero son más recomendables los de textura franco-arenosa, con buen drenaje externo e interno, aireados y de buena retención de humedad; en estos suelos las producciones son más rápidas.

El cultivo de melón puede establecerse en diversos tipos de suelo, aunque su desarrollo óptimo se logra en suelos francos, en especial los franco-arcillosos, siempre que presenten buena fertilidad y un drenaje eficiente tanto superficial como interno. Los suelos con mal drenaje o excesivamente arenosos resultan poco favorables, ya que incrementan el riesgo de inundaciones o sequías. De acuerdo con Molina (2006), este cultivo no es particularmente exigente en cuanto al tipo de suelo; sin embargo, alcanza mejores rendimientos en aquellos que son profundos, sueltos, ricos en materia orgánica y bien aireados, además de mantener un pH entre 6 y 7 (Pinto *et al.*, s. f.). Aunque el melón es sensible a la acidez, presenta cierta tolerancia a la salinidad del suelo. En el cuadro 2 se presentan los principales requerimientos agroclimáticos que condicionan su producción (Pinto, s/f).

Cuadro 2. Requerimientos agroclimáticos que influyen en la producción del melón.

Condiciones ambientales				Condiciones agronómicas				
Altitud (msnm)	Precipitación anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)	Humedad relativa (%)	Características del suelo				
				pH	Profundidad efectiva (cm)	Textura	Drenaje	MO (%)
0-600	400-500	18-30	60-70	6,0- 7,0	80	F-Fa	Bueno	2

Fuente: Pinto, M. (s.f.)

2.7.2.2. Condiciones físicas del suelo

Es fundamental considerar las propiedades físicas del suelo, ya que estas determinan las interacciones entre suelo-agua, suelo-aire y suelo-planta. Asimismo, la eficiencia de la fertilización en los cultivos depende en gran medida de dichas condiciones físicas. En este sentido, los suelos francos y franco-arcillosos resultan especialmente adecuados para la agricultura, y en particular para el cultivo de melón, debido a que permiten una adecuada infiltración del agua junto con una moderada capacidad de retención hídrica y de aireación (Martínez, 2001).

2.7.2.3. Profundidad del suelo

El surco se recomienda con un diseño amplio y de poca profundidad, lo que permite que el agua se disperse cerca de la superficie del suelo. Generalmente, sus dimensiones oscilan entre 20 y 40 cm de ancho y de 10 a 15 cm de profundidad. No se aconseja la forma en “V”, ya que dificulta una distribución uniforme del agua y favorece la erosión (Guzmán, 2013).

2.7.2.4. Salinidad

El melón se ha clasificado como un cultivo con tolerancia moderada a la salinidad (U.S. Laboratory Staff, 1954; Mangal et al., 1987; Meiri et al., 1982), situándose por encima de especies sensibles como la lechuga y la judía, pero por debajo de otras más resistentes como la cebada, el algodón o la remolacha

azucarera (Maas y Hoffman, 1977). Debido a este comportamiento, Shannon y Francois (1978) lo señalaron como una alternativa viable para zonas agrícolas afectadas por procesos de salinización. Esta capacidad, sumada a características morfogénicas como el desarrollo de un sistema radicular profundo, convierte al melón en una opción adecuada para el aprovechamiento de aguas con salinidad moderada (Mangal et al., 1987).

No obstante, los resultados experimentales no siempre coinciden con dicha clasificación, ya que la productividad puede disminuir considerablemente cuando se superan ciertos niveles de salinidad. Este efecto depende de factores como el tipo de suelo, la composición de las sales, el estado fenológico de la planta, la variedad cultivada y las condiciones ambientales (Nukaya *et al.*, 1980; Nukaya, 1983; Mangal *et al.*, 1987). En este sentido, Shannon y Francois (1978), al evaluar la tolerancia de tres variedades de melón (Top Mark, Hale's Best y PMR 45) en parcelas de suelo arenoso y aplicando la ecuación de Maas y Hoffman, obtuvieron la relación $Y_r = 100 - 5.9 (CE_e - 1.3)$, donde CE_e corresponde a la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo. Por su parte, Meiri *et al.* (1981), trabajando en invernadero con el híbrido israelí Galia y utilizando el mismo método, reportaron la relación $Y_r = 100 - 10.0 (CE_e - 6.8)$.

Las discrepancias entre ambos estudios se atribuyen principalmente a las diferencias en las condiciones de cultivo (suelo abierto frente a invernadero) así como a la variabilidad entre las variedades analizadas.

En el cuadro 3 se sintetizan los valores de tolerancia registrados en diferentes genotipos y ambientes de producción.

Cuadro 3. Tolerancia a la salinidad en variedades de melón.

Variedad	Umbral (dS/m)	Pendiente (%)	Condiciones	Fuente
Top Mark	1.3	5.9	Campo	Shannon y Francois (1978)
Top Mark	2.0	14.3	Invernadero	Meiri et al., (1982)

Galia	6.8	10.0	Invernadero	Meiri et al., (1981)
Galia	6.2 – 6.8	13.2 – 16.9	Invernadero	Meiri et al., (1981)
Hara Madhu	1.03	8.73	Campo	Mangal et al., (1987)

Fuente: (Navarro *et al.*, 2000)

2.7.2.5. pH del suelo

El melón se adapta mejor a suelos con un pH cercano a la neutralidad, entre 6 y 7, rango en el cual la disponibilidad de nutrientes es óptima para el cultivo. Sin embargo, también puede crecer en terrenos ligeramente alcalinos sin que su desarrollo se vea afectado de manera significativa. En cambio, cuando se establecen en suelos ácidos, es común que aparezcan deficiencias de molibdeno y, en consecuencia, limitaciones en el crecimiento y la productividad de las plantas (Mármol, 2008).

2.7.2.6. Drenaje

El cultivo de melón requiere suelos con buen drenaje, tanto externo como interno, que permitan evitar encharcamientos y favorezcan la aireación de las raíces. Además, es importante que el suelo tenga una adecuada capacidad de retención de humedad, lo que asegura la disponibilidad de agua para la planta sin llegar a condiciones de exceso (Guzmán, 2013).

2.7.2.7. Temperatura del suelo

En el periodo de crecimiento del melón, la temperatura del suelo en la zona de las raíces debe mantenerse por encima de los 10 °C, siendo más beneficioso cuando este valor es mayor, ya que favorece la absorción de agua por las raíces. Si el suelo permanece frío mientras que la temperatura del aire es más elevada, se produce un desajuste en el balance hídrico de la planta. Esta situación se refleja en

síntomas como la decoloración de las hojas próximas a los frutos, el colapso de sus ápices y, en casos extremos, la marchitez de toda la planta. Por ello, mantener una temperatura adecuada en el suelo resulta fundamental para conservar el equilibrio hídrico y asegurar un desarrollo óptimo del cultivo (Zapata *et al.*, 1989).

2.8. Preparación del terreno

Para la elección del área donde se establecerá la siembra de melón, se sugiere consultar previamente con el agente agrícola del Servicio de Extensión Agrícola (SEA) del municipio, ya que puede ofrecer recomendaciones adaptadas a las condiciones locales. Asimismo, el personal del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (antes conocido como Servicio de Conservación de Suelos) brinda asesoría en la implementación de prácticas que contribuyen a la protección del ambiente y al uso sostenible de los recursos del predio (Martínez, 2001).

Antes de preparar el terreno, es fundamental evaluar el nivel de humedad del suelo. Cuando se realizan labores de arado con exceso de humedad, se forman terrones que afectan la estructura, dificultando posteriormente el manejo del terreno. El proceso de preparación comienza con la eliminación de malezas y residuos de cultivos anteriores, mediante un arado profundo, dejando transcurrir de seis a ocho semanas para permitir la descomposición de la materia orgánica. Si quedan restos vegetales sin descomponer, se incrementa el riesgo de enfermedades causadas por hongos del suelo como *Pythium* spp. y *Rhizoctonia* spp., responsables de problemas en las fases iniciales del cultivo (Martínez, 2001).

Previo a la siembra, se recomienda realizar un nuevo corte de arado acompañado de al menos dos rastrilladas. En caso de que aún persistan terrones grandes, puede emplearse un rotocultivador para reducir su tamaño. Los melones se desarrollan mejor en suelos nivelados, por lo que, si el terreno presenta desniveles, conviene nivelarlo después del primer arado. En suelos compactados, es aconsejable utilizar un subsolador para mejorar la aireación y facilitar la penetración de las raíces. Una práctica extendida es la formación de bancos de

siembra, los cuales promueven un mejor desarrollo radicular, facilitan la distribución de agua y nutrientes, y favorecen la emergencia uniforme de las plántulas. Estos bancos deben ser homogéneos, con una altura aproximada de 20 a 30 cm sobre el nivel del suelo (Martínez, 2001).

Es importante considerar la escorrentía, especialmente en terrenos planos o semillanos, donde el agua puede arrastrar partículas y provocar erosión. Para evitarlo, se recomienda dirigirla hacia zanjas o canales de desagüe protegidos. El surcado debe tener la pendiente suficiente para permitir el drenaje sin causar erosión. En terrenos de poca inclinación o con drenaje deficiente, es conveniente trazar líneas guía que orienten la dirección de los bancos, asegurando así que el agua no se acumule en el área cultivada (Martínez, 2001).

El uso de plástico como cobertura de los bancos es una técnica común en el cultivo de melón, generalmente instalada junto con las líneas de riego por goteo. Esta práctica ayuda a conservar la humedad, controlar malezas, disminuir la lixiviación de fertilizantes y evitar que los frutos entren en contacto directo con el suelo, reduciendo el riesgo de pudrición. Sin embargo, es indispensable que los bancos estén bien conformados y con pendiente adecuada, ya que el agua acumulada sobre la superficie plástica puede acelerar el deterioro de los frutos (Martínez, 2001).

Finalmente, se recomienda implementar la rotación de cultivos con especies de otras familias botánicas o dejar periodos de descanso entre siembras. Estas medidas mejoran la calidad del suelo, favorecen la cobertura vegetal, interrumpen el ciclo de plagas y patógenos propios del melón y contribuyen a una producción más sostenible en el tiempo (Martínez, 2001).

2.9. Densidad de siembra

La siembra de melón puede establecerse en camas de 2.5 a 3 metros de ancho utilizando doble hilera, o bien en camas más angostas, de 1.8 a 2.0 metros, colocando una sola hilera de plantas. En ambos sistemas, la distancia recomendada

entre plantas es de 25 a 30 centímetros. El uso de camas de 1.8 a 2.0 metros de ancho facilita la mecanización de las labores agrícolas, evita la necesidad de reacomodar las guías y, en conjunto, representa un ahorro importante en tiempo y costos, además de impedir que el paso del tractor dañe las guías. Con esta técnica se sugiere establecer una densidad aproximada de 22,200 plantas por hectárea.

Asimismo, la correcta elección del marco de plantación influye en la aireación y en la captación de luz dentro del cultivo, factores que favorecen una buena fotosíntesis y reducen la incidencia de enfermedades. Una adecuada distribución también permite un mejor aprovechamiento del agua y los fertilizantes, lo que se traduce en un mayor rendimiento y calidad del fruto. En sistemas intensivos, la densidad de plantas puede ajustarse de acuerdo con las características del suelo, la variedad utilizada y las condiciones climáticas de la región, lo cual hace indispensable planificar la siembra con base en el manejo integral del cultivo (Casaca, 2005).

2.10. Fertilización

La nutrición mineral del melón requiere un manejo equilibrado de macro y micronutrientes, ya que cada uno cumple funciones específicas en el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.

El nitrógeno, fósforo y potasio son esenciales para la síntesis de compuestos orgánicos, fotosíntesis y formación de frutos y semillas, mientras que el calcio, magnesio y azufre son fundamentales en la estructura celular, metabolismo y clorofila. Los micronutrientes como hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, molibdeno y cloro participan en procesos enzimáticos, fertilidad y fotosíntesis.

En conjunto, un suministro balanceado de nutrientes no solo incrementa el número de frutos cuajados y el rendimiento total, sino que también asegura la calidad y uniformidad del producto final. Por ello, resulta indispensable ajustar el plan de fertilización según el tipo de suelo, las condiciones ambientales y las necesidades particulares del cultivo (Crawford, 2017).

La aplicación de nutrientes debe estar relacionada con la cantidad que la planta extrae del suelo, con el fin de evitar la sobrefertilización y sus posibles impactos negativos tanto en el medio ambiente como en la rentabilidad del cultivo. Como referencia, el cuadro 4 presenta, según diversos investigadores, los niveles de extracción de macronutrientes en melón en función del rendimiento obtenido.

Cuadro 4. Extracción de macronutrientes en melón de acuerdo con el rendimiento.

Autor	Rendimiento t/ha	Nutrientes kg/ha		
		N	P205	K20
Thompson y Kelly, 1957	16,3	56,2	17.2	101,2
Robin, 1957	24	122	17	229
Ansett, 1965	67	283	137	503
Chaux, 1972	15 a 20	50	20	100
Rincon y Col, 1996	50 a 55	205	17	229

(Fuente: Alarcón, 2000)

2.10.1. Sargazo

El alga sargazo es de interés en la agricultura moderna, es del género de macroalgas pardas específicamente del género *Sargassum*, es conocido por formar grandes colonias flotantes en los océanos. Su composición química es variable, pero generalmente rica en carbohidratos como el alginato y fucoidano. La aplicación del sargazo como bioestimulante favorece la nutrición vegetal, ya que proporcionan elevadas concentraciones de materia orgánica, además de microelementos como hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cobalto (Co), molibdeno (Mo), manganeso (Mn) y níquel (Ni). Asimismo, aportan vitaminas, aminoácidos y reguladores de crecimiento, entre los que destacan las auxinas, citoquininas y giberelinas. La incorporación de extractos de algas como fertilizante representa una alternativa sostenible frente a la agricultura intensiva, que depende del uso excesivo de fertilizantes minerales, pesticidas y herbicidas, generando impactos económicos y ambientales a largo plazo (Sánchez *et al.*, 2023).

La fertilización de lenta liberación proporciona a los cultivos los nutrientes de manera más eficiente, liberándolos de forma gradual y sostenida en el tiempo. Esto permite, con una sola aplicación, cubrir las necesidades nutritivas del cultivo, reduciendo así las pérdidas de nutrientes (en especial de nitrógeno (N)) y evitando los desbalances que suelen presentarse con los fertilizantes convencionales, ya sea por exceso o por deficiencia (Durán & Parra, 2009).

2.11. Riegos

El riego en el cultivo de melón representa un factor determinante para alcanzar altos rendimientos y frutos de calidad, pues permite mantener niveles adecuados de humedad en la zona radicular durante las distintas etapas del desarrollo. Su manejo debe realizarse de manera planificada, considerando el tipo de suelo, las condiciones climáticas locales, la etapa fenológica de la planta y el sistema de riego empleado. Cuando el riego es deficiente o excesivo, la planta reduce su capacidad de producción y el fruto pierde calidad en términos de tamaño, forma, firmeza y contenido de azúcares.

El método de riego más recomendado en melón es el riego por goteo, ya que aporta el agua directamente a la raíz, disminuye la proliferación de malezas y enfermedades foliares, facilita la aplicación de fertilizantes y evita encharcamientos que provocan podredumbres o asfixia radicular. Otros métodos como el riego por surcos se utilizan de manera tradicional en zonas de suelos arcillosos, pero suelen ser poco eficientes y generan pérdidas de agua si no se aplican con criterios técnicos.

Cuadro 5. Pauta de riego en el cultivo de melón

Edad planta (DDE)*	Lamina de riego (mm/día)	Volumen de riego (L/sitio.día)	Características del cultivo
1 – 14	2.1	1.0	Crecimiento vegetativo
15 – 28	2.4	1.2	Crecimiento, floración masculina y femenina
29 – 63	6.0	3.0	Cuaje, llenado de fruto y maduración
64 – 80	3.1	1.5	Cosecha

*DDE: Días después de emergencia

Fuente: (Guzmán, N. 1995)

La programación del riego puede realizarse con base en la humedad del suelo o en la estimación de la evapotranspiración del cultivo. Para el primer caso se emplean tensiómetros colocados a distintas profundidades, que permiten conocer si el suelo mantiene un rango de humedad favorable para el crecimiento. En el segundo caso se utiliza la evaporación medida en tanques evaporímetros, ajustada por coeficientes de tanque y de cultivo, lo que facilita calcular la lámina de agua requerida. Ambos métodos ayudan a definir la frecuencia y la duración de los riegos, evitando pérdidas y deficiencias hídricas.

Las necesidades hídricas del melón durante el ciclo varían entre 3000 y 4000 metros cúbicos por hectárea en condiciones de campo abierto, y su distribución depende de la edad de la planta. En las primeras semanas el requerimiento es bajo, pero a medida que se acerca la etapa de fructificación la demanda de agua se incrementa notablemente, llegando a su máximo en el llenado del fruto (Guzmán, 1995).

Cuadro 6. Pauta de riego en el melón empleando el sistema de goteo.

Edad planta (DDE)	Frecuencia riego (días)	Volumen de riego (L/sitio)	Tiempo de riego (min)	Número de riegos	Características del cultivo
1 – 12	3	2	60	4	Crecimiento vegetativo
13 – 20	2	3	90	4	Crecimiento vegetativo
21 – 28	2	4	120	4	Floración masculina y femenina
29 – 63	2	6	180	17	Cuaje, llenado fruto y maduración
64 – fin cosecha (1)	3	4.5	135	4	Cosecha (de 3 a 4 pases)

Fuente: Guzmán, N. 1995

2.12. Control de malezas

La presencia de malezas representa uno de los principales problemas en el cultivo de melón, ya que compiten con el cultivo por espacio, agua y nutrientes, además de actuar como hospederas de insectos, virus, hongos y bacterias que pueden ocasionar enfermedades. La diversidad de especies de malezas depende de factores como la región geográfica, el tipo de suelo y la época del año. En los suelos de Azuero, donde se produce melón, predominan especies como *Amaranthus dubius*, *Physalis angulata*, *Mollugo verticillata*, *Richardia scabra*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Malachra alceifolia* y *Amaranthus sp.*

El control de malezas en este cultivo suele ser costoso y, en Centroamérica, la información disponible al respecto es limitada. Osorio y Pérez (1986) recomendaron el uso de naptalan (Alanap L), bensulide (Prefar 4E), fluazifop (Fusilade) y paraquat (Gramoxone) para el manejo de malezas en melón. Posteriormente, Von Lindeman y Osorio (1994) reportaron que el naptalan resultó eficaz para el control de malezas de hoja ancha a una dosis de 20 l/ha. Sin embargo, más allá de estos estudios, prácticamente no se han desarrollado investigaciones publicadas sobre el tema en cucurbitáceas.

En la actualidad, el manejo de malezas se basa principalmente en prácticas mecánicas, como la preparación del suelo, el uso de monocultor o azadón para aporques, así como la aplicación de herbicidas como glifosato, paraquat y fluazifop, aunque sin un esquema definido. De forma reciente, se ha incorporado el uso de plástico dentro del paquete tecnológico, cuyo propósito inicial fue mejorar la calidad del fruto, aunque todavía no se ha evaluado su efectividad en el control de malezas. Asimismo, algunos productores han empezado a utilizar herbicidas a base de halosulfuron metil recomendado para maíz y selectivo para *Cyperus rotundus* siguiendo sugerencias comerciales.

El sistema de riego influye también en la distribución de malezas: bajo riego por goteo suelen concentrarse en la línea de conducción, mientras que en riego por gravedad se desarrollan en el surco y hasta unos 30 centímetros sobre la cama. Durante las siembras de noviembre, al concluir la temporada lluviosa, la problemática se intensifica, y las labores mecánicas suelen ser poco efectivas, lo que obliga a implementar estrategias de manejo más eficientes (Guerra *et al.*, 2002).

2.13. Plagas enfermedades y malezas

2.13.1. Plagas

- **Mosca blanca**

La mosquita blanca de la hoja plateada (MBHP) es una plaga polífaga que afecta diversos cultivos como melón, algodón y chile, así como cultivos de distintas

temporadas en México y el sur de Estados Unidos. Desde la década de 1990, junto con la mosquita blanca del camote (MBC), se ha considerado una amenaza mundial. En la Comarca Lagunera, desde 1995, la MBHP se convirtió en un problema fitosanitario, provocando pérdidas de hasta el 40-100 % en hortícolas y aumentando significativamente el uso de productos químicos en melón, calabaza, tomate y algodón (Sánchez *et al.*, 1996).

La mosca blanca (*B. tabaci* y *T. vaporariorum*) es una de las principales plagas del melón por su alta capacidad de reproducción y los diversos daños que ocasiona. Al alimentarse, los adultos y ninfas insertan su estilete en los tejidos vasculares y succionan la savia, lo que debilita a la planta, reduce la fotosíntesis y puede causar amarillamiento, desecación o incluso la muerte en plántulas jóvenes. Además, actúa como vector de numerosos virus, entre ellos el *lettuce infectious yellows virus* y el *squash leaf curl virus*, que provocan pérdidas significativas en cucurbitáceas (Dubón, 2006). Su excreción de mielecilla también genera un daño indirecto, al favorecer el desarrollo de fumagina (*Cladosporium* sp.), la cual cubre hojas y frutos, disminuyendo la fotosíntesis y el valor comercial del cultivo (Arcila, 2017). Por último, la mosca blanca inyecta toxinas durante la alimentación que inducen alteraciones fisiológicas como el plateado de hojas y deformaciones en frutos. En el melón, su presencia reduce notablemente el tamaño, la calidad y el contenido de sólidos solubles, afectando su apariencia y aceptación en el mercado (Cano *et al.*, 2002).

El control biológico de la mosca blanca se basa en la acción de avispas parasitoides de los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus*, así como de depredadores naturales como *Geocoris* sp., *Chrysoperla carnea* y *Hippodamia convergens*. También se emplean hongos entomopatógenos como *Aschersonia aleyrodis*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii*, los cuales han mostrado eficacia variable según las condiciones ambientales (Dubón, 2006). El control químico de la mosca blanca se basa en la aplicación de insecticidas con ingredientes activos como bifentrina, lambda-cihalotrina, imidacloprid, tiacloprid, buprofezin, pimetrocina, azadiractina y otros compuestos de acción sistémica o de

contacto. Este manejo debe complementarse con prácticas culturales como la eliminación de hospederos alternos, rotación de cultivos, evitar la siembra en épocas secas, mantener bordes vegetales o cercas vivas, aplicar una fertilización balanceada y usar jabones o aceites vegetales que reduzcan la población de insectos (Reche, 2007; Casaca *et. al.*, 2005).

- **Gusano del melon y perforador del fruto de melon**

El gusano del melon (*D. hyalinata*), los huevos son ovalados y aplanados, de color blanco o verdoso al inicio, cambiando a amarillo antes de eclosionar, proceso que ocurre entre tres y cinco días. Las larvas atraviesan cinco estadios en un lapso de 14 a 21 días, alcanzando hasta 20 mm de longitud. En los primeros instares presentan coloración pálida y, al desarrollarse, muestran líneas subdorsales distintivas. Antes de pupar, construyen un capullo de seda en las hojas o restos vegetales. La pupa, de color café claro a oscuro, mide entre 12 y 15 mm y dura de cinco a diez días. El adulto tiene una envergadura de 23 a 30 mm, alas blanco perla con bordes oscuros y un mechón negro al final del abdomen. El gusano perforador del fruto (*D. nitidalis*), los huevos son más pequeños (0.4–0.8 mm) y también cambian de blanco a amarillo antes de la eclosión, que ocurre alrededor del cuarto día. Cada hembra puede depositar de 300 a 400 huevos en brotes, flores o zonas de crecimiento activo. Las larvas pasan por cinco estadios en 14 a 21 días, alcanzando 20 a 25 mm. Su color varía de amarillo pálido a verde, tornándose rosado antes de pupar. La pupa se forma dentro de hojas dobladas y mide de 13 a 18 mm. El adulto posee alas semi-transparentes amarillas con bordes café oscuro y una envergadura de 25 a 30 mm.

Las larvas de *D. hyalinata* y *D. nitidalis* causan daños significativos a las cucurbitáceas al alimentarse de diversas partes de la planta. La larva de *D. hyalinata*, o gusano del melón, provoca defoliación al comer las hojas, dejando solo las venas. También puede minar tallos, flores y frutos, provocando la muerte de secciones de la planta, así como la caída o pudrición del fruto. Cuando ataca la superficie del fruto, como en el melón, genera cicatrices. Este insecto es

responsable de pérdidas de rendimiento de hasta un 23% por daño al follaje y de un 9 a 10% por daño directo al fruto. Por su parte, la larva de *D. nitidalis* prefiere alimentarse de los brotes florales, estigmas y tejidos tiernos, pudiendo completar su desarrollo sin tocar los frutos si hay suficientes flores. Sin embargo, también barrena los frutos, lo que se evidencia por orificios con excremento naranja. Una vez dentro, selle la entrada con seda. El daño a las flores destruye la capacidad productiva de la planta y la perforación de frutos provoca su rechazo en el mercado y la aparición de enfermedades secundarias. Si se agotan las flores y frutos, ataca los tallos.

Para el control de las plagas de *Diaphania*, existen métodos biológicos y químicos. Naturalmente, las larvas son parasitadas por avispas *Apanteles* sp. y los huevos por *Trichogramma* spp., entre otros enemigos naturales. En cuanto al control aplicado, se recomienda el uso de *Bacillus thuringiensis* (Bt), especialmente para *D. hyalinata*. Sin embargo, su eficacia es limitada contra *D. nitidalis* porque esta larva se alimenta dentro del fruto, fuera del alcance de la toxina estomacal del Bt (Dubón, 2006). El control químico ha mostrado buenos resultados con productos a base de fipronil, cuya frecuencia de aplicación depende de la incidencia de la plaga (Arcila *et. al.* 2017). También se utilizan insecticidas de contacto e ingestión como Spinosad y Lambda-cyhalothrin (Casaca *et.al.* 2005).

- **Trips**

Tanto *Frankliniella occidentalis* como *Thrips tabaci* son insectos diminutos, con longitudes que oscilan entre 0,5 y 2 mm. En su fase adulta, poseen un aparato bucal con estiletes cortos, adaptados para raspar y succionar. Su reproducción puede ser partenogenética o sexual. Esta especie es altamente polífaga, y el melón actúa como hospedero secundario (Crawford 2017).

Los daños iniciales se producen cuando los insectos invaden los brotes jóvenes y las flores del melón. Tanto las larvas como los adultos se alimentan mediante picaduras con las que inyectan su saliva; esta se mezcla con los jugos celulares, que luego son succionados. La acción de la saliva bloquea las células,

generando un aspecto plateado en los tejidos afectados, los cuales terminan necrosándose. Estas picaduras pueden presentarse en cualquier parte aérea de la planta, aunque *Frankliniella occidentalis* muestra una preferencia por las flores, las hojas jóvenes y el ápice, zonas donde también deposita sus huevos en el interior de los tejidos vegetales (Reche, 2007).

Para combatir los trips de forma biológico, se han utilizado principalmente ácaros depredadores como *Amblyseius barkeri* y *A. cucumeris*. También se ha observado control natural por parte de insectos del género *Orius* (*O. laevigatus*, *O. insidiosus*) y *Aelotropis*. Además, existen organismos auxiliares comercializados como *Heterorhabditis bacteriophora*, *Hypoaspis miles* y *Macrolophus caliginosus*. El manejo químico del trips en melón se realiza con productos fitosanitarios que contienen ingredientes activos como acrinatrina, azadiractina, malatión, fenamifos, fenitrotión, naled, azufre con cipermetrina, formetanato y spinosad (Reche, 2007).

- **Araña roja**

La araña roja, aunque puede afectar a diversas cucurbitáceas, solo en ocasiones provoca daños económicos significativos. Es un ácaro diminuto, de apenas 0.15 mm, difícil de ver sin ayuda visual. Tiene un cuerpo ovalado, ocho patas y atraviesa cinco etapas en su desarrollo. Sus huevos son redondos, presentan manchas negras y están envueltos en telarañas (Cano *et. al.*, 2002).

La infestación de araña roja comienza cuando los adultos son transportados por el viento desde cultivos cercanos. Estos ácaros, junto con las ninfas, se agrupan en la parte inferior de las hojas, donde se alimentan succionando la savia. Esta actividad provoca una coloración bronceada en el follaje, disminuye la clorofila y reduce la fotosíntesis. En infestaciones severas, las hojas mueren y la planta pierde follaje. El daño es más frecuente en climas cálidos, especialmente a finales de la primavera. Además, los ácaros producen telarañas que atrapan polvo, dando a las hojas un aspecto descolorido (Cano *et. al.*, 2002).

Dado que el polvo favorece el aumento de la población de araña roja, se recomienda humedecer los caminos para reducirlo. Existen enemigos naturales que ayudan a controlar esta plaga, como el trips *Scolothrips sexmaculatus*, la mariquita *Stethorus* sp. y la chinche *Orius tristicolor*. También hay ácaros depredadores nativos que deben conservarse limitando el uso de insecticidas. Además, un manejo adecuado del riego y la fertilización contribuye a disminuir la presencia de esta plaga (Cano *et al.*, 2002).

Para el control de la araña roja en cultivos, se recomienda aplicar diferentes productos químicos, principalmente 15 días después de la siembra y dirigidos al cuello de la planta. Los productos incluyen aceite parafínico de petróleo, dispersante 80, azinfós metílico, dicofol, etión y metamidofós, con dosis que varían según el producto. Algunos como el aceite parafínico y el azinfós metílico no tienen límite de aplicaciones, mientras que otros, como el dicofol, etión y metamidofós, tienen límites de 2 a 7 aplicaciones (Cano *et al.*, 2002).

- **Pulgón**

Los pulgones, conocidos popularmente como “piojillos”, son insectos homópteros de la familia Aphididae. Se consideran una plaga importante debido a su alta capacidad de reproducción y adaptación (Reche, 2007). En el caso del melón, el pulgón también denominado del algodón es una especie cosmopolita y polífaga, que además de infestar este cultivo, puede atacar al algodonnero, otras cucurbitáceas, leguminosas y diversas malezas (Cano *et al.*, 2002).

Los pulgones dañan al melón al succionar savia, lo que provoca debilitamiento, rizado y deformación de hojas, además de favorecer la aparición de fumagina por la mielecilla que excretan, reduciendo la calidad del fruto (Cano *et al.*, 2002). El pulgón del melón (*Aphis gossypii*) afecta sobre todo plantas jóvenes, mientras que el áfido verde (*Myzus persicae*) introduce virus al desplazarse desde vegetación cercana. Así, el principal riesgo no es la alimentación directa, sino la transmisión de enfermedades virales (Dubon, 2006). Entre ellos el mosaico del

pepino (CMV), mosaico de la sandía (WMV-2) y mosaico amarillo del calabacín (ZYMV), que ocasionan pérdidas significativas e incluso totales en el rendimiento (Reche, 2007).

El control de pulgones en melón combina métodos biológicos, físicos y químicos. Las poblaciones naturales de depredadores como *Hippodamia convergens*, *Chrysoperla carnea*, larvas de sírfidos y avispas parasitoides ayudan a regular los áfidos, aunque no evitan la transmisión de virus (Dubon, 2006). El hongo entomopatógeno *Verticillium lecanii* puede disminuir sus poblaciones bajo humedad. Se recomienda el uso de barreras físicas, como cubiertas flotantes, barreras vegetales y acolchados reflejantes, para reducir la incidencia de la plaga (Cano, *et al.*, 2002). El control químico es limitado y debe aplicarse al detectar los primeros focos o plantas infectadas por virus, eliminando las plantas afectadas y usando insecticidas autorizados (alfacipermetrina, cipermetrina, bifentrina, imidacloprid, deltametrín, tiametoxam, entre otros), asegurando cubrir bien el envés de las hojas. Si se detectan pulgones parasitados, se recomienda dirigir los tratamientos a otras áreas para proteger a los enemigos naturales (Reche, 2007).

- **Gusano soldado**

El adulto mide cerca de 1.5 cm y hasta 3.5 cm con las alas extendidas. Presenta una mancha blanca central y bandas pálidas en zigzag en las alas anteriores, mientras que las posteriores son claras u oscuras. Los huevos, de color verde, se depositan en masas cubiertas con escamas. Las larvas, de color verde con bandas claras y oscuras, viven agrupadas bajo telarañas en el envés de las hojas, alcanzan unos 2.5 cm y poseen un punto negro sobre el segundo par de patas torácicas. Las pupas son de color café (Cano *et al.*, 2002).

Las larvas jóvenes del gusano soldado se alimentan en grupo en el envés de las hojas y, al desarrollarse, lo hacen de forma individual. En altas poblaciones pueden provocar defoliaciones severas, debilitando o destruyendo plantas jóvenes y dañando flores y frutos, lo que reduce el rendimiento y la calidad. Su control

requiere monitorear la plaga y los daños al menos dos veces por semana. (Arcila, 2017).

El control biológico del gusano soldado se apoya en parasitoides y depredadores naturales. Entre los primeros destacan *Trichogramma* (en huevos) y *Apanteles* spp., *Chelonus* spp., *Cotesia marginiventris* y *Meteorus augraphae* (en larvas). Como depredadores, se mencionan *Geocoris* spp. y *Orius* spp. (de huevos), así como *Chrysopa* spp., *Nabis* sp. y *Zelus* spp. (de larvas). Además, las bacterias *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* y *kurstaki* son efectivas contra larvas pequeñas, y el virus de la poliedrosis nuclear también actúa como patógeno de *Spodoptera* (Dubón, 2006).

- **Minador**

Por lo general, los minadores de hojas no representan una plaga de gran impacto económico en el cultivo de melón; sin embargo, cuando sus poblaciones aumentan, pueden reducir considerablemente el área foliar. Además, su presencia sirve como indicador del equilibrio biológico en el campo, pues altas infestaciones suelen reflejar baja actividad de insectos benéficos como depredadores y parasitoides (Dubón, 2006).

El daño comienza con pequeñas picaduras en las hojas causadas por los adultos, y aumenta cuando las larvas forman minas que crecen conforme se desarrollan. Estas minas reducen la clorofila y la capacidad fotosintética, además de facilitar la entrada de patógenos. En infestaciones severas, como las registradas en Apatzingán, Sinaloa y la Comarca Lagunera, pueden provocar defoliación, quemaduras en frutos y menor rendimiento y calidad. Si ocurre tras el amarre del fruto, disminuye también el contenido de azúcares (Cano *et. al.*, 2002).

Los minadores de hojas cuentan con diversos enemigos naturales. Entre los parasitoides que atacan sus larvas se encuentran *Opius insularis* Ashmead, *Brachymeria* sp., *Diglyphus* spp., *Chrysocharis* spp. y *Halticoptera* spp., entre otros (Dubón, 2006). El control de plagas en el cultivo de melón puede combinar métodos

culturales y químicos. Entre las prácticas culturales se incluyen el deshierbe y raleo, el uso de trampas amarillas, evitar siembras escalonadas y emplear coberturas plásticas. Cuando se requiere control químico, se utilizan productos sistémicos como ciromazina (70-105 g/ha), abamectina (0.2-0.84 L/ha) y acetamiprid (0.25-0.35 kg/ha), aplicados según las indicaciones para reducir la población de insectos y proteger el rendimiento (Casaca *et. al.*, 2005).

- **Gusano falso medidor**

El adulto es una palomilla de 1.5 cm de largo y 3.5 cm de envergadura, de color café oscuro a gris con una mancha plateada en forma de alfa en las alas anteriores. Los huevos son blancos verdosos y aplanados. Las larvas, de color verde amarillento con franjas blancas, poseen tres pares de falsas patas que les permiten un movimiento similar al de los gusanos medidores y alcanzan hasta 4 cm. Las pupas miden unos 2 cm y varían de verde a café según su edad (Cano *et. al.*, 2002).

Al igual que el gusano soldado, esta plaga puede aparecer en melones de primavera y verano. Se alimenta del follaje y, en altas densidades, puede dañar o incluso matar plántulas, provocando un desarrollo irregular y cosechas desuniformes. En frutos maduros, las larvas pueden consumir la red, reduciendo su calidad (Cano *et. al.*, 2002).

El falso medidor cuenta con varios enemigos naturales que controlan su población, como la avispa *Trichogramma pretiosum* (huevos) y parasitoides de larvas como *Hyposoter exiguae*, *Copidosoma truncatellum* y *Microplitis brassicae*. También puede ser afectado por el virus de la poliedrosis, especialmente en alta humedad. Las mismas prácticas culturales usadas contra el gusano soldado son efectivas, y el uso de *Bacillus thuringiensis* resulta útil si se aplica cuando los huevos acaban de eclosionar y las larvas son pequeñas. (Cano *et. al.*, 2002).

2.13.2. Enfermedades

- **Fusariosis Vasculares**

La enfermedad es causada por el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*, específico del melón, pero capaz de afectar otras cucurbitáceas, con cuatro razas identificadas (0, 1, 2 y 1,2), siendo la 1,2 subdividida en 1,2 W (marchitez) y 1,2 Y (amarillamiento). Las plantas pueden infectarse en cualquier etapa, y el hongo penetra por raíces, multiplicándose en el sistema vascular. En plántulas provoca marchitez y muerte; en plantas mayores, aparece marchitez temporal y amarillamiento progresivo de hojas inferiores, lesiones en la base del tallo y necrosis vascular, con micelio algodonoso visible al exterior. Se disemina por suelo, restos de cultivo y semilla, sobreviviendo como clamidosporas. Insectos y nematodos que dañan raíces aumentan la incidencia. La enfermedad es más grave entre 18–25 °C y baja a 30 °C; la baja humedad y exceso de nitrógeno favorecen el marchitamiento. El control más efectivo es el uso de cultivares resistentes, acompañado de rotación de cultivos. La fumigación del suelo puede ayudar, aunque la recolonización por el hongo es rápida (Cano *et. al.*, 2002).

- **Colapso de melón o Muerte Súbita**

Esta enfermedad representa uno de los mayores riesgos para las plantas de melón, especialmente en las etapas cercanas a la cosecha, cuando los frutos comienzan su maduración. En un principio, se consideraba que el problema se debía a factores físicos, como la dificultad de las raíces para absorber agua en los momentos de mayor demanda hídrica por parte de la planta. Sin embargo, estudios recientes realizados en distintos centros de investigación han demostrado que la enfermedad está asociada a la presencia de diversos hongos del suelo, entre ellos *Acremonium* sp., *Olpidium* sp. y *Rhizoctonia* sp., entre otros. El síntoma más característico es el marchitamiento súbito de la planta, que se presenta al inicio de la maduración de los frutos, provocando pérdidas significativas en el rendimiento y calidad de la producción. El control de esta enfermedad se enfoca en la prevención

mediante la rotación de cultivos, el uso de semillas sanas, la desinfección del suelo y un adecuado manejo del riego y la fertilización. Se recomienda mantener buen drenaje, eliminar restos de cosecha y mejorar la estructura del suelo con materia orgánica. Además, el uso de hongos benéficos como *Trichoderma harzianum* y micorrizas refuerza la protección radicular, mientras que en casos severos se aplican fungicidas preventivos como metalaxil, mancozeb o captan, alternándolos para evitar resistencia (Reche. 2007).

- **Mildiu**

El mildiu es una enfermedad causada por hongos del grupo Ficomicetos, siendo *Pseudoperonospora cubensis* el agente que afecta al melón. Este hongo se propaga mediante el viento y la lluvia, apareciendo principalmente a finales de invierno y comienzos de primavera, cuando la humedad y las temperaturas son elevadas. Las primeras manifestaciones aparecen en las hojas, donde surgen pequeñas manchas que se inician desde los bordes. Estas son de color verde claro y aspecto translúcido, pero con el tiempo se necrosan, provocando la desecación del tejido foliar. En el envés puede observarse un polvillo o afieltrado gris violáceo. A medida que la enfermedad avanza, las manchas se unen y pueden llegar a afectar gran parte de la superficie de la hoja, reduciendo la capacidad fotosintética de la planta. Se recomienda usar variedades resistentes, evitar el exceso de humedad, eliminar restos de cultivos enfermos, controlar las malezas y mantener una densidad de siembra adecuada para favorecer la ventilación. El manejo fitosanitario se basa en la aplicación temprana de fungicidas sistémicos con efecto curativo, al detectar los primeros síntomas, y tratamientos preventivos cuando las condiciones climáticas favorecen la infección. Se recomiendan productos a base de ditiocarbamatos (como maneb o mancozeb) y fungicidas curativos que contengan ciazofamida, cimoxanilo, clortalonil, azoxistrobina, tolilfluanida o combinaciones como mancozeb con metalaxil (Reche, 2007).

- **Pudrición Gomosa del Tallo**

La enfermedad es provocada por el hongo *Didymella bryoniae* (Auersw.) Rehm, también conocido como *Mycosphaerella melonis* (Pass.) Chiu & Walker, el cual puede afectar todos los órganos de la planta, aunque su daño principal se observa en los frutos. Este patógeno se desarrolla en un amplio rango de temperaturas, pero su proliferación es favorecida por niveles de humedad superiores al 90 %. La propagación inicial puede originarse a partir de semillas infectadas, restos de cultivos anteriores o heridas ocasionadas por la poda, las cuales facilitan la entrada del hongo en los tejidos vegetales. El hongo puede atacar los tallos en fase de semillero o recién germinados, ocasionando la marchitez de las plántulas. La infección inicia generalmente en las hojas cotiledonales, donde se observan manchas oscuras, redondeadas y de distintos tamaños, con puntos negros dispuestos en anillos concéntricos. En plantas adultas, los síntomas más comunes son las lesiones en el tallo o el denominado chancro gomoso, que se caracteriza por una podredumbre húmeda y de aspecto aceitoso, la cual termina cubriéndose de numerosos puntos negros (estructuras del hongo). Con el tiempo, el tronco se destruye y la planta se marchita completamente. Estas lesiones también pueden presentarse en los frutos, especialmente en su extremo floral, donde se aprecia un oscurecimiento progresivo. En las hojas adultas aparecen manchas amarillentas y alargadas que terminan necrosándose. Se recomienda realizar tratamientos localizados al observar los primeros síntomas, utilizando fungicidas a base de clortalonil, metiltiofanato, maneb o mancozeb, los cuales ayudan a frenar la propagación y proteger el tejido sano del cultivo (Reche, 2007).

- **Ceniza u oidio**

La cenicilla es una enfermedad ocasionada por un fitopatógeno obligado que afecta a la mayoría de las cucurbitáceas. Los agentes causales son los hongos *Erysiphe cichoracearum* D.C. y *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend: Fr.) Pollaci, ambos responsables de infecciones comunes en cultivos como el melón. La infección se manifiesta principalmente en las hojas inferiores, donde aparecen

pequeñas manchas blancas de aspecto polvoso, formadas por esporas que emergen de las estructuras del hongo. Con el tiempo, estas manchas se expanden y pueden cubrir por completo la lámina foliar. Las hojas afectadas se vuelven cloróticas, adquieren posteriormente un color café o gris claro y finalmente se secan y mueren. La defoliación reduce el crecimiento normal de la planta y aumenta el riesgo de “golpe de sol” en los frutos. El hongo también puede infectar pecíolos y tallos jóvenes. Aunque el fruto generalmente no se ve afectado, en casos severos pueden observarse manchas similares a las de las hojas en su superficie. Los frutos infectados tienden a ser más pequeños, deformes, de maduración temprana y con un menor contenido de azúcares (Mendoza y Pinto, 1985; Mendoza, 1999). Los primeros síntomas suelen aparecer cuando la planta tiene entre 16 y 23 días de edad. El hongo sobrevive en los restos del cultivo y en malezas, por lo que se recomienda eliminar residuos y plantas infectadas para disminuir la fuente de inóculo. Sin embargo, debido a que las esporas pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias, esta medida no garantiza una protección total. Para un manejo más eficaz, se aconseja el uso de variedades resistentes y la aplicación periódica de fungicidas específicos contra el patógeno (Cano *et. al.*, 2002).

- **Nematodos Fitoparásitos**

Los nematodos *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* afectan a todas las cucurbitáceas y a más de dos mil especies vegetales. Son comunes en regiones cálidas con inviernos cortos, y en invernaderos con suelo no esterilizado pueden causar daños graves. Se les conoce como “jicamilla” por las agallas que forman en las raíces. Los síntomas incluyen plantas achaparradas y cloróticas, amarillamiento del follaje, reducción en tamaño y cantidad de hojas, marchitez durante el día y frutos de baja calidad. Las agallas en las raíces dificultan el flujo de agua y nutrientes, provocando síntomas similares a la deficiencia de potasio y, en casos severos, la muerte de la planta antes de producir frutos comerciales. El ciclo de vida comienza con huevos en el suelo; las larvas infectivas penetran la raíz, inducen células gigantes de las que se alimentan y provocan

agallas por hiperplasia e hipertrofia. Tras varias etapas larvarias, los machos salen de la raíz y las hembras permanecen incrustadas, depositando huevos en masas gelatinosa sobre la raíz. El ciclo se completa en 21–28 días a 25–30 °C. El daño es mayor en suelos arenosos y los huevos pueden sobrevivir hasta dos años. Los nematodos también interactúan con otros patógenos como *Fusarium* y *Verticillium*, aumentando la severidad de la enfermedad y facilitando la entrada de hongos en las raíces dañadas (Cano *et. al.*, 2002).

- **Antracnosis**

La enfermedad es causada por el hongo Ascomiceto *Colletotrichum lagenarium*, cuyas esporas requieren altos niveles de humedad para germinar, por lo que se desarrolla principalmente en ambientes húmedos y es muy sensible a la sequía. Para su multiplicación y propagación necesita una humedad relativa superior al 80 % y temperaturas cercanas a los 25 °C. La transmisión ocurre a través de semillas infectadas y restos vegetales contaminados que permanecen en el suelo o en el material de cultivo. El patógeno afecta hojas, tallos y frutos. En las hojas se presentan inicialmente manchas amarillentas que posteriormente adquieren un tono pardo oscuro y aspecto húmedo, hasta llegar a necrosarse. En los frutos, los síntomas se manifiestan como manchas redondeadas, ligeramente alargadas, de color pardo y hundidas, cubiertas de puntos rosados que corresponden a los órganos reproductivos del hongo, lo que ocasiona una fuerte depreciación comercial del fruto. En los tallos, se observan lesiones deprimidas y, en ocasiones, nudosidades gomosas. Se recomienda aplicar fungicidas con ingredientes activos como captan, maneb, mancozeb, tiram, clortalonil, oxiclورو de cobre, metil tiofanato o propineb, los cuales contribuyen al control efectivo del patógeno y a reducir su propagación en el cultivo (Reche, 2007).

III. Materiales Y Métodos

3.1. Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en el municipio de Torreón, en el estado de Coahuila de Zaragoza, al norte de México. Esta ciudad forma parte de la región conocida como Comarca Lagunera, la cual se extiende entre los estados de Coahuila y Durango. Sus coordenadas geográficas aproximadas son $25^{\circ}32'$ de latitud norte y $103^{\circ}27'$ de longitud oeste, a una altitud media de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

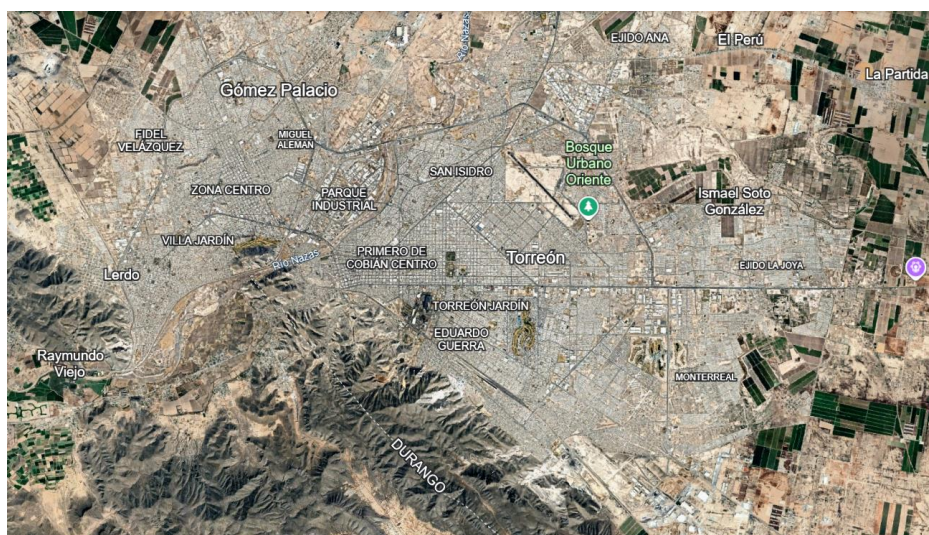


Figura 1. Localización del área de estudio (Torreón, Coahuila, México)

3.2. Localización del sitio de estudio

En las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL). La Unidad Laguna se ubica en el municipio de Torreón, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera, región estratégica para la producción agrícola y ganadera del norte de México.

Geográficamente, el campus se encuentra en la carretera Torreón–Matamoros, a una altitud promedio de 1,120 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas aproximadas de $25^{\circ}31'$ de latitud norte y $103^{\circ}22'$ de longitud oeste. Su

localización en una zona de clima árido-semiárido, con altas temperaturas en verano y bajas precipitaciones anuales (230 a 250 mm), lo convierte en un espacio idóneo para la experimentación de tecnologías orientadas a la agricultura bajo condiciones de estrés hídrico y suelos de baja fertilidad natural.



Figura 2. Localización del sitio de estudio (UAAAN – UL)

3.3. Localización del experimento

El experimento se realizó en el área agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Laguna, durante el ciclo primavera – verano del año 2025, estableciéndose el cultivo en las fechas dentro del calendario de siembra.



Figura 3. Localización del experimento (Campo experimental de la UAAAN – UL)

3.4. Clima de la región

El municipio de Torreón, se caracteriza por presentar un clima predominantemente árido a semiárido, con una marcada escasez de precipitaciones y una alta variabilidad térmica a lo largo del año. De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García para México, el clima de la región corresponde al tipo BS0hw(w)(e), es decir, seco estepario muy cálido, con lluvias en verano y una marcada oscilación térmica diaria.

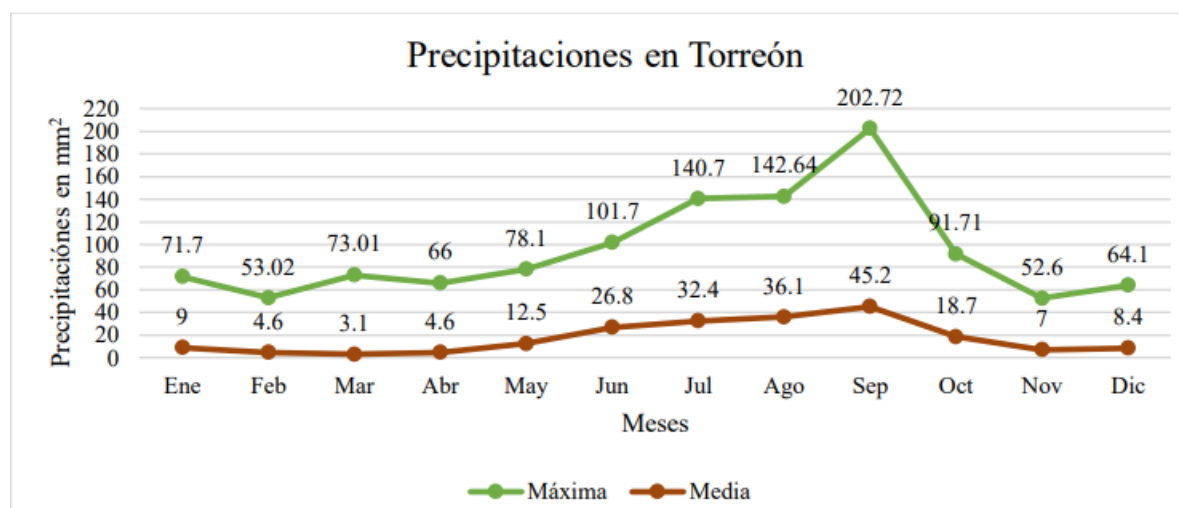


Figura 4. Precipitación mensual máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024)

3.4.1. Temperatura

La temperatura media anual se aproxima a los 22 °C, aunque durante la temporada estival (junio a agosto) las máximas suelen superar los 40 °C, mientras que en invierno (diciembre a febrero) las mínimas pueden descender a valores cercanos a los 0 °C. Esta amplitud térmica refleja la influencia de la continentalidad y la escasa humedad atmosférica.

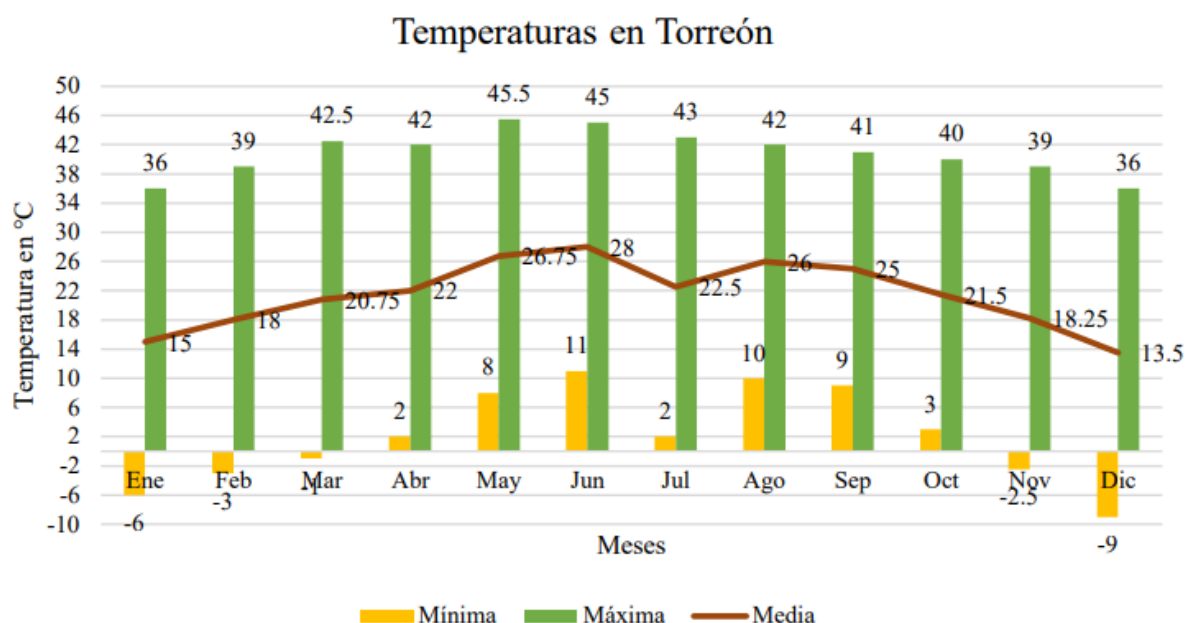


Figura 5. Temperatura mensual mínima, máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024)

3.4.2. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial anual promedio es baja, oscilando entre 230 y 250 mm, concentrándose casi en su totalidad entre los meses de junio y septiembre, producto de lluvias de tipo convectivo, de corta duración, pero de alta intensidad. El resto del año se caracteriza por una marcada aridez, lo que obliga a que la producción agrícola dependa principalmente de sistemas de riego.

3.4.3. Granizos

Las granizadas ocurren entre cero y un día en las zonas norte, noroeste y suroeste, mientras que en la parte sureste se registran de uno a dos días. Por otra parte, junio se considera el mes más cálido del año, con una temperatura media de 27.5 °C, mientras que enero presenta la temperatura promedio más baja, alcanzando 13.7 °C.

3.4.4. Vientos

Los vientos en Torreón son predominantemente de dirección norte y noroeste, influenciados por sistemas de alta presión, masas de aire del Golfo de México y la orografía local. En primavera son más frecuentes y fuertes, dispersando polvo y afectando temporalmente los cultivos, mientras que en verano pueden presentarse ráfagas asociadas a tormentas, aumentando la erosión del suelo y el riesgo de daños en cultivos como el melón.

La velocidad promedio de los vientos en Torreón oscila entre 10 y 20 km/h, pero en episodios de tormenta pueden superar los 50 km/h, lo que evidencia la necesidad de considerar estos factores en la planificación agrícola. Por otra parte, los vientos también cumplen un rol positivo al favorecer la ventilación de cultivos, reduciendo la incidencia de enfermedades fúngicas y contribuyendo al secado de la humedad foliar después de riegos o lluvias.

En conjunto, la dinámica de los vientos en Torreón constituye un factor ambiental relevante, tanto por sus efectos negativos en la erosión y daños a la producción agrícola, como por sus beneficios en la ventilación y manejo sanitario de los cultivos.

3.4.5. Heladas

Las heladas ocurren principalmente en diciembre y enero, cuando las temperaturas mínimas pueden bajar de 0 °C. Este fenómeno puede dañar cultivos

sensibles como el melón, afectando hojas, tallos y frutos, por lo que se emplean estrategias de protección como riegos, coberturas plásticas o invernaderos para mitigar sus efectos.

3.4.6. Humedad relativa

Presenta una humedad relativa baja a lo largo del año, propia de los climas áridos y semiáridos. Los valores promedio anuales oscilan entre 40 % y 60 %, alcanzando los niveles más bajos durante los meses de marzo a mayo, que coinciden con la temporada más cálida y seca. Por el contrario, durante la temporada de lluvias, de junio a septiembre, la humedad relativa aumenta, especialmente en las mañanas y noches, debido a la mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera.

3.4.7. Evaporación

Presenta altos niveles de evaporación, característica común de los climas áridos y semiáridos. La combinación de altas temperaturas, baja humedad relativa y radiación solar intensa favorece que la evaporación potencial supere ampliamente la precipitación anual, generando un déficit hídrico significativo durante gran parte del año. La evaporación promedio mensual a lo largo del año alcanza 178 mm, presentando un aumento notable en mayo y junio, con valores de 234 y 236 mm, respectivamente.

3.5. Suelos en la región de la Comarca Lagunera

Presenta suelos de origen aluvial y lacustre, formados principalmente por sedimentos depositados por los ríos Nazas y Aguanaval. Estos suelos poseen texturas que varían de franco-arenosas a arcillosas, con una capacidad de retención de agua moderada a baja y fertilidad natural variable, dependiendo de la presencia de materia orgánica y la salinidad del perfil.

Uno de los factores distintivos de los suelos en esta región es su alto contenido de sales solubles, producto de la evaporación excesiva y del aporte de aguas subterráneas con minerales disueltos. Esta característica puede generar problemas de salinidad y alcalinidad, afectando el desarrollo de cultivos sensibles y requiriendo prácticas de manejo específicas, como el riego controlado y la incorporación de enmiendas orgánicas o químicas.

Además, los suelos de la Comarca Lagunera suelen presentar estratificación heterogénea, con capas superficiales más sueltas y suelos más compactos en profundidad, lo que influye en la penetración de raíces y la disponibilidad de agua y nutrientes. A pesar de estas limitaciones, la región ha sido históricamente muy productiva gracias a la implementación de sistemas de riego eficientes y prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales, permitiendo el cultivo de hortalizas, forrajes, algodón y melón, entre otros.

Estos suelos requieren un manejo agronómico cuidadoso, considerando su textura, fertilidad y salinidad, para garantizar la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas en la región.

3.6. Análisis químico y físico del suelo

El análisis de suelo se realizó en muestras colectadas a una profundidad de 0–30 cm conforme a la NOM-021-RECNAT-2000, FAO y Castellanos (2000), con el fin de caracterizar las condiciones físicas, químicas y de fertilidad previas al establecimiento del cultivo.

Cuadro 7. Resultados del análisis físico-químico del suelo.

Parámetro	Resultado	Rangos
Textura	Franco – arcilloso	Franco o Franco – arenoso
pH	8.22	5.0 – 8.5
Conductividad eléctrica (dS/m)	1.612	0.5 – 5.0
RAS	1.51	< 9.0

Materia orgánica (%)	1.95	0.8 – 4.0
N – NO ₃ (%)	15.56	6.7 – 55.7
P	24.36	4.0 – 50.0
K _e	904	100 – 1500
Ca _e	12188	500 – 8000
Mg _e	267	50 – 2000
Cu	1.19	0.20 – 5.0
Fe	11.80	3.0 – 60.0
Zn	3.00	0.30 – 10.0
Mn	19.89	2.00 – 80.0
S	65.01	3.00 – 25.0
B	2.34	0.30 – 5.00

De acuerdo con los resultados del análisis de suelo del lote, el pH del suelo es de 8.22, clasificándose como medianamente alcalino, condición común en suelos agrícolas de zonas áridas y semiáridas donde se produce melón.

Respecto a la conductividad eléctrica (1.612 dS/m), el suelo se clasifica como muy ligeramente salino, lo cual no representa una limitación importante para el cultivo de melón, ya que esta especie presenta una tolerancia moderada a la salinidad. Asimismo, el valor bajo de PSI indica que no existe riesgo de sodicidad, por lo que no fue necesario aplicar yeso agrícola ni realizar lavados del suelo, permitiendo un manejo nutrimental enfocado principalmente en el equilibrio de fertilización y el control del pH.

No se presentan deficiencias severas ni medias en los nutrimentos evaluados; únicamente se observa una deficiencia ligera de nitrógeno en forma de nitratos, lo que indica que el cultivo de melón puede responder favorablemente a la fertilización nitrogenada. El nitrógeno es un elemento esencial en el desarrollo vegetativo del melón, ya que influye directamente en la formación de hojas, tallos y crecimiento inicial del cultivo; por lo que se tuvo que ajustar la dosis de fertilización

nitrogenada para garantizar un adecuado establecimiento del cultivo y un buen desarrollo durante las primeras etapas fenológicas.

Los niveles de materia orgánica, fósforo, magnesio, cobre, hierro, zinc y manganeso se encuentran dentro de los rangos de suficiencia, lo que indica que el suelo presenta condiciones nutrimentales adecuadas para el desarrollo del melón. El fósforo favorece el desarrollo radicular y la floración, mientras que los micronutrientes como hierro, zinc y manganeso participan en procesos fisiológicos importantes como la fotosíntesis y la síntesis de enzimas, por lo que no se espera una respuesta significativa a su aplicación adicional.

En cuanto al potasio, se encuentra en niveles altos, lo cual es favorable para el cultivo de melón, ya que este nutrimento está directamente relacionado con la calidad del fruto, el contenido de azúcares, la firmeza, el tamaño y la resistencia al estrés hídrico. Por otro lado, el calcio y el azufre presentan concentraciones muy elevadas.

El pH del suelo es de 8.22, clasificándose como medianamente alcalino, condición común en suelos agrícolas de zonas áridas y semiáridas donde se produce melón.

Respecto a la conductividad eléctrica (1.612 dS/m), el suelo se clasifica como muy ligeramente salino, lo cual no representa una limitación importante para el cultivo de melón, ya que esta especie presenta una tolerancia moderada a la salinidad. Asimismo, el valor bajo de PSI indica que no existe riesgo de sodicidad, por lo que no fue necesario aplicar yeso agrícola ni realizar lavados del suelo, permitiendo un manejo nutrimental enfocado principalmente en el equilibrio de fertilización y el control del pH.

3.7. Tratamientos

El experimento fue conformado por cuatro tratamientos que se describen en el cuadro 8, en donde tres tratamientos fueron con diferentes concentraciones de sargazo y un tratamiento testigo (control) sin aplicación del mismo, cada uno con seis repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

Cuadro 8. Tratamientos evaluados con cuatro concentraciones de sargazo

Tratamiento	Concentración de sargazo (%)	Repeticiones
T0	0.0 %	6
T1	1.5 %	6
T2	3.0 %	6
T3	4.5 %	6

Cada tratamiento se aplicó de forma foliar, asegurando una distribución homogénea del material.

El propósito de los tratamientos fue evaluar el efecto del sargazo como fuente de biofertilizante de nutrientes sobre el desarrollo vegetativo, rendimiento y calidad del fruto del melón, comparando los resultados con el tratamiento control y determinando la concentración óptima para obtener la mejor respuesta agronómica.

3.8. Diseño experimental

Se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA) con concentración de sargazo de cuatro tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. El DCA fue seleccionado debido a la homogeneidad estimada del sitio experimental y a la sencillez para aplicar las dosis de sargazo de forma independiente en cada parcela.

Tratamientos (t): 4 (T1, T2, T3 y control).

Repeticiones (r): 6.

Unidades experimentales (parcelas): $N = t * r = 24$

Tamaño de parcela experimental: 4.0 mts * (m²)

Separación entre parcelas: 2 metros de separación (sendero) para permitir manejo

Las 24 parcelas se disponen en una matriz de 6 filas × 4 columnas. Los tratamientos se asignaron de forma aleatoria a las 24 posiciones:

3.9. Parcela experimental

Cada unidad experimental tuvo dimensiones de 4.0 m de largo. Dentro de cada parcela se reservó una franja de muestreo central de 4 m que se utilizó para la evaluación de variables (peso de fruto, diámetros polar y ecuatorial).

Disposición y plantación

Número de plantas por parcela: la densidad se calculó según el espaciamiento entre plantas y entre filas recomendado para *Cucumis melo* L. (var. Crussier). Se adoptó un espaciamiento de 0.25 m entre plantas en la hilera y 2 m entre camas meloneras como ejemplo práctico.

Cálculo: $[4.0m/0.25m] = 16 \text{ plantas por tratamiento}$

Formación de camas meloneras: las camas se orientaron en sentido norte-sur para reducir la variación de radiación sobre las plantas a lo largo del día.

Se dejó una separación entre camas de 2.0 m para manejo y evitar transferencia por herramientas o riego localizado. Se consideró al menos una fila guarda alrededor del conjunto experimental para reducir efectos de borde y deriva de riego o productos fitosanitarios. Las parcelas fueron rotuladas con placas de madera con la asignación de tratamientos y repeticiones.

Riego, control sanitario y manejo uniforme

El riego se realizó por riego localizado (goteo) con uniformidad entre parcelas; los emisores se colocaron de forma que cada planta recibiera el mismo caudal en todas las parcelas.

Las prácticas de control de plagas, enfermedades y malezas se aplicaron de forma homogénea en todas las parcelas; todo manejo adicional fue registrado en el cuaderno de campo para asegurar trazabilidad.

Señalización y registro

Cada parcela contó con un registro en el cuaderno de campo como se muestra en la figura 4 con identificador de parcela, tratamiento, fecha de siembra,

dosis exacta de sargazo aplicada, fecha de aplicación, observaciones de emergencia, incidencias fitosanitarias y fechas de riego.

NOGALERA					
REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3	REPETICIÓN 4	REPETICIÓN 5	REPETICIÓN 6
TRAT 4	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 1	TRAT 3	TRAT 4
TRAT 1	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 4	TRAT 1	TRAT 3
TRAT 3	TRAT 4	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 4	TRAT 2
TRAT 2	TRAT 1	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1

TRAT 0 TRAT 1 = CONTROL
 TRAT 1 TRAT 2 = 1.5 %
 TRAT 2 TRAT 3 = 3 %
 TRAT 3 TRAT 4 = 4.5 %

Figura 6. Esquema de parcela.

3.10. Material vegetativo

El material vegetal utilizado en el presente estudio correspondió a semillas de melón (*Cucumis melo* L.) variedad Crussier, perteneciente al grupo Cantaloupensis. Esta variedad se caracteriza por presentar frutos de forma esférica a ligeramente ovalada, con una cáscara reticulada de color crema y pulpa de tono anaranjado intenso, de textura firme y alto contenido de azúcares, cualidades que la hacen altamente demandada en el mercado nacional e internacional.

Las semillas fueron adquiridas en un establecimiento comercial autorizado, garantizando su pureza genética y sanitaria. Antes de la siembra, las semillas se seleccionaron manualmente para eliminar aquellas que presentaran daños físicos o signos de deterioro. Posteriormente, se colocaron en bandejas de germinación con sustrato estéril a base de peat moss y perlita en proporción 70:30, manteniendo condiciones controladas de temperatura (25–28 °C) y humedad relativa (~80 %) para favorecer una germinación uniforme.

La siembra se realizó el día 04 de abril del 2025 en surcos previamente preparados e incorporados con los tratamientos correspondientes de sargazo.

La elección de la variedad Crussier se debió a su alta adaptación a las condiciones agroclimáticas de la Comarca Lagunera, especialmente en suelos franco-arenosos y climas cálidos con baja precipitación. Además, esta variedad presenta buen comportamiento ante enfermedades comunes del cultivo, un ciclo vegetativo medio (80–90 días) y excelente aceptación comercial por su calidad de fruto.

Figura 7. Siembra del cultivo del melón con acolchado.



3.11. Control de plagas

Durante el ciclo del cultivo de melón (*Cucumis melo* L., variedad Crussier), se presentó únicamente la presencia de una plaga significativa: la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), la cual se observó principalmente en el envés de las hojas jóvenes, provocando amarillamiento y debilitamiento del follaje debido a la succión de savia y la posible transmisión de virosis.

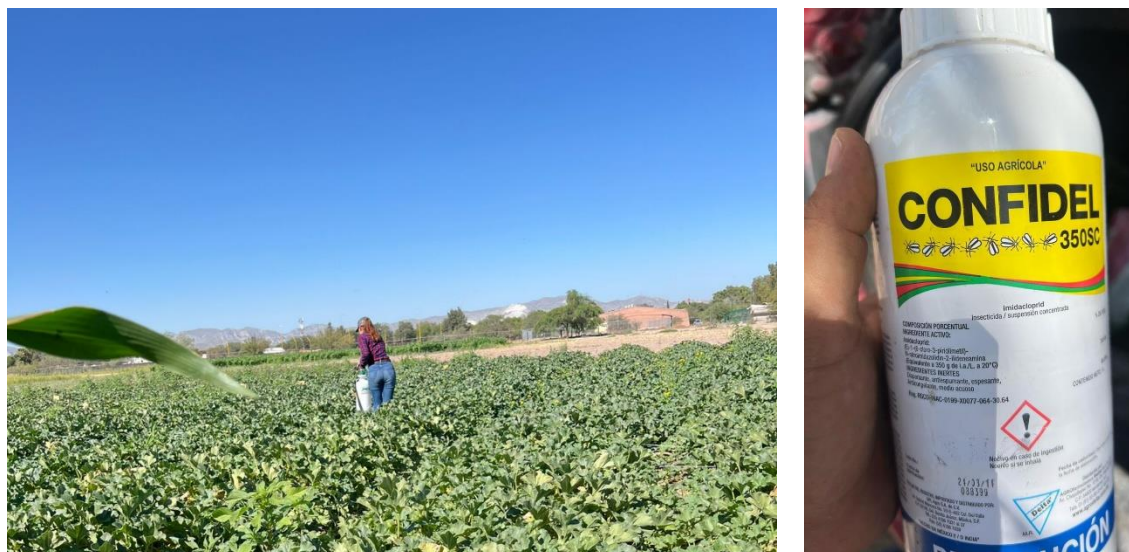
El monitoreo de la plaga se realizó de manera visual cada semana, considerando el número de adultos y ninfas por hoja, siguiendo las recomendaciones técnicas de manejo integrado. Al detectarse un incremento en la población por encima del umbral económico, se procedió a realizar una aplicación de insecticida sistémico.

Para el control químico se utilizó Imidacloprid, en su presentación comercial Confidel® 350 SC, formulado como concentrado soluble. El producto se aplicó a una dosis de 0.5 L/ha, diluido en agua, mediante aspersión foliar con mochila manual, procurando una cobertura uniforme en el haz y envés de las hojas. La aplicación se efectuó en las primeras horas de la mañana para evitar pérdidas por evaporación y minimizar riesgos de fitotoxicidad.

Después de la aplicación, se observó una reducción significativa en la población de mosquita blanca, sin afectar el desarrollo vegetativo del cultivo ni el rendimiento. No se detectaron otras plagas de importancia económica durante el ciclo experimental.

El control se realizó siguiendo las recomendaciones de uso establecidas por la etiqueta del producto y la normatividad fitosanitaria vigente, asegurando el manejo responsable de agroquímicos y la protección del medio ambiente.

Figura 8. Aplicación de agroquímicos en el cultivo de melón.



3.12. Fertilización del cultivo

La fertilización (180-60-250) se realizó con el objetivo de proporcionar los nutrientes esenciales requeridos para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo* L., variedad Crussier). Para ello, se utilizó como fuente principal el fertilizante YaraMila® Star, el cual presenta una fórmula química de 21-17-3 (N-P-K) y contiene además micronutrientes que favorecen la nutrición balanceada del cultivo.

La fertilización se efectuó de manera fraccionada, aplicando la mitad de la dosis al momento de la siembra para favorecer el establecimiento inicial de las plantas, y la otra mitad durante la etapa de desarrollo vegetativo y floración, utilizando la fuente de Yaravela mediante aplicación directa al suelo en bandas laterales, seguida de un riego.

3.13. Riego

El riego en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) se realizó mediante un sistema de cintilla por goteo, el cual permitió una aplicación eficiente y localizada del agua en la zona radicular. Este sistema favoreció el ahorro de agua y redujo pérdidas por evaporación.

La frecuencia y cantidad de riego se ajustaron de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo, aplicando riegos más frecuentes durante el establecimiento y la fructificación, y reduciéndolos en la etapa de maduración para mejorar la calidad del fruto. En general, el uso de la cintilla por goteo permitió un adecuado manejo hídrico, contribuyendo al desarrollo óptimo del cultivo y a la eficiencia en el uso del agua.

3.14. Variables agronómicas

Con el propósito de determinar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de sargazo sobre el desarrollo y productividad del cultivo de melón

(*Cucumis melo* L., variedad Crussier), se evaluaron las siguientes variables agronómicas al momento de la cosecha:

1. Peso de fruto (kg)

Cada fruto fue pesado individualmente utilizando una balanza digital de precisión (± 0.01 kg), registrando el peso fresco total.

Figura 9. Peso del fruto del melón.



2. Rendimiento por hectárea (t/ha)

El rendimiento se estimó a partir del peso total de los frutos cosechados por tratamiento y extrapolando en una hectárea tomando en cuenta 4100 metros lineales establecidos con cultivo.

El resultado final se expresó en toneladas por hectárea (t/ha). Esta variable permitió comparar la productividad entre tratamientos con distintas dosis de sargazo y el control.

3. Diámetro polar (cm)

El diámetro polar (o longitudinal) se midió desde la base hasta el ápice del fruto, utilizando un vernier. Esta variable se asocia con la longitud total del fruto, reflejando su desarrollo en sentido vertical.

4. Diámetro ecuatorial (cm)

El diámetro ecuatorial (o transversal) se determinó en la parte media del fruto, perpendicular al diámetro polar, utilizando el mismo vernier. Esta variable se relaciona con la anchura del fruto, indicador importante de la calidad comercial y la uniformidad del tamaño.

Las mediciones se realizaron con frutos fisiológicamente maduros, seleccionados al alcanzar el estado de madurez de consumo, determinado por el cambio de color de la corteza y la formación de la capa de abscisión en el pedúnculo. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico conforme al diseño experimental establecido.

Figura 10. Medidas del diámetro polar y ecuatorial.



3.15. Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales (SST) constituyen un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad interna del melón, ya que reflejan principalmente el contenido de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos solubles que determinan el sabor dulce característico del fruto. Esta variable se expresó en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), utilizando un refractómetro digital, mediante la colocación de unas gotas del jugo extraído de la pulpa en el prisma óptico del instrumento.

3.16. Firmeza del fruto

La firmeza del fruto es una de las principales variables físicas que determinan la calidad poscosecha del melón, ya que está directamente relacionada con la textura de la pulpa y el grado de madurez. Esta se evaluó mediante un penetrómetro digital con puntilla de acero de 8 mm de diámetro, aplicando la presión perpendicularmente sobre la pulpa después de retirar una pequeña porción de la cáscara. Los resultados se expresaron en Newtons.

IV. Resultados Y Discusión

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se presentan y analizan de manera sistemática en los apartados siguientes, con el propósito de evidenciar los hallazgos derivados del proceso metodológico aplicado, permitiendo una interpretación objetiva y rigurosa de los datos recopilados, en concordancia con los objetivos planteados y el marco teórico que sustenta el estudio:

4.1. Rendimiento

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, como se muestra en la Figura 6. No obstante, de manera descriptiva, el tratamiento control y el tratamiento con sargazo al 4.5% presentaron los valores promedio más altos. A pesar de esta tendencia, bajo el criterio de significancia ($p \leq 0.05$), dichas diferencias no pueden atribuirse a un efecto real de los tratamientos.

En consecuencia, se infiere que la aplicación de sargazo no modificó significativamente el rendimiento respecto al control, y las variaciones observadas pueden deberse a la variabilidad experimental. Sin embargo, la ligera tendencia favorable en el tratamiento al 4.5% sugiere la necesidad de continuar investigando su posible efecto bajo distintas condiciones o ajustes en las dosis aplicadas.

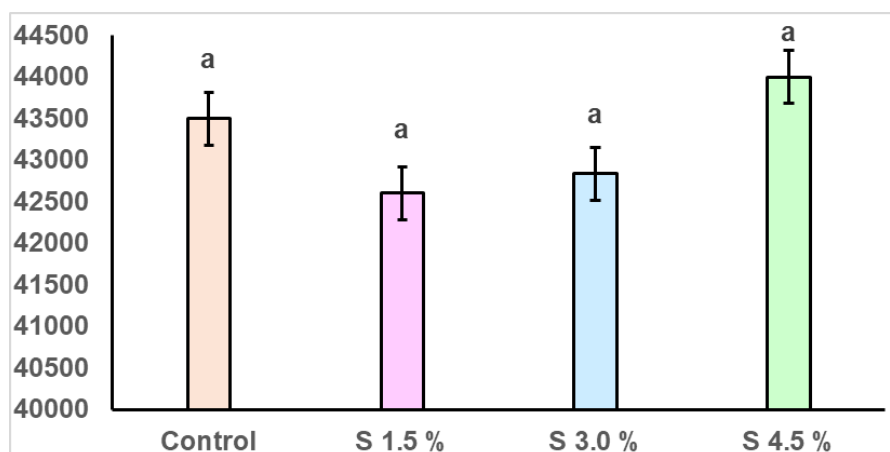


Figura 11. Rendimiento del cultivo de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Los productos derivados de algas marinas (incluido el sargazo) no actúan como fertilizantes tradicionales aportando directamente macronutrientes significativos (por ejemplo, N, P, K) en las cantidades requeridas para sustentar incrementos de rendimiento cuantificables por sí solos. En muchos casos los efectos se deben más a compuestos bioactivos (fitohormonas, polisacáridos) que a nutrientes que aumenten la producción neta de biomasa y frutos. La variabilidad en composición bioactiva de los productos basados en biomasa de algas es alta, dependiendo de la especie, origen, método extractivo y concentración aplicada. Esto puede explicar resultados inconsistentes entre ensayos, incluso bajo condiciones de campo similares. (Lamine *et al.*, 2025).

Un estudio con extracto de algas marinas en vid en Coahuila (donde se aplicó extracto de *Sargassum* spp.) encontró que no hubo efecto estadístico sobre rendimiento, lo cual se atribuyó a condiciones ambientales (humedad del suelo) y a que el efecto fotosintético mejorado no se tradujo directamente en más frutos. Los rendimientos promedio por planta registrados en las parcelas con aplicación del extracto y en aquellas sin tratamiento fueron de 9.09 kg y 10.32 kg, respectivamente, observándose una diferencia relativa del 13.5% entre ambas condiciones. (Zermeño *et al.*, 2015).

4.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

En el presente estudio, los valores promedio de sólidos solubles totales oscilaron entre 5.9 y 12.4 °Brix, dependiendo del tratamiento aplicado. Los frutos provenientes de las parcelas con aplicación de sargazo, especialmente en combinación con la fertilización de lenta liberación, presentaron los valores más altos de °Brix, lo que sugiere una mayor acumulación de azúcares durante la fase de maduración.

El tratamiento con sargazo al 1.5 % registró un valor promedio de 10.2 °Brix, seguido por el tratamiento con sargazo al 4.5 % con 10.1 °Brix, mientras que el testigo (sin sargazo) presentó 7.2 °Brix. Se observaron diferencias estadísticas

entre tratamientos (como se observa en la figura 7) incrementando significativamente en el contenido de sólidos solubles respecto al control.

Estas diferencias pueden deberse al aporte de micronutrientes y compuestos orgánicos del sargazo, que favorecen la actividad fotosintética y la translocación de carbohidratos hacia el fruto, incrementando su dulzura y calidad organoléptica.

De acuerdo con la literatura, un contenido de 12 a 14 °Brix se considera óptimo para melones del tipo “Crussier” destinados al consumo en fresco, por lo que los tratamientos con sargazo alcanzaron valores dentro del rango de madurez comercial ideal. Esto demuestra que el uso de esta enmienda orgánica no solo mejora el rendimiento, sino que también incrementa la calidad sensorial del fruto.

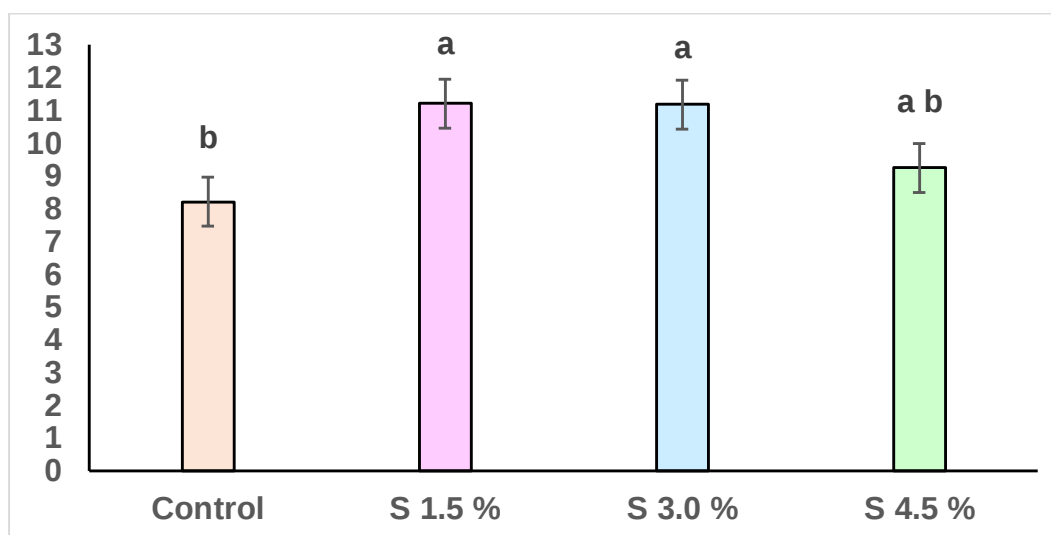


Figura 12. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Los grados Brix (sólidos solubles totales) están principalmente relacionados con acumulación de azúcares y compuestos solubles en el fruto. Estas rutas pueden ser más sensibles a estímulos bioquímicos que afectan el metabolismo de carbohidratos y partición fotosintética que a aquellos que expresan crecimiento estructural del fruto o rendimiento bruto. Varios estudios reportan que extractos de algas pueden aumentar síntesis de compuestos solubles, posiblemente debido a la

presencia de fitohormonas (citoquininas, auxinas, betaines) y otros bioactivos que modulan metabolismo de carbohidratos, transporte de azúcares y actividad fotosintética localizada (Ali *et al.*, 2021).

Evidencia de vid en Coahuila, los extractos no aumentaron °Brix, pero sí alteraron otros componentes de calidad química (pH y acidez) (Zermeño *et al.*, 2015).

4.3. Firmeza del fruto

En promedio, los frutos de melón Crussier mostraron valores de firmeza que oscilaron entre 13 y 28 Newton, dependiendo del tratamiento aplicado. Se observó que los tratamientos con sargazo como biofertilizante, en combinación con la fertilización de lenta liberación, tendieron a conservar una mayor firmeza respecto al testigo, lo cual puede atribuirse al aporte equilibrado de nutrientes y materia orgánica, que favorece la formación de tejidos más compactos y una maduración más uniforme.

Los frutos del tratamiento con sargazo al 1.5 % mostraron una firmeza promedio de 24 Newton, mientras que el tratamiento testigo presentó 20 Newton, indicando que la aplicación de sargazo contribuyó positivamente a mantener la consistencia de la pulpa. Estos valores se ubican dentro del rango reportado para frutos en estado de madurez comercial (20–35 Newton), estos valores se ubican dentro de los rangos reportados para frutos en estado de madurez comercial para melones tipo “Cantaloupe” y “Crussier”., los cuales pueden variar en función del genotipo y las condiciones de manejo del cultivo (Monforte *et al.*, 2009).

La conservación de una adecuada firmeza es importante no solo para la aceptación del consumidor, sino también para la resistencia al transporte y almacenamiento. De esta manera, el uso de sargazo como enmienda orgánica se muestra como una alternativa viable para mejorar la textura y prolongar la vida poscosecha del fruto sin comprometer su calidad sensorial.

No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, (como se observa en la figura 13). Esto indica que la aplicación de sargazo, en las concentraciones evaluadas, no tuvo un efecto estadísticamente comprobable sobre la firmeza del fruto.

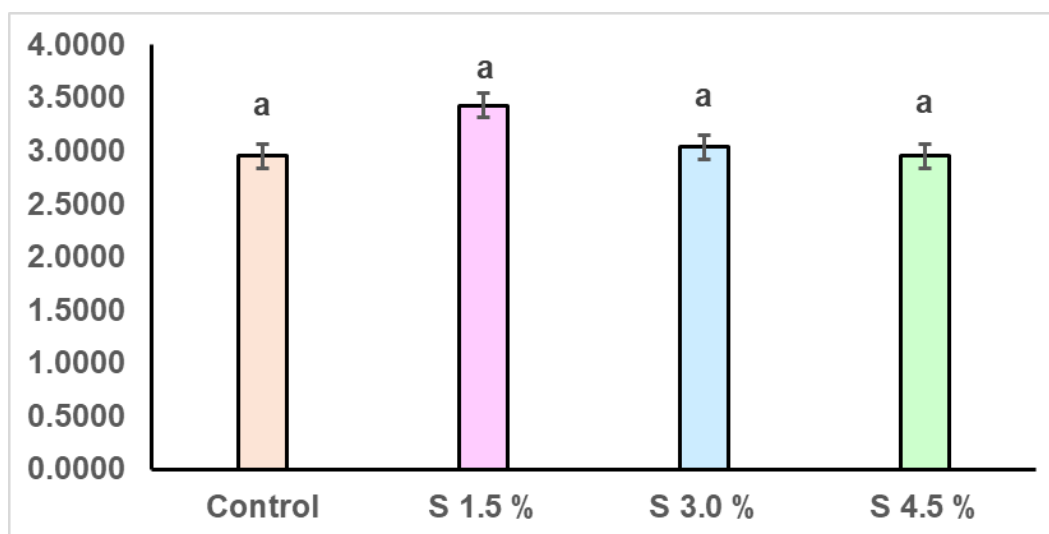


Figura 13. Firmeza del fruto de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

La firmeza de frutos depende de múltiples factores fisiológicos durante el desarrollo y maduración: contenido de calcio en la pared celular, actividad de enzimas de pared (pectinesterasas, poligalacturonasas), tasa de crecimiento celular y balance hormonal. La mayoría de estos procesos no son directamente modulados por aplicaciones limitadas de extractos orgánicos como el sargazo o sus metabolitos en dosis bajas. En cultivos donde extractos de algas marinas sí modificaron firmeza, normalmente se observaron también cambios sustanciales en otros parámetros de calidad de fruto (carbohidratos totales o estructura) bajo aplicaciones foliares y/o con otros cofactores añadidos como Si o Se en jitomate (Jalali *et al.*, 2022).

4.4. Diámetro polar

No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, (como se observa en la figura 14). Esto sugiere que la aplicación de sargazo, en las concentraciones evaluadas, no influyó de manera estadísticamente comprobable en el diámetro polar del fruto.

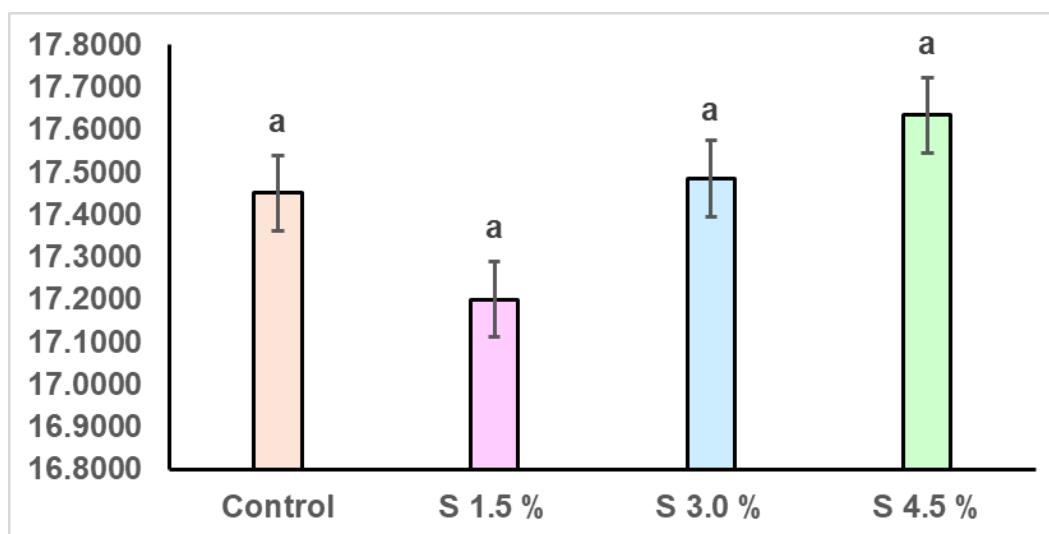


Figura 14. Diámetro polar del fruto de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El uso de extractos de macroalgas como *Sargassum muticum* ha mostrado efectos positivos en la calidad del fruto, incrementando la longitud axial (diámetro polar) y la dimensión ecuatorial en tomate, lo que indica una mejora en el desarrollo y tamaño del fruto en comparación con el tratamiento control (Spagnuolo *et al.*, 2025)

4.5. Diámetro ecuatorial

No se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, (como se observa en la figura 15). Esto sugiere que la aplicación de sargazo, en las concentraciones evaluadas, no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el diámetro ecuatorial del fruto.

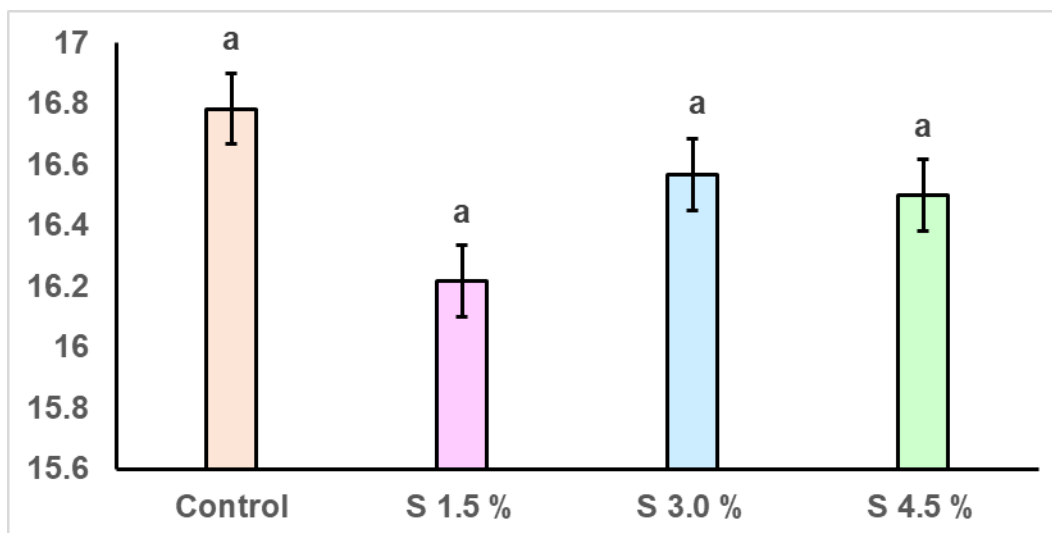


Figura 15. Diámetro ecuatorial del fruto de melón bajo diferentes tratamientos de aplicación de sargazo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar; letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El tamaño de fruto se regula por la interacción genética de la planta, disponibilidad de carbohidratos, condiciones ambientales y hormonales (auxinas y citoquininas). Con estímulos de sargazo o extractos de algas, los efectos sobre tamaño de frutos suelen ser variables y no siempre consistentes, incluso dentro de un mismo cultivo. En algunas especies como tomate en condiciones controladas, las aplicaciones de algas sí aumentaron tamaño y diámetro, pero esto dependió de las especies de alga y concentración óptima (Baroud *et al.*, 2025).

En investigaciones en cereza dulce, la aplicación de algas no causó cambios en dimensiones del fruto, aunque sí modificó otros aspectos de calidad como la coloración (Zhia *et al.*, 2024).

V. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el objetivo general del estudio se cumplió de manera parcial, ya que fue posible evaluar el impacto del sargazo sobre variables productivas y de calidad, observándose respuestas diferenciadas entre ellas. En cuanto a los objetivos específicos, se determinó que la aplicación foliar de sargazo no generó diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo, la firmeza del fruto ni en los diámetros polar y ecuatorial, lo que indica que, bajo las concentraciones y condiciones evaluadas, el sargazo no influyó de manera directa en el crecimiento físico del fruto ni en la productividad total del melón.

Sin embargo, sí se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de sólidos solubles totales (°Brix), lo cual evidencia que la aplicación de sargazo tuvo un efecto positivo sobre la calidad interna del fruto. Este resultado sugiere que el sargazo actúa principalmente como un bioestimulante, favoreciendo procesos fisiológicos relacionados con la acumulación de azúcares, más que como una fuente directa de nutrientes capaz de incrementar el rendimiento.

Con respecto a la hipótesis planteada, se acepta de manera parcial, ya que el sargazo no mejoró significativamente todas las variables evaluadas, pero sí influyó positivamente en un atributo clave de calidad del fruto, como lo es el contenido de °Brix. Esto indica que su efecto se limita a ciertos procesos metabólicos específicos y no se traduce necesariamente en un aumento de la producción o del tamaño del fruto.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda considerar el uso del sargazo como complemento de la fertilización convencional, especialmente en sistemas de producción orientados a mejorar la calidad del fruto. Asimismo, se sugiere realizar estudios futuros que evalúen otras formas de aplicación, diferentes concentraciones y momentos fenológicos, así como su combinación con fertilización mineral, con el fin de potenciar sus efectos.

VI. Literatura Citada

- Ali, O., Ramsubhag, A., y Jayaraman, J.** 2021. Propiedades bioestimulantes de los extractos de algas en plantas: implicaciones para la producción sostenible de cultivos. *Plantas (Basilea)*. Volumen 10 (3) 10.3390/plants10030531
- Alvarado, P., Escalona, V., Monardes, H., Urbina, C., y Martin, A.** 2009. Manual del cultivo de Sandía y Melón. Nodo Horta. Pp. 10.
<https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-almeria/fundamentos-de-horticultura-y-fruticultura/manual-cultivo-sandia-melon/17693648>
- Arcila, A., Arias, H., Baquero, C. y Yacomelo, M.** 2017. Modelo productivo del cultivo de melón. *Revista Siembra*. Pp. 14, 21, 31 y 36.
<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/60/43/584-2>
- Baroud, D., Tahrouch, S., y Hatimi, A.** 2025. Efectos de los fertilizantes de algas pardas en el rendimiento del tomate y la calidad del fruto. *Revista asiática de agricultura*. Volumen 9 (2). <https://smujo.id/aja/article/view/22581/8912>
- Cano, P., Castro, E., Chavez, J. F., Chew, Y. I., Espinoza, J., Faz, R., Figueroa, U., Fu Castillo, A., Jiménez, F., Medina, M. C., Moreno, L. E., Nava, U., Orona, I., Ramirez, M., Reyes, J. L. y Reyes, I.** 2002. El melón: tecnologías de producción y comercialización. 1º Edición. México. 256 p. 968-800-552-5
- Cano, P., Reyes J.L.** 2003. Manual de polinización apícola. *Revista Miel de Málaga*. 15-18 pp. <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Reyes-Carrillo/publication/257409257>
- Cano, P., Reyes J.L. y Nava U.** 2009. Período óptimo de polinización del melón con abejas melíferas (*Apis mellifera L.*). *Revista Scielo*. Volumen 35 (4): 1-26 pp.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000400002
- Carballo, S.** 1994. Manejo poscosecha de melón. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 11 p. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10333/1/sad-10-p.13-23.pdf>
- Casaca, A.** 2005. El cultivo del Melón. PROMOSTA.
<https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-melon,-G.pdf>

Caravaca, M. 2015. Operaciones auxiliares de preparación del terreno, plantación y siembra de cultivos agrícolas. Editorial Elearning S.L. 5° Edición. España. 9-541 pp.

https://www.google.com.mx/books/edition/MF0517_1_Operaciones_auxiliares_de_prepa/3bNWDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Normales climatológicas por estado. Obtenido de smn.conagua.gob.mx: https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/coah/mes05026.txt

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Normales Climatológica por Estado, Coahuila de Zaragoza. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-porestado?estado=coah>

CONABIO. (sin fecha). Melón (*Cucumis melo*). CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20912_sg7.pdf

Crawford, H. 2017. Manual de manejo agronómico para cultivo de melón. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 92 p. 14. [https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7ffed441-0493-451d-b28a-9bee64521b1b/content#:~:text=2.1.2.,-](https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7ffed441-0493-451d-b28a-9bee64521b1b/content#:~:text=2.1.2.,-Desarrollo&text=La%20germinaci%C3%B3n%20de%20las%20semillas,temperaturas%20(Pe%C3%B1a%202001))

[Desarrollo&text=La%20germinaci%C3%B3n%20de%20las%20semillas,temperaturas%20\(Pe%C3%B1a%202001\)](https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7ffed441-0493-451d-b28a-9bee64521b1b/content#:~:text=2.1.2.,-Desarrollo&text=La%20germinaci%C3%B3n%20de%20las%20semillas,temperaturas%20(Pe%C3%B1a%202001))

Dubon, R. (2006). Principales plagas del cultivo de melón y sus enemigos naturales. Valle de la Fragua. Zapopan, Guatemala. 120 p. <https://martinurbinac.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/melon-plagas.pdf>

Durán, J. y Parra, N. 2009. Fertilizantes de liberación lenta y controlada. Revista Agropecuaria. Volumen 1: 620-624 pp. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2009_921_620_624.pdf

Espinoza, J., Orona, I., Guerrero, L. A., Molina, V. M., Ramírez, 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. Revista Scielo. Volumen 13 (2): 71-82 pp.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582019000100071

FAO. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. FAO. Roma. 215-222 pp.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f9d895bf-d7dc-4616-b876-2d350b057ec6/content>

Guerra, M., González, R., y Cedeño, M. 2002. Evaluación de prácticas de manejo de malezas en el cultivo de melón. Revista Ciencia Agropecuaria. Volumen 11: 45-55 pp.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/368/296>

Guzmán, N. 2013. Riego en cultivo del melón. Revista Agrosavia. Volumen 1: 9 p.
<https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/3ed3b221-cabc-4cd9-9c04-cd8da6632a07/content>

INEGI, 2021. Diccionario de datos de climas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825199258.pdf

Jalali., P., Reza, H., Khodadadi, M., Torkashvand, A., y Ghanbari, M. 2022. Effects of brown seaweed extract, silicon, and selenium on fruit quality and yield of tomato under different substrates. Volumen 17 (12). 10.1371/journal.pone.0277923

Kerje, T. y Grum, M. 2000. El origen del melón, cucumis melo. Revista Acta Hort. Volumen 7. 37-44 pp.
 10.17660/ActaHortic.2000.510.5

Lamine, M., Derbak, L., Bendif, H., Boufahja, F., Abu-Elsaoud, A.M., y Garzoli, S. 2025 Bioestimulantes derivados de algas marinas para la producción sostenible de cultivos: una revisión. Revista de Biotecnología. Volumen 408: 201-216 pp.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2025.09.013>

Mejía, E., Monzón C., y Soto, M. 2024 Aprovechamiento de la cáscara de melón (Cucumis melo) para la elaboración de mermelada. Revista Reincisol. Volumen 3 (6): 837-853 pp. . [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)837-853](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)837-853)

Mármol, J. R. 2008. Agua, suelo y fertirrigación de cultivos hortícolas en invernadero. Madrid España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 8449108160, 9788449108167

Martínez, S. 2001. Conjunto Tecnológico para la Producción de Melón. Estación experimental agrícola. Puerto Rico. 3 p. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/MELON-SUELO-Y-PREPARACION.pdf>

Martínez, L. S. 2001. Suelo y preparación del terreno. Universidad de puerto rico, colegio agrícola. Puerto Rico.

Monforte, A., Tijskens, L., Santos, N., Jowkar, M., Obando, J., Moreno, E., Schouten, R., Fernández, J. 2009. Comportamiento de la firmeza poscosecha de líneas casi isogénicas de melón. Revista ScienceDirect. Volumen 51 (3): 326 p. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.06.001>

Navarro, J., Martínez, V. y Botella, A. 2000. Respuesta del melón a la salinidad. Revista de Investigación del Bajo Segura. Volumen 2 (6): 477-486 pp. <http://hdl.handle.net/10045/59269>

Núñez, H. G., Gómez, M., Ochoa, N., Grumet, R., Lester, G. y Cantliffe, D. J. 2008. Frutos de melón: Diversidad genética, fisiología y características biotecnológicas. Critical Reviews in Biotechnology. Volumen 28 (1): 13–55 pp. <https://doi.org/10.1080/07388550801891111>

Parsons, D. V. 1997. Cucurbitáceas. Área de producción vegetal. Ed. Trillas. México. 6071709733

Peñaloza A., Patricia. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso. Chile. 161 p. 956-17-0316-5

Pérez, F. y Pita, J. 2006. Germinación de semillas. Hojas divulgadoras. Volumen 2: 20 p. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

Pinto, M. 2013. Características generales del cultivo del melón. Revista Agrosavia. Volumen 1: 2-12 pp.

<https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/7b1218e7-79b8-4aed-b0b4-fc2edce06197/content>

Reche, J. 2007. Cultivo intensivo del melón. Revista Hojas divulgadoras. Volumen 39: 2-59 pp.

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2007_2125.pdf

SADECO. 2024. Perfil comercial del melón. SADECO. <https://potencialproductivo.col.gob.mx/config/Tecnicacomercial/comerciales/PCME LON.pdf>

SADER. 2024. Melón mexicano, un fruto con creciente demanda y producción nacional: Agricultura. SADER. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/melon-mexicano-un-fruto-con-creciente-demanda-y-produccion-nacional-agricultura>

Sánchez, A. R.; Solís, M. M.; Ortiz, Pacheco, J.A.; Santos, U.; Solís, A.; Martínez, R. M. 2023. Sargazo: Problemática y oportunidades de aprovechamiento. Revista Frontera Biotecnológica. Volumen 26 (3): 5 p. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol26/pdf/vol-26-3.pdf>

Sánchez G., H., P. Cano R., G. de Avila D. y G. Rodríguez L. 1996. Informe de actividades, Campaña contra la mosquita blanca de la hoja plateada, *Bemisia argentifolii* B. & P., en la Región Lagunera. Comité Coordinador de la Campaña contra la Mosquita Blanca, SAGAR.

Spagnuolo D., Prisa D., Kundu A., De Michele M., Russo V. y Genovese G. 2025. Efectos comparativos de extractos de macroalgas sobre el crecimiento de la planta de tomate y la calidad del fruto. Ficología. Volumen 5 (2): 6-12 pp. <https://doi.org/10.3390/phyecology5020022>

Torres, E. 2023. Fisiología y morfología del melón básico (*Cucumis melo* L.). Virginia Cooperative Extension. https://www.pubs.ext.vt.edu/content/pubs_ext_vt_edu/en/SPES/spes-507/spes-507.html

Zapata, M., Cabrera, P., Bañan, S., Roth, P. 1989. El melón. Ediciones Mundiprensa. 1ªEd. Madrid España. 9788471142405, 8471142406

Zermeño, A., López, B., Melendres, A., Ramírez, H., Cárdenas, J., y Munguía, J. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Volumen 6 (12): 10 p. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/773/613>

Zhia, H y Dong, Y. 2024. Los bioestimulantes a base de algas marinas mejoran las características de calidad, los trastornos poscosecha y las propiedades antioxidantes de la cereza dulce y en respuesta al tratamiento con ácido giberélico. Revista Scientia Horticulturae. Volumen 336. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113454>