

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE  
MELÓN SUPLEMENTADO CON NANOPARTICULAS DE QUITOSÁN-YODO

Tesis

Que presenta SELENE YAÑEZ MARTÍNEZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

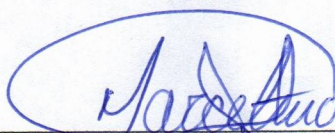
Saltillo, Coahuila

Diciembre 2024.

CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE  
MELÓN SUPLEMENTADO CON NANOPARTÍCULAS DE QUITOSÁN-YODO

Tesis

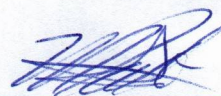
Elaborada por SELENE YAÑEZ MARTÍNEZ como requisito parcial para obtener  
el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura, con la supervisión y  
aprobación del Comité de Asesoría



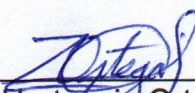
Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Director de Tesis



Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Asesor



Dra. Rocío Maricela Peralta Manjarrez  
Asesor



Dra. Hortensia Ortega Ortiz  
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda  
Subdirector de Postgrado  
UAAAN

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología** (CONAHCYT) por el apoyo otorgado a través del financiamiento del proyecto A1-S-20923. Así como a la beca otorgada con el número de CVU 1176103, con la cual pude consolidar esta meta.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** (UAAAN) y al programa de Maestría en Ciencias en Horticultura, por darme la oportunidad de formarme en esta área.

Al **Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente**, por su acompañamiento y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A la **Dra. Rocio Peralta Manjarrez**, por su apoyo, cariño y acompañamiento durante mi paso en la Maestría.

A la **Dra Hortensia Ortega Ortiz**, gracias por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de esa investigación.

Al **LCQ Alejandro Espinosa Muñoz** del laboratorio de caracterización de Materiales CIQA, por su apoyo para la determinación de minerales por ICP.

A la **Dra. Martha Roa Luna** del departamento de Procesos de transformación del CIQA por su apoyo en la síntesis de las nanopartículas de quitosán-yodo.

A Betty Saucedo Aguirre, por su paciencia, apoyo y ayuda en los trámites correspondientes, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por ser nuestro creador y ayudarme a cumplir esta gran meta de mi vida.

Con profundo respeto y admiración a mi ALMA MATER, quién me ha cobijado en estos años de formación académica.

Con gran amor y respeto a mis Padres, hermanos y sobrinos por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor persona, los quiero con todo mi corazón.

Dedicada a quien me estima  
A quien me considera una amiga.  
A quien me quiere bien.  
A quien me da buenos consejos.  
A quien me da la fuerza de seguir adelante.  
Gracias a quien se fue.  
Gracias a quien va llegando.  
Gracias a quien permanece.

## ÍNDICE

APROBACIÓN DE TESIS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	ix-viii
ABSTRACT.....	ix-x
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
HIPOTESÍS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Panorama de la Producción de Melón en México.....	4
Requerimientos del cultivo de melón. ....	4
Polinización del cultivo de melón. ....	5
El quitosan en la agricultura.....	6
Nanotecnología en la agricultura.....	6
La biofortificación de los cultivos con yodo. ....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Establecimiento del experimento. ....	9
Material vegetativo.....	9
Síntesis de nanopartículas de quitosán (NPs CS). ....	9
Manejo agronómico del cultivo.....	10
Trasplante: .....	11
Actividades culturales: .....	11
Arquetipo de la planta: .....	11
Riego: .....	11
Manejo de plagas y enfermedades: .....	11
Variables de respuesta .....	12
Análisis de resultados .....	13
RESULTADOS.....	14

DISCUSIÓN .....	20
CONCLUSIONES .....	22
REFERENCIAS .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Crecimiento vegetativo del melon Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con NPs de CS-I .....	15
Tabla 2. Variables de producción del establecimiento del cultivo de melón tipo Cantaloupe bajo condiciones de malla sombra.....	17
Tabla 3. Características de calidad del fruto de melón Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con nanopartículas de Quitosan-Yodo ...	18
Gráfica 1. Contenido de yodo en el fruto de melón Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con nanopartículas de Quitosan-Yodo.....	27

## **RESUMEN**

**CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE  
MELÓN SUPLEMENTADO CON NANOPARTÍCULAS DE QUITOSÁN-YODO**

**POR**

**SELENE YAÑEZ MARTÍNEZ  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE -ASESOR-**

**Saltillo, Coahuila.**

**Diciembre 2024**



En la presente investigación se evalúa el efecto de las nanopartículas de quitosan-yodo en la biofortificación del fruto del melón mediante la aplicación foliar de los tratamientos en diferentes concentraciones 250 ppm, 500ppm y 1000ppm en forma de yodato y yoduro de potasio (NPS CSKIO<sub>3</sub> Y NPS CSKI), el experimento se llevo a cabo mediante un diseño complementamente al azar bajo condiciones de malla sombra en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y se utilizó como material vegetativo la variedad Sweet Sunrise de la caso comercial Syngenta®, los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento agronómico del cultivo de melón muestran un aumento en toneladas por hectarea superando al testigo en un 67.77%, tambien se comprueba que la aplicación exogena de las NPs de Quitosán-yodo tiene un efecto biofortificante en el fruto, destancando el tratamiento con NPs CSKI 500ppm con un 87.02% más acumulación de yodo con respecto al testigo absoluto.

**Palabras claves:** *Cucumis melo* L, Producción, Nanotecnologia, Nano-Yodo, Nano- quitosan.

## **ABSTRACT**

**PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE PRODUCTION  
OF MELON SUPPLEMENTED WITH CHITOSAN-IODINE NANOPARTICLES**

**BY**

**SELENE YAÑEZ MARTÍNEZ  
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE –ADVISOR–**

**Saltillo, Coahuila**

**Diciembre 2024**

In the present investigation, the effect of chitosan-iodine nanoparticles in the biofortification of melon fruit is evaluated by foliar application of treatments at different concentrations 250 ppm, 500 ppm and 1000 ppm in the form of potassium iodate and iodide (NPS CSKIO<sub>3</sub> and NPS CSKI), the experiment was carried out using a completely random design under shade mesh conditions at the facilities of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University and the Sweet Sunrise variety of the Syngenta® commercial case was used as vegetative material, the results obtained in terms of the agronomic yield of the melon crop show an increase in tons per hectare exceeding the control by 67.77%, it is also verified that the exogenous application of Chitosan-iodine NPs has a biofortifying effect on the fruit, highlighting the treatment with CSKI NPs 500 ppm with 87.02% more accumulation of iodine with respect to the absolute control.

## INTRODUCCIÓN

En México la producción de melón es de importancia económica y social, se cosechan alrededor de 627 mil toneladas anuales distribuidas principalmente en los Estados de Coahuila, Sonora, Durango, Michoacán y Guerrero respectivamente, Coahuila es el principal productor de esta hortaliza, (SADER 2023), en los últimos 10 años la producción de melón se ha incrementado a nivel nacional, más de 23 Estados de la República Mexicana están incursionado en este sistema de producción, el melón de mayor comercialización a nivel nacional y mundial es el tipo Cantaloupe, por su características organolépticas, (SIAP 2023), por otra parte la saturación del mercado con esta hortaliza se ve afectada por los precios bajos y en algunos casos, pérdidas económicas para los productores, (Coahuilense 2022), es por ello que es conveniente la incorporación de nuevas tecnologías en el Sistema productivo, buscando con ello mejorar la productividad, la producción y la calidad de este producto, abriendo oportunidades de Mercado nacional e internacional, debido a que existe suficiente demanda por algunos países importadores de melón tipo Cantaloupe, (OEC, 2024).

Los avances en ciencia y tecnología ofrecen soluciones potenciales para los países en desarrollo, mediante la innovación y la inclusión de nuevas técnicas que permitan incrementar el valor de los productos de interés comercial final, y de esta manera promover la reducción de los costos ambientales y económicos de los sistemas de producción (Castro, 2020), en este sentido el uso de la nanotecnología en la agricultura va en aumento por sus múltiples benéficos en la producción de alimentos, entre los que se destacan la calidad e inocuidad de los insumos hasta el procesamiento y el alto valor nutrimental de los mismos (Dasgupta *et al.*, 2015), tal es el caso del uso de las Nanopartículas en la agricultura, es por ello que en los últimos años se ha incrementado el uso de las NPs de CS- KIO3 y CS-KI, como herramienta para la biofortificación de diversas hortalizas como lechuga, tomate y berenjena en donde han demostrado que las NPs CS- KIO3 y CS-KI tienen un efecto bioestimulante,( Rivera 2024) es por ello

que es viable la aplicación de este tipo de nanotecnología en el cultivo de melón y de esta manera poder compensar la deficiencia de yodo en el organismo humano mediante el consumo de alimentos biofortificado como el melón, el cual puede incorporarse a la dieta de manera constante, a consecuencia de que la insuficiencia de este elemento mineral en el ser humano está provocando que entre del 30 a 45% de la población mundial se vea afectada por enfermedades crónico degenerativas como el Cretinismo, Hipotiroidismo y la muerte prematura, (Yáñez *et al.*, 2024). En este sentido mediante la presente investigación se busca obtener información referente al uso de las nanopartículas de quitosán-yodo en la biofortificación del cultivo de melón.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la aplicación suplementaria de nanopartículas de Quitosan-Yodo sobre el rendimiento y la producción del melón tipo Cantaloupe.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Determinar el efecto de la aplicación de las Nanopartículas de quitosan-yodo en las variables agronómicas, producción y de calidad comercial del melón tipo Cantaloupe.
2. Cuantificar el contenido de yodo en el fruto de melón tipo Cantaloupe.

## **HIPOTESIS**

La aplicación exogena de Nanoparticulas de quitosan-yodo tendran un efecto biofortificante en el fruto de melón tipo Cantaloupe

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Panorama de la Producción de Melón en México.**

La producción de melón en nuestro país tiene un valor estimado en dos mil 321 millones de pesos anuales; los meses de mayor cosecha son marzo, mayo, junio y agosto, es cuando se obtiene el 47.5 % de la producción total, (SIAVI 2018).

En el mes de diciembre de 2023, la producción de melón en México alcanzó un hito significativo, registrando 645,002 toneladas, lo que representa un aumento del 11.2 % en comparación con las 580,000 toneladas del año 2022, SADER (2024). Este resultado supera la producción promedio anual de la última década y marca la cifra más alta de los últimos tres años.

La importancia del melón como cultivo generador de empleos es muy alta, con más de 120 jornales por hectárea desde la siembra hasta la cosecha, y una gran cantidad de empleos indirectos en actividades de acarreo, limpieza, clasificación, empaque, transportación y comercialización de esta importante hortaliza (Espinoza *et al.*, 2017).

Las exportaciones de melón mexicano han experimentado un crecimiento notable, ascendiendo a 25 millones 698 mil dólares en 2022. Estados Unidos lidera como el principal destino de estas exportaciones, seguido de países como Cuba, Canadá, Japón, Emiratos Árabes Unidos, Colombia, Hong Kong y Belice.

### **Requerimientos del cultivo de melón.**

El cultivo de melón se desarrolla de manera óptima en un clima cálido, hoy en día existen híbridos adaptados a climas templados, la temperatura ideal para la germinación de las semillas de melón oscila entre 28 °C a 32 °C en este rango de temperatura también se encuentra la etapa de crecimiento y floración. En cuanto al llenado de frutos para obtener una buena calidad comercial, se requiere de temperaturas entre los 18 °C y 25 °C (Universidad Agrícola, 2023).

De manera general el melón es un cultivo que requiere poca humedad, al inicio del desarrollo de la planta la humedad relativa debe ser del 65-75 %, en floración del 60-70 % y en fructificación del 55-65 %. La planta de melón necesita suficiente agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos para

obtener un óptimo rendimiento y calidad (Arreola, 2016).

Para una buena producción de melón es necesario contar con suelos bien dotados de materia orgánica, profundos, bien aireados, bien drenados, consistentes y no muy ácidos, tolerando suelos ligeramente calcáreos, con un pH de 6 a 7 (SADER, 2022).

### **Polinización del cultivo de melón.**

En cuanto a la polinización se produce principalmente por la acción de los insectos (vectores entomófilos), entre los que se destacan las abejas hoy en día también se hace el uso de las colmenas de abejorros, por lo que se recomienda la instalación de cajones en el área de cultivo, (Agrobio 2022).

El melón es una especie anual que tiene guías tiernas, blandas, flexibles, rastreras que alcanzan de 1.5 a 3.5 m de largo, provistos zarcillos, por medio de los cuales puede tener hábito trepador. Su fruto, climatérico, corresponde a una baya con gran contenido de agua y sabor dulce, la planta de melón presenta una raíz principal, pivotante, que puede alcanzar unos 120 a 150 cm de profundidad, aunque la mayoría se encuentra entre los 30 a 50 cm, simultáneamente se generan raíces adventicias y ramificaciones, (Abarca 2017).

El fruto de melón tipo Cantaloupe tiene forma esférica y su característica principal es que presenta un reticulado grueso en toda la superficie, la pulpa es de color salmón, el aroma y la consistencia del fruto son variables, llegan a pesar de los 600 a 1200 gramos (Gonzáles *et al.*, 2017).

Se tiene reportado que el número de frutos oscila entre 1 y 6 por planta, aunque se menciona un promedio general de 3 frutos por planta, (Flores 2023). El fruto de melón se comercializa en diferentes mercados nacionales que demandan ciertas características de calidad comercial sustentadas por la Norma Oficial Mexicana NOMX-076 entre las que destacan el grado de madurez y la coloración del fruto. El primer aspecto que se determina es la cantidad de sólidos solubles (°Brix) que tiene la pulpa, es decir, la cantidad de azúcar que contiene el melón, la cantidad mínima requerida en el mercado es de 8 °Brix, otros parámetros a considerar son el espesor de la pulpa, que a mayor grosor aporta mayor calidad



al fruto por ser la parte comestible, y los diámetros polar y ecuatorial, cuyas dimensiones indicarán el calibre de embalaje de la siguiente manera: Extra, primera y segunda, NOMX 076.

### **El quitosan en la agricultura.**

En las ultimas decadas el quitosán ha recobrado importancia en el área de la agricultura por su funcionalidad como biopolimero natural obtenido a partir de la quitina del caparazón de algunos crustaceos y del exoesqueleto de diversos insectos (Bauer *et al.*, 2022).

El quitosán en la agricultura es aplicado para promover el crecimiento ya que ayuda a la síntesis de fitohormonas y mejora la absorción de micro y macro elementos que necesitan las plantas para potenciar su genética lo cual genera una mejor productividad de los cultivos, también es antimicrobiano (Chandrasekaran *et al.*, 2020), antifúngico y antiviral mejorando la resistencia al estrés por diversos factores bióticos y abióticos, por otra parte es importante mencionar que no es tóxico y es biodegradable. Otra forma de aplicación en la agricultura es en forma de biopelículas que recubren los frutos para detener el deterioro por pudrición y tener una mejor vida de anaquel de los productos.

Diversos investigadores concluyen que el quitosán actúa como bioestimulante en las plantas ya que estimula desde la germinación hasta la etapa de postcosecha de los productos dependiendo de su forma y época de aplicación.

### **Nanotecnología en la agricultura.**

Hoy en día en el mercado de los fertilizantes agrícolas existen productos que en su etiqueta dicen contener quitosán en concentraciones altas, pero en la realidad es que tienen una mínima o nula porción de este, es por ello que la investigación sigue incursionado en este tipo de productos y alternativas para que lleguen al productor, en los últimos años se ha venido innovando en la forma de aplicación y formulación de los insumos agrícolas, usando a la nanotecnología como herramienta clave el desarrollo de nanofertilizantes que sean amigables con el

medio ambiente entre los que encontramos nanopesticidas, nanofungicidas entre otros todos destacando por su formula a nanoescala en donde las particulas llegan a medir de 1 a 100 nanometros, denominadas nanoparticulas, segun Davila (2020), dice que la mejor forma de aplicación de las nanoparticulas es de forma foliar ya que se absorben de manera más rapida y eficaz.

### **La biofortificación de los cultivos con yodo.**

En este sentido se han realizado estudios referentes al uso de las nanoparticulas de quitosán nanoencapsulando diversos elementos como la plata, el zinc, el cobre y el yodo, este ultimo es un elemento esencial para el funcionamiento de la glandula tiroidea que es encargada del funcionamiento de diversos organos como el higado, el cerebro y el sistema central, la deficiencia de yodo esta afectando a más del 30 % de la población a nivel mundial (Lossow et al., 2018), lo que provoca enfermedades como el bocio, el hipotiroidismo, abortos espontáneos, partos prematuros, deficit mental entre otros trastornos por deficiencia de yodo (Taylor et al., 2018). Una de las alternativas que propuso la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) para prevenir y controlar la deficiencia de yodo en el cuerpo humano fue la la yodación de la sal de mesa, pero con el paso de los años y debido al consumo excesivo de la sal que repercute en la salud de la población (WHO, 2020), ante esta situación se plantea la biofortificación de los cultivos como una alternativa para mejorar la absorción y el contenido de nutrientes en las plantas y por ende en el producto final, la biofortificación de las plantas con yodo podria ser clave para aumentar el contenido de este elemento en los alimentos y de esta manera cubrir las demanda de yodo en el cuerpo humano.

La biofortificación de los cultivos con nanoparticulas de quitosán-yodo tiene varias ventajas; en primer lugar el quitosán funciona como un agente complejante de metales y metales traza, también funciona como elicitador vegetal, además de ser biocompatible, (Ashra et al., 2019), forma fácilmente hidrogeles, películas y nanoparticulas sólidas, por su parte el yodo se encuentra en forma orgánica y

tiene mayor disponibilidad y estabilidad comparado con su forma iónica que presenta volatilización (Dávila *et al.*, 2020).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Establecimiento del experimento.**

La parte experimental de la presente investigación se realizó en el periodo Junio-octubre 2023, bajo condiciones de malla sombra (70 % de reflectancia de radiación), ubicada en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con sede en el municipio de Saltillo, Coahuila, bajo las siguientes coordenadas 25° 23'36" N, 101°00'02" O. La malla sombra cuenta un área de 7x15 metros, el suelo está cubierto con un ground cover para evitar el crecimiento de malas hierbas, cuenta con bases y estructura metálica para realizar el arquetipo de las plantas, dentro de la malla sombra se encuentra la estructura de un sistema de riego por nebulización, las temperaturas en los meses de junio-julio oscilaron entre los 26-40°C y para los meses de agosto a octubre 25-36°C, la humedad relativa oscilo entre 65 y 75 %.

### **Material vegetativo.**

El material genético que se utilizo fue la variedad Sweet Sunrise de la casa comercial SYNGENTA®. Esta variedad produce frutos de tamaño regular, calidad consistente, buen sabor, cavidad pequeña y cerrada, larga vida de anaquel, resistencia intermedia al pulgón del algodón, la planta es vigorosa ideal para trasplante en etapa intermedia-tardía.

### **Síntesis de nanopartículas de quitosán (NPs CS).**

Las NPs CS fueron sintetizadas por el método de gelación iónica en el Centro de Investigación de Química Aplicada ubicado en Saltillo, Coahuila, usando quitosán (Marine, Hydrocolloids, Kerala, India) y tripolifosfato de sodio (TPP) (Sigma-Aldrich, USA) como entrecruzante en una relación de 10:3 v/v de CS: TPP [9]. La aplicación de los tratamientos se realizó de manera foliar cada 15 días una semana posterior al trasplante.

El desarrollo del trabajo experimental fue establecido bajo un diseño completamente al azar considerando un total de 10 tratamientos los cuales

corresponden a cada una de las concentraciones y fuentes de nano partículas quitosán-yodo, quedando de la siguiente manera:

**Tratamientos empleados en el experimento.**

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	NPs CS 250 ppm
T3	NPs CS 500 ppm
T4	NPs CS 1000 ppm
T5	NPs CSKIO3 250 ppm
T6	NPs CSKIO3 500 ppm
T7	NPs CSKIO3 1000 ppm
T8	NPs CSKI 250 ppm
T9	NPs CSKI 500 ppm
T10	NPs CSKI 1000 ppm

Por cada tratamiento se consideraron 10 repeticiones considerando una planta por repetición

**Manejo agronómico del cultivo.**

Siembra y manejo de plántula: esta actividad fue realizada en una charola de poliestireno color blanca con 150 cavidades, utilizando una mezcla de Peat moss® y perlita® a una proporción de 70:30, en cada cavidad se colocó una semilla de melón, la charola se mantuvo en un invernadero tipo capilla de mediana tecnología el cual consta de ventiladores, pared húmeda y ventanas laterales del departamento de Horticultura en la UAAAN. Una vez obtenida la emergencia de las plantas se procedió a realizar los riegos utilizando una solución nutritiva Steiner al 5 %, y concluyendo con una concentración del 15 % de la misma solución, la frecuencia del riego con la solución nutritiva fue con intervalos de 48 horas. El manejo sanitario verso en aplicaciones preventivas mediante el fungicida a base de sulfato de cobre (Cuperhidro®) en una dosis de 500g/ha, en una sola aplicación a los 10 días posteriores a la emergencia. Para evitar la incidencia de plagas, se realizaron dos aplicaciones del producto comercial

Bralic® en una dosis de 1 L/ha., a los 15 y 25 días después de la emergencia como forma preventiva sobre la invasión de insectos chupadores.

**Trasplante:** cuando la plántula tenía un sistema radicular bien desarrollado y una longitud de 12 cm a acompañada de tres hojas verdaderas, se realizó a los 32 días después de la siembra. El trasplante fue realizado en bolsas de polietileno color negro de capacidad de ocho litros, en donde contenía un sustrato de peat moss® y perlita® en una proporción 70:30 respectivamente, para realizar esta acción se preparó una solución con fungicida Bluetrack® de la casa comercial BioStar, se utilizó 1ml de fungicida/litro de agua para sumergir las plántulas antes del trasplante a fin de evitar el desarrollo de alguna enfermedad.

#### **Actividades culturales:**

**Arquetipo de la planta:** las plantas se condujeron a un tallo, para lo cual se realizó la poda de los brotes axilares a los 20 DDT y Tutoreo de tipo holandés a los 30 DDT.

**Riego:** esta actividad se realizó manualmente y considerando las condiciones del ambiente de crecimiento del cultivo se inició con un volumen de 0.5 litros de agua por maceta, por un periodo de 15 días posteriores al trasplante, en tanto que en la etapa de crecimiento vegetativo pleno se incrementó el volumen a 1.0 litros por maceta, en tanto que en el cuajado frutos la cantidad de agua ascendió a 1.5 litros y en la etapa de llenado de frutos la cantidad de agua suministrada fue de 1.75 litros por maceta de manera diaria.

La **nutrición** del cultivo se llevó a cabo mediante la solución Steiner (Steiner, 1961) iniciando con un 25 % de concentración (inicio de crecimiento), 50 % (crecimiento vegetativo pleno), 75 % (cuajado de frutos) y 100 % (llenado de fruto a cosecha).

#### **Manejo de plagas y enfermedades:**

Para el control de plagas y enfermedades se realizó un plan de prevención para evitar que alguna plaga o enfermedad atacara al cultivo, se aplicó extracto de ajo

una vez por semana y un insecticida de nombre comercial Nuprid cada 8 días en un horario de 7 a 9 am.

### **Variables de respuesta**

La longitud del tallo principal (cm) fue cuantificada una semana posterior al trasplante utilizando un flexómetro (marca, con la finalidad de conocer el desarrollo de las plantas y el comportamiento que estas tenían respecto a los tratamientos, posterior a esta lectura la frecuencia de la toma de datos para esta variable fue por intervalos de 15 días.

El diámetro de tallo (mm), se midió con un vernier digital de la marca Steren modelo HER-411, a una altura de tres cm sobre el nivel del sustrato.

Conductancia estomática ( $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ ), se midió con un porómetro PC-1 marca Dives en el directamente en la hoja de 4 plantas por tratamientos, 50 DDT.

Los diámetros del fruto (ecuatorial y polar) se midieron al momento de la cosecha con ayuda de un vernier digital marca steren modelo HER-411 los datos obtenidos se registraron en cm.

Índice estomático y densidad estomática: Para realizar la medición de estas variables se tuvo que implementar la impresión de estomas (Weyers y Johansen, 1985) haciendo un muestreo por tratamiento, en donde se seleccionaron 4 plantas y se tomaron tres hojas de la planta seleccionada, posterior a esto se realizó la impresión de estomas de haz y envés de la hoja en un porta objeto, las impresiones fueron observadas en un microscopio con cámara digital de la marca Pixera Winder Pro y el Software de medición Axion Vision Rel. 4.8, el proceso consistió en seleccionar al azar tres campos microscópicos a 40X por cada campo se tomó una microfotografía, en la que se contaron los estomas y las células epidérmicas, además se midió el ancho y largo( $\mu\text{m}$ ) de las células oclusivas de los estomas en cada uno de los campos de observación.

Número de frutos (pieza), se cuantificaron los frutos producidos por planta.

El peso del fruto (g), se evaluó al momento cosecha (83 días después del trasplante), los frutos se pesaron en una balanza digital marca Ohaus Modelo scout pro SP602.

El rendimiento del cultivo (ton/ha) se estimó en base a una densidad de plantación de 22000 plantas por ha.

EL contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron con un refractómetro digital marca Hanna modelo HI96801, colocando una gota de jugo de la pulpa de melón en el sensor para obtener la lectura.

Firmeza del fruto se tomó con un penetrómetro manual la marca QA modelo FT-327, utilizando una puntilla de ocho pulgadas para medir la cantidad de la fuerza en  $\text{kg cm}^{-2}$  necesarios para penetrar el fruto.

El análisis de los minerales Potasio, Calcio, Sodio, Magnesio, Manganeso, Hierro, Cobre y Zinc, se realizó con la metodología de digestión ácida, la cual se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de materiales avanzados en el Centro de Investigación de Química Aplicada.

Para determinar el contenido de yodo en el fruto de melón se utilizó tejido liofilizado para analizarlo mediante las técnicas de la espectrometría de absorción atómica y los digestores de microondas, con la técnica de cenizas alcalinas de Fisher *et al.* (1986), en un equipo de espectroscopía de emisión atómica de inducción por plasma (ICP-OES Agilent 725). Se pesaron 500 mg del tejido liofilizado previamente molido. La muestra se colocó en un crisol y posteriormente se agregaron 2 mL de KOH 2 M y 1 mL de  $\text{KNO}_3$  2 M. En seguida, la muestra en el crisol se llevó a predigestión en estufa a 100 °C por 2 h en una campana con extractor. Posteriormente, se colocaron las muestras a temperatura de 580°C en una mufla por 3 h hasta la conclusión de la digestión de la muestra. Para luego colocar las cenizas en tubos cónicos para ser extraídas con 2 mL de KOH 2 M. La muestra fue centrifugada a 14 112 g por 15 minutos, una vez que se sedimentaron los sólidos, se tomó 1 mL del sobrenadante y se colocó en un matraz de aforación de 10 ml, aforando con la solución de KOH 2 M para su posterior análisis en el ICP-OES.

### **Análisis de resultados**

Para el análisis de los datos obtenidos del experimento se realizó en el software estadístico INFOSAT en la versión 2020. En donde se realizó el Análisis de Varianza y la prueba de medias LSD Fisher ( $p > 0.05$ ).



## RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación se enfocan en el rendimiento agronómico del cultivo de melón, en la Tabla 1 se muestra el desarrollo de la longitud de tallo, esta variable indica un crecimiento uniforme con la aplicación de los complejos yodados sin embargo en comparación con el testigo estadísticamente existen diferencias según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD ( $p>0.05$ ).

Para el diámetro del tallo, los resultados muestran que la aplicación de NPs de CS KI en sus diferentes concentraciones tuvieron una respuesta positiva y estadísticamente diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ( $p>0.05$ ), en comparación con el testigo hubo un incremento del 22.95% del diámetro de tallo con la aplicación de NPs de CSKI a una concentración de 1000 ppm lo cual influye directamente en el desarrollo de las plantas, lo que sugiere que las NPs tienen un efecto bioestimulante en el cultivo de melón.

Con la conductancia estomática se puede determinar la apertura de los estomas de las hojas de las plantas lo cual permite determinar el rendimiento del cultivo, en la Tabla 1 se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos respecto al testigo, los resultados indican que la aplicación de las NPs de CS yodadas en concentraciones de 250 y 500 ppm tienen un efecto positivo en la regulación de la pérdida de vapor de agua y la entrada de CO<sub>2</sub> ya que se observan valores menores en esta variable en comparación con los tratamientos a una concentración de 1000 ppm excepto del tratamiento con NPs CSKI a 1000 ppm ya que presenta un comportamiento muy cercano a los tratamiento de menor concentración.

**Tabla 1. Crecimiento vegetativo del melón Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con NPs de CS-I**

Tratamiento	Descripción	LT(cm)	DT(mm)	CE (mmol/m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup> )
T1	Testigo	128.222 <sup>c</sup>	8.73 <sup>e</sup>	516.70 <sup>a</sup>
T2	NPs CS 250 ppm	166.222 <sup>ba</sup>	8.98 <sup>de</sup>	508.33 <sup>ba</sup>
T3	NPs CS 500 ppm	165.222 <sup>ba</sup>	8.95 <sup>de</sup>	403.53 <sup>bc</sup>
T4	NPs CS 1000 ppm	163.889 <sup>ba</sup>	9.35 <sup>cd</sup>	450.53 <sup>bca</sup>
T5	NPsCSKIO3 250 ppm	161.375 <sup>b</sup>	9.50 <sup>c</sup>	349.88 <sup>c</sup>
T6	NPsCSKIO3 500 ppm	171.000 <sup>a</sup>	9.75 <sup>c</sup>	430.98 <sup>bca</sup>
T7	NPsCSKIO31000ppm	171.222 <sup>a</sup>	10.38 <sup>b</sup>	388.63 <sup>c</sup>
T8	NPs CSKI 250 ppm	170.667 <sup>a</sup>	10.98 <sup>a</sup>	403.13 <sup>c</sup>
T9	NPs CSKI 500 ppm	172.222 <sup>a</sup>	11.13 <sup>a</sup>	370.63 <sup>c</sup>
T10	NPs CSKI 1000 ppm	170.667 <sup>a</sup>	11.33 <sup>a</sup>	374.55 <sup>c</sup>
<i>P</i>		*	**	*
CV (%)		3.1	3.6	17.27

LT=Longitud de tallo, DT= Diámetro de tallo, CE=Conductancia estomática, *p*=Significancia, \*=significativo, \*\*=altamente significativo, CV=Coeficiente de variación. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p>0.05$ )

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que los tratamientos suplementados con los complejos yodados provocan una disminución del índice y densidad estomática del haz de la hoja de melón en relación al testigo y los tratamientos con quitosán.

En la Tabla 2 podemos observar que el índice y densidad estomática es menor cuando se aplican NPs de CSKI a una concentración de 1000 ppm.

Sin embargo, en el índice estomático del envés de la hoja se observó que la respuesta opuesta, donde, los tratamientos con quitosán y los complejos Yodados a altas concentraciones presentaron un incremento en el índice estomático en relación al tratamiento testigo y las aplicaciones con NPs de CSKI a 250 ppm.

Por tanto, el índice estomático es una variable que parece ser afectada por las condiciones ambientales (Wang et al., 2007) resulta un buen indicador para diferenciar el efecto de las formas de potasio en los complejos evaluados con fines de selección.

En cuanto a la DE del envez los tratamientos con quitosan y NPs de  $\text{CsKIO}_3$  a la máxima concentración mostraron un aumento del número de estomas por unidad de superficie foliar en relación al testigo. Al igual que en el haz el tratamiento con NPs de  $\text{CSKI}$  a una concentración de 1000 ppm hay una disminución de la densidad estomática en el envez de la hoja.

Estos resultados corresponden con los valores obtenidos en la variable de conductancia estomática (Tabla 1), donde podemos observar que los tratamientos con los complejos yodados si provocan un cambio en la micromorfología de la epidermis de la hoja de melón disminuyendo el número de estomas, lo cual aumenta su resistencia estomática y evitar el exceso de transpiración, es decir, un efecto positivo en la regulación de la perdida de vapor de agua y la entrada de  $\text{CO}_2$  a la planta, por lo que las características de los estomas y su concentración pueden ser factores determinantes en las diferencias en producción de biomasa.

Lo anterior, posiblemente se debe a que, con DE bajas, la resistencia estomática aumenta y, en consecuencia, se limita el exceso de transpiración (Lawson y Blatt, 2014).

En relación a las variables de producción (Tabla 2) en el número de frutos por planta podemos observar que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos que contienen los complejos nanoquitosan-yodo pero en relación al testigo se observa que hay una diferencia del 50%, los resultados obtenidos en el peso del fruto nos indican que los tratamientos con  $\text{NPsCS}$ ,  $\text{CSKIO}_3$  y  $\text{CSKI}$  a una concentración de 250 ppm, tienen una mejor respuesta a la aplicación exógena de las NPs respecto al resto de los tratamientos y al testigo, siendo las NPs de yoduro de potasio en sus diferentes concentraciones las que se comportan de manera más eficiente en cuanto al peso de fruto, en este contexto se analizó el rendimiento del cultivo en donde se

observó que los tratamientos con NPsCS KI en sus diferentes concentraciones tienen el mayor rendimiento en toneladas por hectárea con un 67.77 % en comparación con el testigo, por lo tanto a medida que disminuye la concentración de NPs aplicadas al cultivo del melón hay un incremento en el rendimiento.

**Tabla 2. Variables de producción del establecimiento del cultivo de melón tipo Cantaloupe bajo condiciones de malla sombra.**

Tratamiento	Descripción	NF(Pz)	PF(gr)	Rendimiento(Ton/Ha)
T1	Testigo	1.33 <sup>c</sup>	397.09 <sup>ba</sup>	11.61
T2	NPs CS 250 ppm	2.67 <sup>ab</sup>	497.71 <sup>a</sup>	29.23
T3	NPs CS 500 ppm	2.67 <sup>ab</sup>	442.53 <sup>ba</sup>	25.99
T4	NPs CS 1000 ppm	3 <sup>ab</sup>	429.71 <sup>ba</sup>	28.36
T5	NPs CSKIO3 250 ppm	3 <sup>ab</sup>	335.67 <sup>ba</sup>	22.15
T6	NPs CSKIO3 500 ppm	2.33 <sup>b</sup>	321.11 <sup>b</sup>	16.46
T7	NPs CSKIO3 1000 ppm	3 <sup>ab</sup>	374.02 <sup>ba</sup>	24.68
T8	NPs CSKI 250 ppm	3.33 <sup>a</sup>	491.79 <sup>a</sup>	36.02
T9	NPs CSKI 500 ppm	3.33 <sup>a</sup>	437.45 <sup>ba</sup>	32.04
T10	NPs CSKI 1000 ppm	3 <sup>ab</sup>	480.15 <sup>ba</sup>	31.68
<i>P</i>		*	*	
C.V(%)		16.16	23.72	

NF= Número de frutos, PF= Peso de fruto, *p*=Significancia, \*=significativo, \*\*=altamente significativo, CV=Coeficiente de variación. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p>0.05$ )

En cuanto a las variables de calidad comercial del fruto, la firmeza del fruto proporciona información sobre el estado de maduración del melón, siendo un indicador de la vida de anaquel del fruto, en la Tabla 3 podemos observar que de acuerdo con los resultados de las medias LSD Fisher el tratamiento de 250 ppm

de NPs de Cs presentó la mayor firmeza en relación al testigo y a la aplicación con NPs yodadas.

Respecto al contenido solidos solubles totales en el fruto de melón (Tabla 3) podemos observar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo absoluto, así mismo, los resultados muestran que el tratamiento con NPs de yodato de potasio a una concentración de 500 ppm fue la que tuvo mayor concentración de solidos solubles con un 30.21% más que el testigo.

**Tabla 3. Características de calidad del fruto de melón Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con nanopartículas de Quitosan-Yodo**

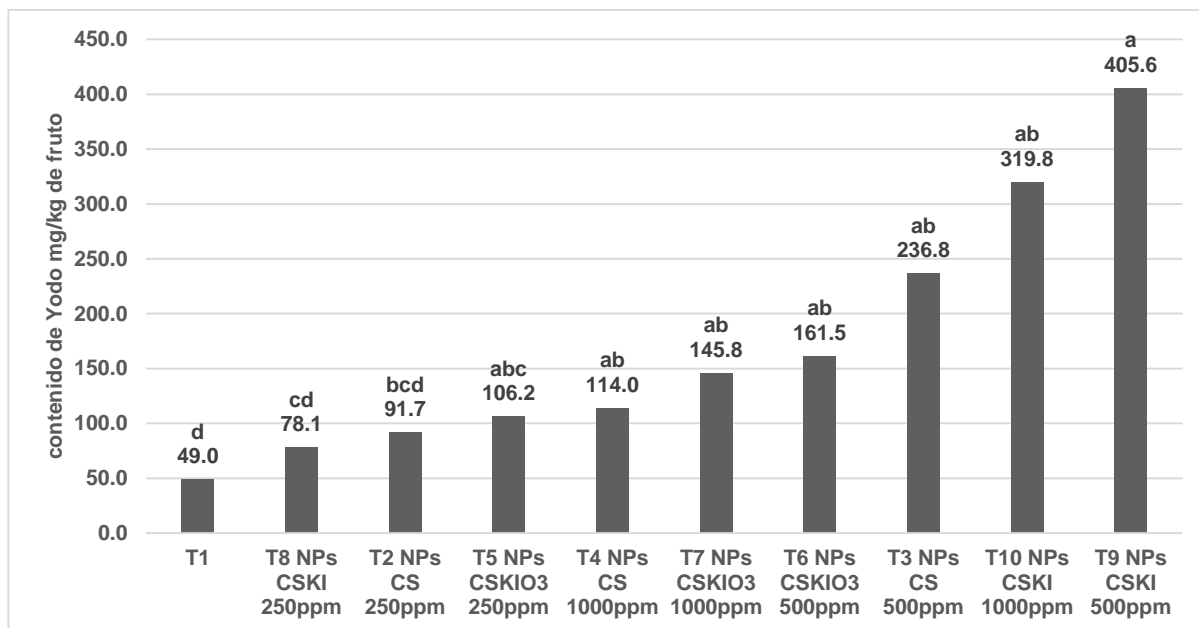
Tratamiento	Descripción	ff(kg.cm2)	ss(°brix)
T1	Testigo	12.7333 <sup>c</sup>	6.7333 <sup>d</sup>
T2	NPs CS 250 ppm	15.1000 <sup>a</sup>	6.7333 <sup>d</sup>
T3	NPs CS 500 ppm	13.3000 <sup>bc</sup>	7.5333 <sup>dc</sup>
T4	NPs CS 1000 ppm	14.2000 <sup>ba</sup>	8.3000 <sup>bc</sup>
T5	NPs CSKIO3 250 ppm	12.7333 <sup>c</sup>	8.2000 <sup>bc</sup>
T6	NPs CSKIO3 500 ppm	13.4000 <sup>bc</sup>	9.6000 <sup>a</sup>
T7	NPs CSKIO3 1000 ppm	12.8000 <sup>bc</sup>	8.8333 <sup>ba</sup>
T8	NPs CSKI 250 ppm	13.3667 <sup>bc</sup>	8.9667 <sup>ba</sup>
T9	NPs CSKI 500 ppm	13.5000 <sup>bc</sup>	8.7333 <sup>b</sup>
T10	NPs CSKI 1000 ppm	12.6000 <sup>c</sup>	8.9333 <sup>ba</sup>
<i>P</i>		*	**
C.V(%)		5.62	5.97

PF= Peso de fruto FF= Firmeza del fruto SS= Solidos solubles. , *p*=Significancia, \*=significativo, \*\*=altamente significativo, CV=Coeficiente de variación. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p>0.05$ )

La biofortificación de los frutos de melón con Yodo se muestran en la siguiente gráfica, donde se observa que la aplicación foliar de NPs en especial las de CS KI a una concentración de 500 ppm tienen un efecto biofortificante con yodo en

un 87.02 % respecto al testigo, estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo absoluto, también se puede observar que los tratamientos con NPs de quitosan-yodo en las dos formas evaluadas tienen un efecto biofortificante en sus diferentes concentraciones.

**Gráfica 1. Contenido de yodo en el fruto de melón Cantaloupe cultivado en malla sombra biofortificado con nanopartículas de Quitosàn-Yodo**



Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p > 0.05$ )

## DISCUSIÓN

En las últimas décadas el uso de la nanotecnología en la agricultura ha ido en aumento, hoy en día han tomado auge en el mercado productos tales como nano fertilizantes, nano pesticidas, nano fungicidas, nano insecticidas entre otros, es por ello que en esta investigación se utilizaron las NPs de quitosan-yodo, mismos que han sido evaluados por diferentes autores como Dávila y colaboradores (10) en donde reportan que la aplicación de NPs de yodo en sus diferentes presentaciones yodato y yoduro tienen efectos benéficos en cuanto al desarrollo y crecimiento de las plantas al igual que lo obtenido en este estudio, también hay reportes de estudios donde infieren que las NPs de Cs KI en dosis inferiores a los  $10 \text{ mg L}^{-1}$  tiene una respuesta positiva a la tolerancia al estrés, investigaciones recientes sobre el papel que desempeña el yodo en las plantas revelaron que la biofortificación con yodo puede relacionarse con la incorporación de este elemento en las proteínas vegetales, impactando en el crecimiento y desarrollo de las plantas [11].

En cuanto al diámetro de tallo, Rivera *et al* [12] reportan que la aplicación de complejos nanoquitosan- yodo en forma foliar muestran un aumento en el diámetro del tallo de plantas de tomate, este aumento está ligado a un mayor vigor en las plantas, lo que se traduce en un efecto bioestimulante como lo observamos en esta investigación en las plantas de melón, también Santhiyaba y Manikandan [13] reportan que la forma de aplicación del yodo es un factor importante de considerar ya que en un estudio en donde aplicaron NPs Cs mejoro el crecimiento y el rendimiento de los cultivos como se interpretó en este estudio en cuanto a las variables de producción teniendo como resultado un rendimiento mayor en los tratamientos con NPs de CS-I respecto al testigo, especialmente con los tratamiento que contenían CS-KI en sus diferentes concentraciones, estos resultados coinciden con Gordillo y colaboradores [14] quienes realizaron un estudio en donde aplicaron yoduro de potasio en el cultivo de melón teniendo como resultado un efecto positivo en las variables agronómicas sin modificar las variables de producción.

El contenido de °Brix es un parámetro importante porque indica la cantidad de azúcar (sacarosa) presente en el fruto de melón, así como la frescura y el estado de madurez de este; esta variable determina la toma de decisiones para el rumbo de la fruta ante una cadena de transformación agroindustrial [15], en este estudio se obtuvieron resultados significativos con la aplicación exógena de NPs de CS yodadas en cuanto a la firmeza y Solidos solubles esto coincide con lo que reporta Rivera y colaboradores[16] en un estudio donde aplicaron NPs de ZNO en el cultivo de melón obtuvieron un aumento significativo con el tratamiento de 200 mg L<sup>-1</sup>, supero al valor de la región Lagunera 6.5-11 °Brix.

La suplementación de los cultivos con NPs de quitosan-yodo es una alternativa para lograr que la población consuma las dosis recomendadas por la Organización Mundial de la Salud de este elemento, se han realizado estudios de la aplicación de yodo por medio de la nutrición de los cultivos ya sea directo en el fertirriego o de forma foliar como se realizó en esta investigación, estudios realizados de la aplicación de yoduro y yodato han demostrado que se aumenta la biofortificación con yodo cuando se aplica en forma de Yoduro que aplicarlo como yodato [17], esto coincide con los resultados obtenidos en esta investigación ya que los tratamiento con NPs Cs KI en sus diferentes concentraciones tuvieron una mejor respuesta en la acumulación de yodo en el fruto, Sin embargo, el efecto del I en las plantas está determinado por múltiples factores que incluyen la concentración aplicada, el tipo de sal de I aplicada y la especie de planta [18].



## CONCLUSIONES

La aplicación foliar de complejos nanoquitosan-yodo (NPsCS-KI y NPsCS-KIO<sub>3</sub>) impacta positivamente en el desarrollo, rendimiento, calidad comercial de los frutos como lo muestran los resultados los complejos yodados son clave para que la acumulación de sólidos solubles se concentren en el órgano de interés comercial.

También se concluye que los complejos yodados promueven la biofortificación con yodo en el cultivo de melón establecido bajo condiciones de malla sombra.

Las nanopartículas de quitosán-yodo (NPsCS-KI y NPsCS-KIO<sub>3</sub>) en sus dosis de 250 y 500 ppm tienden a presentar un mejor comportamiento en cuanto al rendimiento y efecto bioestimulante desarrollo del cultivo, así como en la biofortificación del melón tipo Cantaloupe.

La aplicación exógena de manera foliar de los complejos yodados mejoran la manera de absorción de los elementos que contienen, en el caso del cultivo de melón cultivado bajo condiciones de malla sombra tuvieron un mejor efecto en cuanto al rendimiento y suplementación del fruto con yodo, por otra parte se concluye que las NPs de quitosán-yodo tienen un efecto bioestimulante en las plantas.

## REFERENCIAS

- Abarca Rayentué 2017.** Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón *Cucumis melo* L. En <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7ffed441-0493-451d-b28a-9bee64521b1b/content>. Consultado el 09 de septiembre 2024.
- Agrobio 2022.** El control biológico, clave en la polinización en melón y sandía. En <https://www.agrobio.es/el-control-biologico-clave-en-la-polinizacion-en-melon-y-sandia/>. Consultado el 11 de septiembre 2024
- Arreola Ventura 2016.** Interacción Genotipo-Ambiente en Melón (*Cucumis melo* L.) para Características Fisiológicas, Rendimiento y Calidad de Fruto. En <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/8063>. Consultado el 08 de septiembre 2024.
- Ashra B, Rashidipour M, Marzban A, Soroush S (2019)** Mentha piperita essential oils loaded in a chitosan nanogel with inhibitory effect on biofilm formation against S. mutans on the dental surface. Carbohydrate Polymers 212: 142-149. DOI: 10.1016/j.carbpol.
- Bauer, J. L. ., Villegas, L. F. ., & Zucchetti, A. . (2022).** Aplicaciones del quitosano en la agricultura, la industria y la salud: Applications of chitosan in agriculture, industry and health. South Florida Journal of Environmental and Animal Science, 2(2), 37–45. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-001>
- Castro Restrepo Dagoberto, 2020** Nanotecnología en la agricultura. DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.9 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.revistabionatura.com/files/2017.03.03.9.pdf Consultado 13 de septiembre 2024.
- Chandrasekaran, M., Kim, K. D., & Chun, S. C. (2020).** Antibacterial activity of chitosan nanoparticles: A
- Dasgupta, Shivendu Ranjan, Deepa Mundekkad, Chidambaram Ramalingam, Rishi Shanker, Ashutosh Kumar,** Nanotechnology in agro-food: From field to plate, Food Research International, Volume 69, 2015, Pages 381-400, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.005>. Consultado el 06 de septiembre 2024.
- El coahuilense 2024.** Productores se quejan por precios bajos de melón y sandía. En <https://www.elcoahuilense.com/coahuila/productores-se-quejan-por-precios-bajos-de-melon-y-sandia/>. Consultado el 28 de agosto 2024.

**Espinoza Arellano et al., 2017.** Estrategias, alianzas y portafolio de negocios para desarrollar la competitividad del cultivo del melón en la Comarca Lagunera, México Strategies, alliances and business portfolio to develop melon competitiveness in the Comarca Lagunera, Mexico. En <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v9n19/2007-0705-ns-9-19-00441.pdf>. Consultado el 10 de septiembre 2024.

**Flores Ramirez 2023.** Evaluación del número de frutos y rendimiento en tres híbridos de melón (*Cucumis melo* L.), cultivado en invernadero. En <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5757/1/Flores%20Ram%C3%adrez%20Heidi%20Diana.pdf>. Consultado el 13 de septiembre 2024.

**Gonzales Rebozo et al., 2017.** Ensayo de dos variedades de melón (*Cucumis melo* L.) en hidroponía. En <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6366/Proyecto%20Melon%20Cantalupo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 10 de septiembre 2024.

**Lawson, T., and M.R. Blatt. 2014.** Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiol.* 164:1556-1570. doi:10.1104/pp.114.237107

**Lossow K, Schwerdtle T, Kipp A (2019)** Selenium and iodine-essential trace elements for the thyroid. *Ernaehrungs Umschau* 66: 175-180. <https://doi.org/10.4455/eu.2019.032>

**Norma Oficial Mexicana 076.** PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO-FRUTA FRESCA-MELON (*Cucumis melo* L.)-ESPECIFICACIONES. En [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4892347&fecha=15/07/1996#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4892347&fecha=15/07/1996#gsc.tab=0). Consultado el 11 de septiembre 2024.

**Observatory of Economic Complexity (OEC) 2022.** Melons, (including watermelons), fresh. En <https://oec.world/es/profile/hs/melons-including-watermelons-fresh>

review. *Processes*, 8(9), 1173. <https://doi.org/10.3390/pr8091173>

**Rivera Solis 2024.** Efecto bioestimulante de nanoquitosán-yodo en el crecimiento y vigor de plantas de tomate. En [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-90282024000200018&lng=t](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-90282024000200018&lng=t). Consultado el 04 de septiembre 2024.

**Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2021.** Melón mexicano: rico, nutritivo, sabroso y productivo. En <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/melon-mexicano-rico-nutritivo-sabroso-productivo?idiom=es#:~:text=El%20mel%C3%B3n%20es%20u>

n%20cultivo,de%20divisas%20para%20el%20pa%C3%ADs. Consultado el 05 de septiembre 2024.

**Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2022.** Los 5 básicos para el cultivo del melón. En <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/los-5-basicos-para-el-cultivo-del-melon>. Consultado el 11 de septiembre 2024.

**Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera 2018.** Melón: ¿hortaliza o fruta?. En <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/melon-hortaliza-o-fruta?idiom=es>. Consultado el 05 de septiembre 2024.

**Servicio de información Arancelaria Via Internet (SIAMI) 2018.** Sistema de Información de Comercio Exterior de México en base a la Fracción Arancelaria. En <http://siami.economia.gob.mx/siami5r/estadisticas-anuales>. Consultado el 09 de septiembre 2024.

**Taylor PN, Albrecht D, Scholz A, Buey G, Lazarus JH, Colin MD (2018)** Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nature Reviews Endocrinology* 2014: 301-16. <https://doi.org/10.1038/nrendo>

**Universidad Agrícola 2023.** Melón, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. En <https://universidadagricola.com/melon-taxonomia-y-descripciones-botanicas-morfologicas-fisiologicas-y-ciclo-biologico/>. Consultado el 09 de septiembre 2024.

**Wang, Y., X. Chen, and C.B. Xiang. 2007.** Stomatal density and bio-water saving. *J. Integr. Plant Biol.* 49:1435-1444. doi:10.1111/j.1672-9072.2007.00554.x

**WHO (2020)** Reducir el consumo de sal. World Health Organization. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

**Yañez-Barros et al 2024.** Nuevos horizontes del manejo nutricional clínico en hipotiroidismo. *Rev. chil. nutr.* [online]. 2024, vol.51, n.3 [citado 2024-09-19], pp.239-246. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182024000300239&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182024000300239&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-7518. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182024000300239>.