

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



**Aplicación de Oligómeros de Quitosán con Diferente Peso Molecular en
el Cultivo de Melón (*Cucumis melo L.*) Bajo Restricción Hídrica**

Por:

EDITH PEREZ DELGADO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Aplicación de Oligómeros de Quitosán con Diferente Peso Molecular en el
Cultivo de Melón (*cucumis melo L.*) Bajo Restricción Hídrica

Por:

EDITH PEREZ DELGADO

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada



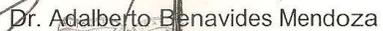
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Asesor Principal



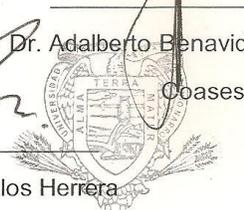
Dra. Hortensia Ortega Ortiz

Coasesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Agosto, 2012

DEDICATORIAS

A mis padres:

Hugo Pérez Carmona

Felicitas Delgado Torres

Porque con su enseñanza, amor y confianza, fortalecieron mi vida. Gracias por todo lo que me han enseñado. Por su esfuerzo para ayudarme a seguir adelante mostrándome el camino correcto. Por ustedes he logrado una meta más en mi vida. Por su bondad y buenos ejemplos, seré una persona de provecho, útil a la humanidad.

A mis hermanos:

Esperanza, Hortencia, Elizabeth, Ana Iricel y José Miguel. Gracias por su inmenso cariño, muestras de afecto y darme ánimos para alcanzar esta meta tan importante en mi carrera profesional. Gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mi preciosa sobrina **Jazmín Marisol**, por llenarme de felicidad con su llegada.

A mis amigos:

Gracias por estar conmigo todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y tristes, esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que sin él no sería nada. Gracias por lo mucho que me amas, gracias por no dejarme caer, por ser mi fortaleza y mi razón de vivir, gracias por permitirme ser quien soy, por todas las personas que has puesto en mi camino, gracias por cada día que medas, por darme fe y esperanza de un mejor mañana.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, porque me abrió las puertas, y me ha formado como profesionalista.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo en sus instalaciones.

Al Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente, por brindarme un poco de su valioso tiempo, paciencia por las asesorías, consejos, comentarios y correcciones acertadas de este trabajo y por ser un ejemplo a seguir.

A mis sinodales:

A la Dra. Hortensia Ortega Ortiz por su valiosísima disposición y cooperación para formar parte del comité de asesoría del presente trabajo.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendosa, por el tiempo disponible para la revisión de este trabajo.

A mis Profesores del Departamento de Horticultura, A todos ustedes que con sus conocimientos me instruyeron en mi formación profesional y personal.

Al M.C. Eduardo Treviño López por su valiosa guía y ayuda en los trabajos de campo.

RESUMEN

El melón (*Cucumis melo* L.) es una hortaliza que tiene gran demanda a nivel mundial por su sabor y dulzura. Constituye una de las frutas más consumidas ya que ocupa el cuarto lugar entre las frutas consumidas en todo el mundo, después de las naranjas, los plátanos y las uvas, pero presenta problemas de calidad causados por su corta vida de postcosecha. Consecuentemente se realizó esta investigación sobre la aplicación de oligómeros de quitosán para incrementar la calidad y producción de melón. El experimento se realizó en las instalaciones del CIQA, en el ciclo primavera-verano en condiciones de campo abierto con siembra directa realizada el 18 de marzo del 2011. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se evaluaron 16 tratamientos utilizando oligómeros de quitosán de diferente peso molecular (QN0, QN1, QN2, QN3) y se aplicaron cuatro niveles de riego (100%, 75%, 50% y 25%) La aplicación de los oligómeros provocó un efecto positivo en cuanto a las variables de diámetro polar y ecuatorial, pH, sólidos solubles totales y rendimiento con aplicación al suelo. Sin embargo para la variable firmeza se obtuvieron mejores resultados cuando se aplicaron los oligómeros de quitosán vía foliar.

Palabras clave: quitosán, melón, calidad, estrés.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE DE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS (APENDICE).....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
II. REVICIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.3. Importancia del cultivo melón.....	4
2.4. Producción mundial.....	4
2.5. Producción nacional.....	5
2.6. Tecnología del cultivo.....	5
2.7. Aspectos relacionados con problemáticas del cultivo.....	5
2.8. Estándares de calidad.....	6
2.9. Quitosán.....	6
2.9.1. Aplicación en la agricultura.....	7
2.9.2. Interacción Oligómero-Planta.....	8
2.10. Estrés en las plantas.....	10
2.10.1. Tipos de estrés.....	11
2.10.2. Estrés hídrico.....	11
2.10.3. Mecanismos de defensa de las plantas al estrés.....	13

2.11.	Manejo agronómico del cultivo.....	14
2.11.1.	Requerimientos climáticos.....	15
2.11.1.2.	Temperatura.....	15
2.11.1.2.	Luminosidad.....	15
2.11.1.3.	Humedad relativa.....	15
2.11.2.	Requerimientos edáficos.....	15
2.11.3.	Requerimientos hídricos.....	15
2.11.4.	Particularidades del cultivo.....	16
2.11.4.1.	Marcos de plantación.....	16
2.11.4.2.	Siembra.....	16
2.11.4.3.	Acolchado	16
2.11.4.4.	Fertirrigación.....	16
2.11.4.5.	Fertilización.....	17
2.11.4.6.	Plagas y enfermedades.....	18
2.11.4.7.	Polinización.....	18
2.11.4.8.	Cosecha.....	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1.	Ubicación del experimento.....	20
3.2.	Material vegetal empleado.....	20
3.3.	Oligómeros de quitosán.....	20
3.4.	Tratamientos estudiados y diseño experimental.....	21
3.5.	Procedimiento experimental.....	21
3.5.1.	Preparación del terreno.....	21
3.5.2.	Siembra.....	22
3.5.3.	Aplicación de los tratamientos.....	22
3.5.4.	Labores culturales.....	22
3.5.5.	Riego.....	22
3.5.6.	Fertilización.....	23
3.5.7.	Control de plagas y enfermedades.....	23
3.6.	Variables evaluadas.....	23
3.6.1.	Diámetro polar y ecuatorial.....	23

3.6.2. Firmeza.....	23
3.6.3. Sólidos solubles totales (SST).....	24
3.6.4. pH.....	24
3.6.5. Producción de frutos por planta	24
3.7. Frecuencia de los muestreos.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	39
VII. APÉNDICE.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales plagas en el cultivo de melón.....	18
Cuadro 2. Principales enfermedades en el cultivo de melón.....	18
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados en la producción de melón.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Diámetro polar de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar.....	26
Figura 2. Diámetro ecuatorial de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar.....	27
Figura 3. Diámetro polar de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo.....	28
Figura 4. Diámetro ecuatorial de frutos tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo.....	29
Figura 5. Firmeza de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar.....	30
Figura 6. Firmeza de frutos de melón de plantas tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado al suelo..	31
Figura 7. Contenido de sólidos solubles totales (SST) de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar.....	32
Figura 8. Contenido de sólidos solubles totales (SST) en frutos de	

melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo.....	33
Figura 9. pH de frutos de melón de plantas tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar.....	34
Figura 10. pH de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo.....	35
Figura 11. Rendimiento en plantas de melón tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar.....	36
Figura 12. Rendimiento de plantas de melón tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo.....	37

APÉNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	47
Tabla 2. Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	47
Tabla 3. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.....	47
Tabla 4. Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo....	48
Tabla 5. Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos de	

melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	48
Tabla 6. Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.....	48
Tabla 7. Análisis de varianza de la variable SST de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	49
Tabla 8. Análisis de varianza de la variable SST de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.....	49
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable pH de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	49
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable pH de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.....	50
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable producción de frutos por planta de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.....	50
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable producción de frutos por planta de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.....	50

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el melón mexicano ha tomado mucha importancia en el mercado internacional por su calidad. Este producto hortícola es de los más importantes, tanto por su superficie sembrada como en la captación de divisas. La superficie de siembra varía año con año en relación con la demanda del mercado y las condiciones de las regiones productivas. Una ventaja competitiva para nuestro país, es que la cosecha del melón se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado debido a su ubicación geográfica (Arellano, 1993).

La importancia del melón se expresa en la cosecha de $26,915 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ con una superficie sembrada de $13,220 \text{ ha}$, de las cuales son cosechadas $13,084 \text{ ha}$ obteniéndose con esto una producción total de $352,163 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SAGARPA, 2012).

Los mercados buscan cada vez una mayor calidad de los productos hortofrutícolas, lo que obliga en cierta manera, a una constante mejora general en la calidad de las frutas y hortalizas para poder competir con éxito en mercados, cada vez más selectivos, donde se exige que tengan mejor sabor, presencia, valor nutritivo, color, que no tengan residuos de pesticidas, etc. (Sánchez, 1993), a todo esto hay que añadir, que a las frutas y hortalizas se les exigen características peculiares, como un determinado calibre, unas propiedades organolépticas determinadas, y además la condición de buena calidad, que en estos productos perecederos debe entenderse como la que tienen en el momento de su recolección o empaquetamiento (Linares, 1996).

Por lo tanto en la búsqueda de un mayor o igual rendimiento a lo que actualmente se ha obtenido con un promedio entre $25 - 30 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, con el uso de fertilizantes, se ha implementado la utilización de polímeros de origen orgánico a base de quitosán como inductor de crecimiento, así como también aplicaciones en plántulas para que estas se desarrollen con mayor vigor y que puedan resistir las condiciones de estrés a las que será sometido.

Esta es una de las alternativas de muchas que se conocen para obtener un mayor rendimiento y calidad en el cultivo de melón, además a un bajo costo (Gordillo, 2008).

1.1. Objetivo

Evaluar el rendimiento y calidad del cultivo de melón tratado con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar y vía sustrato.

1.2. Objetivos específicos

Identificar el efecto de los oligómeros de quitosán sobre el volumen de producción en el cultivo de melón bajo restricción hídrica.

Determinar el efecto del quitosán y el método de aplicación sobre los parámetros de calidad obtenidos en frutos de melón tratado con oligómeros de quitosán en condiciones de restricción hídrica.

Identificar el método de aplicación de oligómeros de quitosán más efectivo en cuanto a la producción y calidad de melón

1.3. Hipótesis

La aplicación de los oligómeros de quitosán en las plantas de melón en condiciones de estrés hídrico dará lugar al incremento en cuanto a rendimiento y mejorará los parámetros de calidad en el cultivo de melón.

1.4. Justificación

El uso de productos orgánicos como quitosán en la agricultura ha resultado beneficioso, ya que tiene actividad antimicrobiana y puede representar una excelente alternativa como regulador de crecimiento reemplazando a los productos químicos. Actualmente el modo de acción del quitosán no ha sido totalmente establecido, por lo que resulta importante realizar esfuerzos adicionales en la investigación básica para comprender con mayor precisión los mecanismos de acción de este biopolímero y de esta manera poder contribuir de forma significativa en la utilización más eficiente de esta macromolécula. Adicionalmente el conocimiento generado podría utilizarse para diseñar fungicidas efectivos, específicos y biodegradables así como también fertilizantes que contribuyan a la conservación del medio ambiente.

Debido a la habilidad del quitosán de formar una cubierta semipermeable, su aplicación en frutas u hortalizas favorece la mayoría de las veces una mayor vida de almacenamiento. En general, la aplicación del quitosán ocasiona que la maduración de los productos se retrase ya que en los niveles de producción de O_2 , CO_2 y etileno se reducen. Asimismo, el uso del quitosán previene la pérdida de agua por efecto de la transpiración y por lo tanto retarda la senescencia. El quitosán también favorece la pérdida de firmeza y comúnmente el contenido de SST en los frutos aumenta.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen

El origen del melón no está debidamente establecido, algunas autores sugieren África, mientras que otros el oeste de Asia. Parece ser que los primeros testimonios sobre el cultivo de esta especie provienen de fuentes egipcias unos veinticuatro siglos antes de Cristo (Zapata *et al.*, 1989).

2.2. Clasificación taxonómica

El melón (*Cucumis melo* L.) pertenece a la familia de las Cucurbitáceas la cual abarca un cierto número de especies cultivadas (USDA, 2004).

2.3. Importancia del cultivo de melón

El melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social para nuestro país (Espinoza *et. al.*, 2009), dada la existencia de consumidores de altos ingresos en algunos países europeos, se ha buscado diversificar el mercado del melón mexicano, aprovechando la demanda que estos países representan; sin embargo, los altos costos de transporte y lo perecedero de este fruto, constituyen un serio obstáculo para el aprovechamiento de estos mercados (USDA, 2007).

2.4. Producción mundial

La producción de melón se encuentra ampliamente distribuida en el mundo dado que las condiciones agro-ecológicas requeridas para el desarrollo de este cultivo se satisfacen en numerosas regiones y/o países. Los países con mayor participación en cuanto a producción son: China (52%), Turquía (6%), E.U.A (4%), Irán (4%), España (4%) y otros países (30%). En promedio la producción mundial de melón en el año 2008 fue de 27, 722,022 ton. (SIPAN, 2010).

2.5. Producción nacional

En México la superficie cosechada de melón durante los años 2008 y 2009 fue, en promedio, de 22,245 hectáreas, con un rendimiento de 25.34 ton·ha⁻¹ y una producción anual de 562,396 ton con una población de 22,200 plantas por hectárea. Los estados con mayor participación en cuanto a superficie cosechada (promedio 2005-2009), son: Coahuila (18.06%), Guerrero (15.58%), Michoacán (11.43%), Sonora (11.24%) y Durango (10.41%) (SIAP, 2010).

2.6. Tecnología del cultivo

La alta inversión económica que efectúa el productor, asegura las mejores condiciones para maximizar la productividad del cultivo, como el acolchado, el cual ha demostrado su efectividad en el incremento del rendimiento (Pérez *et al.*, 2004), como barrera que impide arribo de vectores de enfermedades (Stapleton y Summers, 2002), para favorecer mayor producción de biomasa aérea (Ibarra *et al.*, 2001) y para mejores condiciones fitosanitarias y de inocuidad (Hernández *et al.*, 2006); también el fertirriego facilita el flujo de elementos nutritivos que requiere la planta (Tapia *et al.*, 2006).

Además, la necesidad de lograr adelantar la producción para lograr introducir al mercado producto fuera de temporada para alcanzar buen precio y de alta calidad es necesario implementar el uso de tecnologías de vanguardia, como son el acolchado de suelos y el riego por goteo (Arrellano, 1995; Ibarra, 1991).

2.7. Aspectos relacionados con problemáticas del cultivo

El cultivo de melón, de gran incidencia económica y social en diferentes comunidades autónomas, se incluye dentro de los cultivos que se tienen que adaptar en cuanto a la disposición de productos fitosanitarios que resuelvan de una manera eficaz y segura los diferentes problemas del cultivo. No es solo la autorización del producto en el cultivo sino conjugar a la vez, la seguridad para el consumidor (guía del cultivo de melón, 2009).

La mayor limitante para la expansión del cultivo del melón es la disponibilidad de agua, donde se han debido modificar las fechas de siembra por la sequía y la falta de agua en las presas (SAGARPA, 2004).

2.8. Estándares de calidad en frutos de melón

Al hablar de calidad del fruto de melón, es frecuente hacer referencia exclusivamente al tamaño del mismo, otro parámetro de calidad considerado es la relación entre la longitud y la anchura denominada índice de forma ya que constituye al aspecto que presenta el fruto y a la aceptación que tendrá en el mercado, el grosor de la pulpa o su relación con el diámetro del fruto denominado índice de carne, grosor de corteza, firmeza de la pulpa y contenido de azúcar.

El porcentaje de azúcar en el fruto es aceptado como uno de los parámetros que mejor refleja la calidad de éste. No obstante, es considerado un indicador insuficiente de la calidad organoléptica del fruto, y debe complementarse con valoraciones organolépticas del aroma, sabor y dulzura.

La firmeza de la pulpa es de gran importancia, ya que incide directamente en la resistencia al transporte y en la aceptación por parte del consumidor que, en general, prefiere pulpas firmes antes que blandas y acuosas, así como las que tienen un alto nivel de azúcar.

A pesar de que muchos de los parámetros de calidad tienen un componente genético, dependiendo de la variedad, también influyen las condiciones del cultivo. El riego es uno de los factores que más condicionan la calidad, bien sea en el calibre, en el contenido de azúcar, etc. (Mannini, 1988; Wacquant, 1989, Lester *et al.*, 1994).

2.9. Quitosán

El quitosán (poli-D-glucosamina) es un polisacárido de cadena lineal y se obtiene mediante la desacetilación extensiva de la quitina, un homopolímero presente en los caparazones de crustáceos, moluscos, en las cutículas de los

insectos y como constituyente de las paredes celulares de muchos hongos (Rathke *et al.*, 1994).

Los oligómeros de quitosán son polímeros de hasta 20 monosacáridos. La unión tiene lugar mediante enlaces glucosídicos. Los oligómeros de quitosán son aminoazúcares de bajo peso molecular. Estos oligosacáridos son una mezcla de oligómeros de D-glucosamina con un grado de polimerización de 20.3 y un peso molecular de aproximadamente 2000 Daltons (Park, 2002).

Es un polímero orgánico de alto peso molecular, soluble en ácidos orgánicos (Miranda *et al.*, 2002) biocompatible, biodegradable, de baja toxicidad (Cárdenas *et al.*, 2002), y puede utilizarse como agente antifúngico o bien como conductor de respuestas de defensa de las plantas (Shigmasa, 1995).

El peso molecular del quitosán se puede determinar por viscosimetría en un viscosímetro Ubbelohde utilizando un baño de temperatura a 30°C y como disolvente una solución de ácido acético 0.2M acetato de sodio 0.1M en el sistema. Los cálculos de peso molecular se hacen en base a la ecuación de Marck-Houwink: (Gordillo, 2008).

$$\eta = k \cdot M^\alpha$$

Donde η es la viscosidad intrínseca (viscosidad extrapolada a concentración cero), M es el peso molecular viscosimétrico, k y α son constantes determinadas experimentalmente para el sistema polímero solvente.

2.9.1. Aplicaciones en la agricultura

Se ha demostrado que el quitosán reduce el crecimiento de un amplio rango de hongos y bacterias, además, induce mecanismos de defensa, tales como la producción de fitoalexinas y aumento en la actividad de la quitinasa. Sin embargo, la funcionalidad y la actividad del quitosán dependen de sus características físicas como el peso molecular y el grado de acetilación. Su uso podría ser una alternativa viable a los métodos de conservación, debido a sus características de biocompatibilidad y biofuncionalidad, aunado a sus

propiedades de viscosidad. Además de ser completamente biodegradable y no tóxico (Shahidi *et al.*, 1999).

Cárdenas *et al.*, (2002) utilizaron quitosán para el encapsulamiento de pesticidas logrando obtener biocidas con 1-2% de ingrediente activo en las microesferas, con esto eliminaron el uso de grandes cantidades de pesticidas, el efecto de la dilución por lluvia y el riesgo de contaminación de las capas subterráneas del suelo.

Salvador *et al.*, (1999) recubrieron aguacate Hass con quitosán y lograron conservar el fruto en buen estado hasta por 6 meses, logrando además inhibir el crecimiento de los microorganismos que causan la antracnosis y la pudrición del pedúnculo.

La utilidad de la quitina y de sus derivados en aplicaciones agrícolas está en las áreas siguientes: bioestimulación del crecimiento vegetal; protección de la planta contra hongos, bacterias y virus; y protección favorable en poscosecha. La bioestimulación del crecimiento vegetal es principalmente realizada por la capa de la semilla, profundidad de las raíces y la preparación de la planta; mientras la protección de la planta contra hongos, bacterias o virus puedan ser llevadas a cabo por la capa de la semilla, el cubrimiento de la planta y el tratamiento de postcosecha (Henryk, S. y Henryk, P., 1997).

2.9.2. Interacción Oligómero - Planta

Las plantas cuentan con un complejo sistema de señalización que permite integrar los eventos del desarrollo y las actividades bioquímicas y fisiológicas con los constantes desafíos que impone el ambiente de crecimiento. El resultado de esta red de señales y receptores es el conjunto integrado de respuestas que se manifiestan como el fenotipo de una planta.

Existen múltiples clases de señalizadores, variando ampliamente en cuanto a clase química, composición, peso molecular y origen o síntesis. Entre estos compuestos señalizadores se encuentran los derivados de la hidrólisis o rompimiento de la molécula de quitina o del quitosán, que da lugar a un amplio

grupo de oligómeros de diverso peso molecular con habilidad para modificar las actividades fisiológicas, bioquímicas y genéticas de las plantas (Fry *et al.*, 1993). Diferentes derivados del quitosán han sido implicados en la inducción de la resistencia al ataque de insectos y patógenos, principalmente a través de la vía del jasmonato, que está también implicado en la respuesta a estrés hídrico (Munemasa *et al.*, 2007).

Al aplicarlo directamente a los tejidos de la planta el quitosán induce la peroxidación de lípidos (Dubery *et al.*, 2009) y la producción de especies reactivas de oxígeno (Orozco-Cárdenas y Ryan, 1999), promoviendo de esa forma la activación de respuestas de defensa contra el estrés biótico y abiótico (Lee *et al.*, 1999), en cambio, al aplicarlo en el sustrato (Ohta *et al.*, 1999), es probable que el quitosán actué como un efectivo agente quelante (Rathke y Hudson, 1994), sin embargo, la funcionalidad y actividad del quitosán depende de sus características físicas como el peso molecular y el grado de acetilación.

En cuanto al efecto de los complejos sobre la morfología, crecimiento e inducción de tolerancia en las plantas se tiene lo siguiente:

Los complejos de poliácidos acrílico-quitosán fueron probados en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil. var. Floradade), sembradas en sustratos inoculados con los patógenos *F. oxysporum* y *P. Capsici*, el tratamiento de la semilla con los complejos ejerció un efecto positivo sobre la emergencia y la biomasa de las plántulas aumentando un 15% el promedio de estas variables. Se observó un efecto promotor de crecimiento de los complejos de poliácido acrílico y quitosán en las plantas probadas (Benavides-Mendoza *et al.*, 2004).

La aplicación del complejo de quitosán-poliácido con PAA de bajo peso molecular (106,000) aumenta un 40% el crecimiento de las plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) y cebolla (*Snow ball*) bajo condiciones de alta salinidad (Ortega-Ortiz, *et al.* 2003).

La aplicación de los complejos polielectrolíticos de poliácido acrílico-quitosán aplicados en *Agave tequilana* Weber actuaron como promotores de la acumulación de carbohidratos en hojas y en la corona de las plantas, pero sin influir en el peso seco de raíz, peso seco de corona, peso seco de hojas y peso

seco total de la planta. En particular el tratamiento con los complejos de quitosán aumentó del 20 al 30% el contenido de azúcares solubles en los tejidos de la corona y las hojas (Ortega-Ortiz *et al.*, 2007).

Se encontró adicionalmente un efecto promotor de crecimiento de los complejos al cultivar plantas en suelos pobres de zonas áridas. Semilla de tomate sembradas en suelo calcáreo tratado con diferentes concentraciones de ácido benzoico y complejo de poliácido acrílico-quitosán (PAA-Q) hicieron posible que se presentara un efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de fruto tanto al aplicar el complejo de PAA-Q como con el ácido benzoico. En cuanto a la calidad del fruto fue posible mantener la firmeza en el transcurso de varios días, los mejores resultados se obtuvieron con el PAA-Q (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007).

La aplicación foliar de quitosán en ácido acético aumenta la biomasa de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Donde se observó el efecto del quitosán sobre el crecimiento y adaptación pos trasplante de la lechuga. En el invernadero se hicieron aplicaciones foliares durante nueve semanas de soluciones de 0.1 y 0.25% peso/volumen de quitosán en ácido acético al 1%. Aunque en campo abierto se observó mayor biomasa en las plantas provenientes del tratamiento con quitosán al 0.25% en comparación con el de 0.1%, no hubo diferencia significativas entre las plantas con quitosán y aquellas a las que se aplicó únicamente la solución con ácido acético al 1%. (Benavides-Mendoza *et al.*, 2001).

2.10. Estrés en las plantas

El estrés se identifica como una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida. Dichas condiciones ocasionan cambios en todo los niveles funcionales de los organismos. Desde un punto de vista biológico, el estrés tiene una connotación más amplia, refiriéndose a los cambios ambientales que alteran al estado fisiológico de las plantas (Larcher, 1995).

El estrés representa una fuerte restricción para el aumento de la productividad de los cultivos y el aprovechamiento de los recursos naturales. Se estima que

únicamente un 10% de la superficie de la tierra arable se encuentra libre de algún tipo de estrés (Benavides, 2002).

2.10.1. Tipos de estrés

Existen varias clasificaciones de los factores de estrés. En general, estos pueden ser clasificados como estrés biótico y estrés abiótico (Azcón-Bieto y Talón, 2008). El estrés biótico es causado por la acción de otros organismos vivos como son: animales, plantas, microorganismos y otros agentes fitopatógenos como los virus. Dependiendo del agente causal el estrés abiótico se divide en físicos y químicos. Entre los factores físicos se pueden mencionar el estrés por déficit o exceso de agua, temperaturas extremas, salinidad y radiación UV. Entre los factores químicos destacan la contaminación atmosférica por metales pesados, toxinas, salinidad (en su componente iónico o tóxico) y carencia de elementos minerales (Almudena, 2008).

2.10.2. Estrés hídrico

El estrés hídrico es la principal barrera para incrementar la producción y la calidad; en conjunto con las plagas y enfermedades y la dinámica nutrimental forman parte del objetivo de los sistemas de producción tecnificado (Cornejo, 2002).

Las plantas muestran ante el estrés hídrico respuestas que tienden a evitarlo o bien mecanismos o adaptaciones que permiten tolerarlo, y ambas estrategias coexisten en sistemas mediterráneos donde las especies que sufren un mayor estrés durante la sequía son las que muestran una mayor transpiración y viceversa. Existen rasgos ecofisiológicos que están correlacionados dando lugar a grupos funcionales de especies que responden de forma similar a la sequía. La combinación de raíces profundas, hojas esclerófilas con una conductancia estomática y una transpiración cuticular bajas permite un comportamiento hidroestable, mientras que las raíces someras están asociadas

con hojas malacófilas o ausentes en verano y dan lugar a un comportamiento ecofisiológico fluctuante (Valladares, 2004).

Una de las exigencias básicas de la producción de melón es la disponibilidad de agua bien distribuida y en cantidades adecuadas a lo largo de su ciclo vegetativo. Se debe evitar el estrés hídrico, puesto que influye en el rajado de los frutos y tiene un efecto negativo en el crecimiento foliar reduciendo la cosecha final. El cultivo se desarrolla en el período estival, cuando la demanda evaporativa es alta y las precipitaciones son prácticamente inexistentes, por lo que es preciso recurrir al riego para obtener producciones que permitan una adecuada rentabilidad económica. La medida de la transpiración y conductancia de las hojas al vapor de agua son importantes en la investigación de las relaciones de agua en la planta. La transpiración es el determinante principal del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta y, junto con el intercambio de CO₂, determina la eficiencia del uso del agua (Percy *et al.*, 1991).

Esta juega un papel importante no solamente en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, sino también en la regulación de la temperatura de la hoja (Hatfield y Burke, 1991), y en el transporte y asimilación de nutrientes (Jolliet, 1993), determinando, por tanto, en gran medida el desarrollo de los cultivos y la formación de frutos. El control estomático de la conductancia de la hoja es una de las formas que los vegetales tienen para controlar la pérdida de agua por transpiración. A menudo se utiliza la medida de esta conductancia o su inversa, la resistencia estomática, como un indicador del estrés. Todos los factores climáticos influyen en la transpiración produciendo variaciones en la apertura estomática, pero son especialmente importantes la radiación y la humedad relativa (Kitano *et al.*, 1983; Jolliet, 1993).

En el caso del melón, no todos los cultivares son igualmente resistentes a la sequía ni reaccionan de la misma manera frente a una situación de déficit hídrico. Las variedades menos sensibles a la falta de agua reaccionan más rápidamente al estrés reduciendo la transpiración (Hosoki *et al.*, 1987).

Cuando los estomas se cierran se produce una disminución de la actividad fotosintética, pues se impide el intercambio gaseoso. Sin embargo, no toda disminución de la fotosíntesis, producida como respuesta al estrés hídrico, puede ser explicada por un cierre estomático. Este es sólo en parte el responsable de la misma (Janoudi *et al.*, 1993; Melkonian y Wolfe, 1993, 1995).

2.10.3. Mecanismos de defensa de la planta al estrés

Los ciclos estrés/respuesta son situaciones que se dan de forma rutinaria a lo largo de la vida de las plantas. El concepto de estrés en sí mismo es relativo, ya que una determinada situación medioambiental puede resultar estresante para una especie y no para otras (Azcon-Bieto y Talón, 2008). La resistencia a la sequía de un cultivo hace referencia a su capacidad para crecer satisfactoriamente en zonas con déficit hídrico. Las modificaciones que tienen lugar en la estructura y función de las plantas para aumentar la probabilidad de sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado se llama adaptación. No todos los mecanismos relacionados con la tolerancia a la sequía están exentos de costes metabólicos para la planta. Turner (1986), estudio la influencia de los mecanismos adaptativos sobre la productividad del cultivo, comprobando que solo aquellos mecanismos que favorecen el escape a la sequía, el mantenimiento de la entrada de agua y el mantenimiento de la presión de turgencia, no reduce la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

Se distinguen tres mecanismos de adaptación de las plantas a la sequía (Blum, 1988; Ceccarelli, 1989):

- a) Mecanismos de escape de la sequía: capacidad de las plantas para completar su ciclo de vida antes de que el déficit hídrico sea más severo. En cultivos pluri-anales, mediante la selección de precocidad.
- b) Mecanismos de aplazamientos o evitación de la deshidratación: capacidad de las plantas para mantener un potencial hídrico

relativamente alto en condiciones de estrés hídrico, atmosférico o del suelo, mediante el cierre estomático y el ajuste osmótico.

- c) Mecanismos de tolerancia a la deshidratación: *(i)* capacidad de las plantas para reducir la actividad química del agua; *(ii)* concentrar solutos y macromoléculas y *(iii)* producir modificaciones en las membranas celulares.

2.11. Manejo agronómico del cultivo

2.11.1. Requerimientos climáticos

La planta de melón es de climas cálidos y no excesivamente húmedos, de forma que en regiones húmedas y con escasa insolación su desarrollo se ve afectado negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los frutos (SIAP, 2010).

Temperatura

Siendo una planta de países cálidos, el melón precisa calor así como de una atmosfera que no sea excesivamente húmeda, para que pueda desarrollarse normalmente (Cano y Espinoza, 2002), las cucurbitáceas crecen bien en climas cálidos con temperaturas óptimas de 18 a 25 °C con una máxima de 32 °C y una mínima de 10 °C. Cuando el fruto se encuentra en etapa de maduración, debe existir una relación de temperaturas durante el día (mayores a 20 °C) y la noche (15.5 a 18°C), durante el día deben ser altas y días muy iluminados para favorecer la tasa fotosintética y por la noche, temperaturas frescas para que se pueda disminuir la respiración de las plantas (COEMEL, 2010).

Luminosidad

La acción de la luz, favorece el desarrollo del melón en todos los sentidos. Tal exigencia afecta directamente a la calidad del producto tanto en la inducción floral, crecimiento de la planta y cualidades organolépticas del fruto, así como

sus valores nutricionales, por lo tanto requiere de un mínimo de 15 horas diarias (Maroto, 1995).

Humedad relativa

En la etapa de crecimiento del cultivo la humedad relativa debe ser del 65-75%, en la etapa de floración de 60-70% y en etapa de fructificación se requiere de una humedad relativa de 55-65% (Mendoza-Moreno et al., 2000).

2.11.2. Requerimientos edáficos

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación, pH comprendido entre 6 y 7 (SIAP,2010), tolerante a la salinidad del suelo (CE de 2.2 Ds.m-1) como del agua de riego (CE de 1.5 Ds.m-1), aunque cada incremento en la unidad sobre la conductividad del suelo dada supone una reducción del 7.5 % de la producción (Cano y Espinoza, 2002).

Este cultivo es exigente en cuanto drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbre en frutos (SIAP, 2010).

2.11.3. Requerimientos hídricos

Cortés S., (2008) indica que la necesidad de agua en un cultivo de melón con un ciclo de 90 días ronda alrededor de $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, en el riego debe ser ajustada según las condiciones de suelo, la evapotranspiración diaria, la eficiencia del riego y la calidad del agua empleada. El sistema de riego por goteo, es el que mejor se adapta al cultivo, por tratarse de una planta sensible a los encharcamientos, con necesidades bien definidas según la etapa del cultivo y donde es viable ajustarla según las variables antes mencionadas. Los déficit hídricos durante las fases de máximo crecimiento vegetativo y engorde de frutos, afectan la producción total. Desde la plantación hasta el cuajado, se restringe el riego a fin de favorecer el desarrollo radicular, a partir del cuajado se puede regar abundantemente. Las necesidades de agua son mínimas al

comienzo del cultivo y aumentan regularmente hasta el comienzo de cuaje de frutos, se hacen máximas en el llenado de frutos, disminuyendo paulatinamente en la recolección. Los riegos excesivos provocan corrimiento de flores con fecundaciones defectuosas, como así también en la última etapa de maduración de frutos un exceso provocaría el rajado de frutos.

2.11.4. Particularidades del cultivo

Marcos de plantación

En cultivos rastreros los marcos de plantación más frecuentes son de 2 m x 0.75 m y 2 m x 0.5 m, dando densidades de plantación que oscilan entre 0.75 y 1 planta·m². Cuando se tutoran las plantas se recomiendan densidades de 1.25-1.5 plantas·m² y hasta 2 plantas·m² cuando la poda es a un solo tallo. No obstante, dichas densidades también pueden variar en función de la variedad cultivada, reduciéndose a 0.4 plantas·m² en el caso de los melones Piel de sapo (Infoagro, 2002).

Siembra

La siembra se puede realizar en camas de 2.5 a 3 metros de ancho, sembrando a doble hilera o bien en camas de 1.8 a 2.0 metros con una sola hilera de plantas, la distancia entre plantas en ambos métodos debe ser de 25 a 30 centímetros. La utilización de camas de 1.8 a 2.0 metros permite la mecanización del cultivo y evita el acomodo de guías lo cual significa en conjunto un substancial ahorro y se evita pisar con el tractor las guías. De esta forma se recomienda una población de 22,200 plantas por hectárea (Sakata Seed de México, 2010).

Acolchado

El acolchado consiste en cubrir el suelo con una película de polietileno negro de unas 200 galgas, con objeto de aumentar la temperatura del suelo, disminuir la

evaporación de agua, impedir la emergencia de malas hierbas, aumentar la concentración de CO₂ en el suelo y aumentar la calidad del fruto (Maroto, 2000).

Fertirrigación

El método de riego que mejor se adapta al melón es el riego por goteo, por tratarse de una planta muy sensible a los encharcamientos, con aporte de agua y nutrientes en función del estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.) (Infoagro, 2002).

Fertilización

La fertilización es una de las prácticas agrícolas que tienen mayor impacto en el rendimiento y calidad del melón. Por lo general, la nutrición se suministra con fertirrigación, lo que facilita la distribución y fraccionamiento de los nutrientes de acuerdo con las diferentes etapas fenológicas del cultivo. En la mayoría de las plantaciones se utiliza también fertilización foliar, como complemento a la nutrición al suelo, para suministrar principalmente micronutrientes y otros elementos que favorecen los procesos de floración, cuaje, llenado y calidad externa e interna del fruto.

La calidad de los frutos depende principalmente de la disponibilidad de la planta en fósforo y potasio. El potasio es necesario en la floración y, más tarde, en el engrosamiento y maduración de los frutos, ya que favorece la formación de azúcares (Serrano, 1996), el potasio mejora la calidad gustativa al favorecer la síntesis y acumulación de azúcares en los frutos y aumentar su tamaño (Llanos, 1998).

Plagas y enfermedades

Las enfermedades pueden presentarse en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, ocasionando pérdidas en rendimiento y calidad del fruto.

Cuadro 1. Principales plagas en el cultivo de melón.

Enfermedad	Nombre científico	Control	Dosis/ha.
Cenicilla Polvorienta	<i>Erysiphe Cichoracearum</i>	Amistar	200-300 g.
Cenicilla Velloso	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Aliette	2.5 kg.
Antracnosis	<i>Colletotrichum lagenarium</i>	Cupertron	2.5-3 L.
Mancha de la hoja	<i>Alternaria cucumerina</i>	Cupravit	2-4 kg.
Virus mosaico del pepino (VMP)		Cvs. Resistentes	
Mancha angular del tabaco (VMAT)			

Producción de hortalizas, Valadez (1989).

Cuadro 2.- Principales enfermedades del cultivo de melón

Plagas	Nombre científico	Control	Dosis/ha
Mosca blanca	<i>Bemisia argentifolii</i>	Endosulfán	1.0-3.0 L.
Pulga saltona	<i>Epitrix cucumeris</i>	Paratión	1 L.
Minador de la hoja	<i>Lyriomiza sativae</i>	Abacmectina	0.3-1.2 L.
Pulgón	<i>Aphis gossypii</i>	Malatión	0.5-1.0 L.
Diabrotica	<i>Diabrotica spp</i>	Diazinón	1.0-1.5 L.
Barrenador del fruto	<i>Diaphania hyalinata</i>	Metomilo	0.3-0.4 L.

Adaptado de: Anónimo

Polinización

Para obtener altos rendimientos, es necesaria una buena polinización de las flores. La polinización es cruzada; al ser una planta monoica, necesita de polinizadores para la transportación de los granos de polen hacia los ovarios y aunque algunas veces se presentan flores hermafroditas, estas tienen un porcentaje bajo de autopolinización o son incapaces de autopolinizarse (Chávez, 2001).

Cosecha

Los melones se cosechan por madurez y no por tamaño, idealmente, la madurez comercial corresponde al estado firme maduro o “3/4 desprendido”, que se identifica cuando al cortar la fruta suavemente, ésta se desprende de la planta; los melones maduran después de la cosecha, pero su contenido de azúcar no aumenta, el color externo de los frutos en este estado varía entre cultivos, pudiendo caracterizarse por la presencia de tintes verdosos; el color de la piel en estos cultivos es típicamente gris a verde opaco cuando el fruto no tiene madurez comercial, verde oscuro uniforme en madurez comercial y amarillo claro en plena madurez de consumo. Otro indicador de la madurez comercial apropiada, es la presencia de una red bien formada y realzada en la superficie de la fruta. La vida de almacenamiento es hasta de 21 días con una temperatura de 2.2 a 5 °C (SIAP, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en Saltillo, Coahuila durante el ciclo primavera - verano del año 2011, en el Campo Agrícola Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado bajo las siguientes coordenadas geográficas: 25° 27'36.80'' latitud Norte y 100° 58'08.75'' longitud este, con relación al meridiano de Greenwich y altura de 1610 msnm; el cual se estableció bajo condiciones de campo abierto con acolchado plástico y sistema de riego por cintilla.

3.2. Material vegetal empleado

Se utilizó como material vegetal semilla de melón cantaloupe de la variedad oro duro híbrido f1, el cual es un melón de tamaño medio a grande de maduración intermedia, ofrece una excelente red gruesa, color de pulpa intenso y cavidad de semilla pequeña y cerrada. Los frutos son consistentemente de alto contenido de azúcar, dando esta característica en diversidad de condiciones climáticas y de manejo. Las guías son grandes y vigorosas; adecuado a regiones donde es difícil desarrollar la planta y obtener uniformidad de fruto con tamaños comerciales. Presenta frutos de pesos comprendidos entre 700 y 1200 gramos, de costillas poco marcadas, piel fina y pulpa de color naranja, dulce (11-15 °Brix) y de aroma característico. El rango óptimo de sólidos solubles para la recolección oscila entre 12 y 14 °Brix, ya que por encima de 15°Brix la conservación es bastante corta. Cuando alcanza la plena madurez el color de la piel cambia hacia amarillo. (Sakata, 2011).

3.3. Oligómeros de quitosán

Para este experimento se utilizaron oligómeros de quitosán de diferente peso molecular y son los siguientes: Oligómero 1 con peso molecular viscosimétrico de 12,000 y grado de desacetilación del 98%, Oligómero 2 con peso molecular

viscosimétrico de 8,000 y grado de desacetilación del 100% y Oligómero 3 con peso molecular viscosimétrico de 5,000 y grado de desacetilación del 100%.

3.4. Tratamientos estudiados y diseño experimental

Este experimento se estableció bajo un arreglo completamente al azar con 32 tratamientos cada uno con 3 repeticiones. El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante el programa estadístico SAS bajo el esquema de un diseño completamente al azar, se realizó una comparación de medias a través de la metodología Tukey con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados en la producción de melón en condiciones de campo abierto, tratado con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante dos métodos de aplicación y diferentes niveles de riego.

Oligómeros de quitosán al 0.1%	Niveles de riego			
	100%	75%	50%	25%
Testigo	T1	T5	T9	T13
QN1	T2	T6	T10	T14
QN2	T3	T7	T11	T15
QN3	T4	T8	T12	T16

3.5. Procedimiento Experimental

3.5.1. Preparación del terreno

Esta actividad se hizo de forma mecánica con las siguientes labores: barbecho, paso de rastra y nivelación del terreno. El levantamiento de camas y la colocación del acolchado se realizaron de forma manual.

El sistema de riego empleado fue por goteo, para ello se utilizó cinta Netafin calibre 6000 con 30 cm de espaciamiento entre emisores y un gasto por emisor de $0.909 \text{ litros}\cdot\text{hr}^{-1}$. Se colocó una cinta por cama.

La perforación del plástico se hizo con un tubo caliente de 2 pulgadas de diámetro a una distancia de 30 cm. entre perforaciones.

3.5.2. Siembra

La siembra se realizó el día 18 de marzo del 2011, la cual se llevó a cabo de manera directa y manual a hilera sencilla, depositando dos semillas por orificio a una profundidad de 3 cm.

3.5.3. Aplicación de los tratamientos

La primera aplicación de los oligómeros se realizó el día 12 de abril de 2011 a los 24 días después de la siembra. Se aplicó vía sustrato 200 ml por planta y foliar por aspersión hasta cubrir la planta, para la aplicación foliar se utilizó un atomizador para asperjar las plantas de los tratamientos correspondientes. La aplicación del quitosán se realizó cada 14 días; realizando cinco aplicaciones de quitosán durante el desarrollo del cultivo vía foliar y vía sustrato.

3.5.4. Labores culturales

Deshierbe. Esta actividad se realizó de manera manual durante el ciclo del cultivo.

Acomodo de guías. Se llevó a cabo a los 40 días después de la siembra, con el fin de colocar las guías en el área de la cama.

3.5.5. Riego

El sistema de riego utilizado fue con cinta netafim, calibre 6000, con un gasto por gotero de $0.91 \text{ L}\cdot\text{h}$, el primer riego se aplicó al siguiente día después de la siembra (DDS) a todos los tratamientos. El estrés hídrico a los tratamientos con aplicación de quitosán (QN) foliar y al suelo se empezó a aplicar cuando las plantas de melón tenían 27 días de estado fenológico. Para determinar cuándo

aplicar cada riego nos basamos en el método indirecto de bloques de yeso; así para los tratamientos con cero por ciento (100%) de estrés se regó cuando el aparato nos indicaba 25 centibares (cb), para los tratamiento con un estrés de 75% de humedad regó a 35 cb, para el caso del 50% de humedad se regó a los 45 cb y para el 25% de humedad se hacía cuando se registraba con los bloques de yeso 60 cb en el suelo.

3.5.6. Fertilización

A lo largo del ciclo del cultivo se incorporaron los siguientes nutrientes como abonos disueltos en el agua de riego a cada una de las repeticiones tomando como base la solución nutritiva de Steiner creada en 1984 (Barbado, 2005).

3.5.7. Control de plagas y enfermedades presentes

Durante el desarrollo del cultivo las plagas que se presentaron son las siguientes: mosquita blanca (*Bemisia tabacisp*), Pulgones (*aphis gosypi*) que se controlaron con la aplicación de Imidacloprid 1-2 mL/L de agua y con productos a base de cobre 1mL/L para control de tizón tardío y tizón temprano (*phytophthora infestan* y *alternnaria solani*), también se aplicó nematicur para el control de nemátodos.

3.6. Variables Evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables al momento de la cosecha:

3.6.1. Diámetro polar y ecuatorial

Esta característica se determinó midiendo el largo del fruto (polo a polo) utilizando una cinta métrica. Para el diámetro ecuatorial se determino midiendo el ancho de cada fruto. Los resultados se expresaron en cm.

3.6.2. Firmeza

La firmeza de los frutos, se obtuvo realizando punciones sobre el exocarpo y la pulpa del fruto una vez que este ha sido seccionado por la zona ecuatorial,

mediante un penetrómetro manual calibrado en el sistema métrico (kg) con un intervalo de 1.5 a 12 kg·cm⁻² se utilizó un puntal de 8mm (1/2 cm²). Este valor es representativo a la resistencia que opone al fruto a ser penetrado (Valero, 1998).

Se realizaron dos tomas de pulpa a nivel ecuatorial, eliminando previamente la epidermis para evitar el efecto de resistencia que puede aportar. Para el análisis estadístico, se tomó la media de los dos valores tomados.

3.6.3. Sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales se determinó por medio de un refractómetro marca OPL, regulada a 20 ° C, se extrajeron dos trozos de pulpa de igual tamaño y en lados opuestos de cada fruto; estos trozos se presionaron en forma conjunta para obtener el líquido necesario para el análisis; las mediciones se expresaron en °Brix.

Según la Orden Ministerial 29-06-84, se establece una graduación mínima en sólidos solubles de 8 °Brix para todas las variedades, excepto para el "Cantaloupe", cuya madurez mínima vendrá determinada por el tono de color zanahoria de la pulpa y se aconseja un mínimo de 10 °Brix.

Para el melón Cantaloupe, el rango óptimo de sólidos solubles para la recolección oscila entre 12-14 °Brix ya que por encima de 15 °Brix la conservación es bastante corta.

3.6.4. pH

Para esta variable se utilizó papel indicador que presenta diferente color según el pH.

3.6.5. Producción de frutos por planta

Se seleccionaron plantas que tuvieran las mismas condiciones de competencia y se les cosecharon todos los frutos esto se realizó por cada tratamiento y repetición. La cosecha se realizó una sola vez, a los 82 días después de la siembra.

3.7. Frecuencia de los muestreos

Los muestreos para la evaluación de las variables antes mencionadas se realizaron al momento de la cosecha tomando los frutos representativos de cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para la variable diámetro polar de frutos el análisis de varianza mostro diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Siendo el tratamiento 3 tratado con el oligómero2 el de mayor diámetro alcanzando (45.15 cm). seguido por los tratamientos 9 y 1 sin aplicación de quitosán, con valores de 44.50 y 44.07 cm. El tratamiento 14 tratado con el oligómero 1 muestra el valor más bajo siendo este de 38.40 cm (ver figura 1).

El riego influyó en el tamaño del fruto ya que este disminuyo a la medida que bajo la dosis de riego al 50% y 25%.

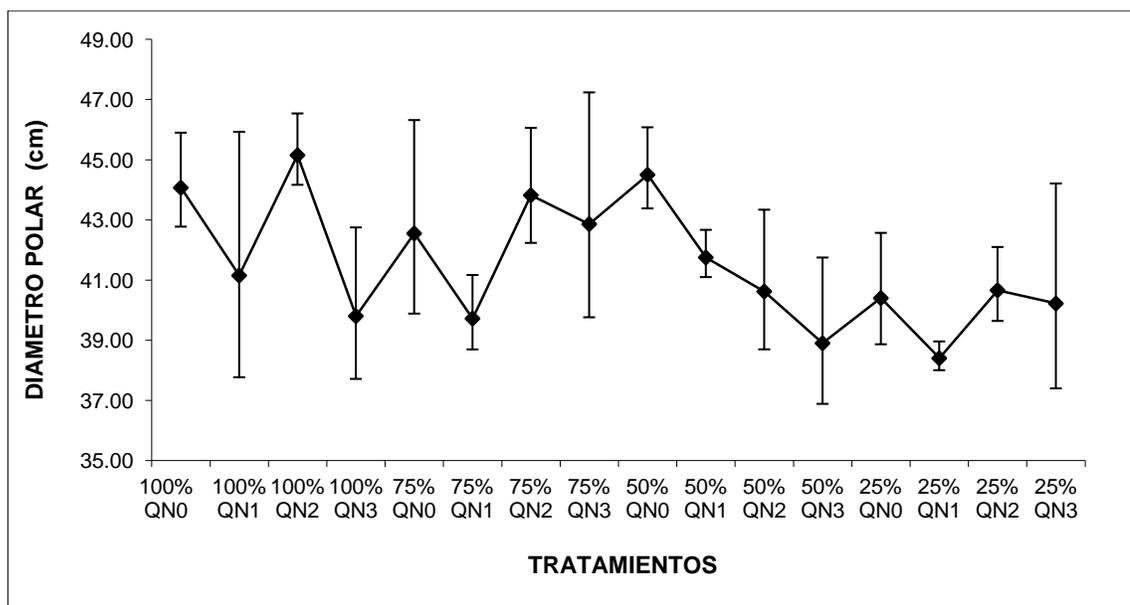


Figura 1. Diámetro polar de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar bajo diferentes niveles de riego.

Al evaluar esta variable no se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo el T3 tratado con el oligómero 2 mostro el valor más alto siendo este de 43.55 cm. seguido por el T1 (testigo) con un valor de 43.35 cm., el T14 tratado con el oligómero 1 obtuvo el menor diámetro ecuatorial de 37.25 cm. (Ver figura 2).

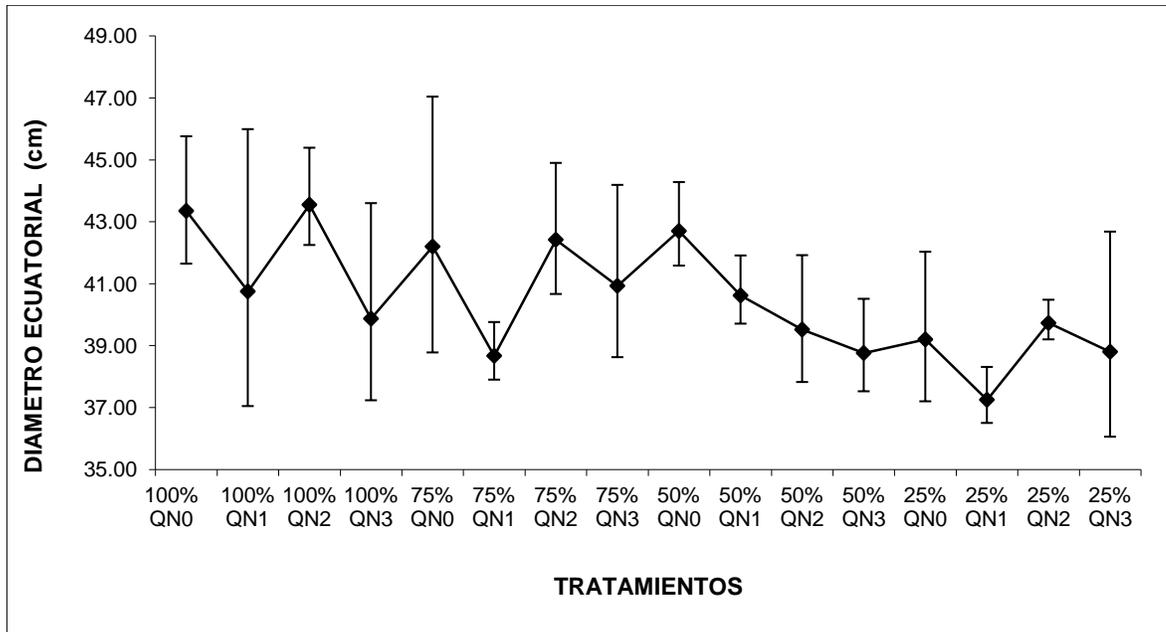


Figura 2. Diámetro ecuatorial de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicado vía foliar bajo restricción hídrica.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable diámetro polar de frutos mostro diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las medias de los tratamientos. Siendo el T1 (testigo) el de mayor diámetro con un valor de 46.83 cm. seguido por los T7 tratado con el oligómero 2 alcanzando un diámetro de 45.93 cm y el T10 tratado con el oligómero 1 con un valor de 45.32 cm. el tratamiento que obtuvo el valor más bajo fue el T2 con un diámetro de 41.00 cm.

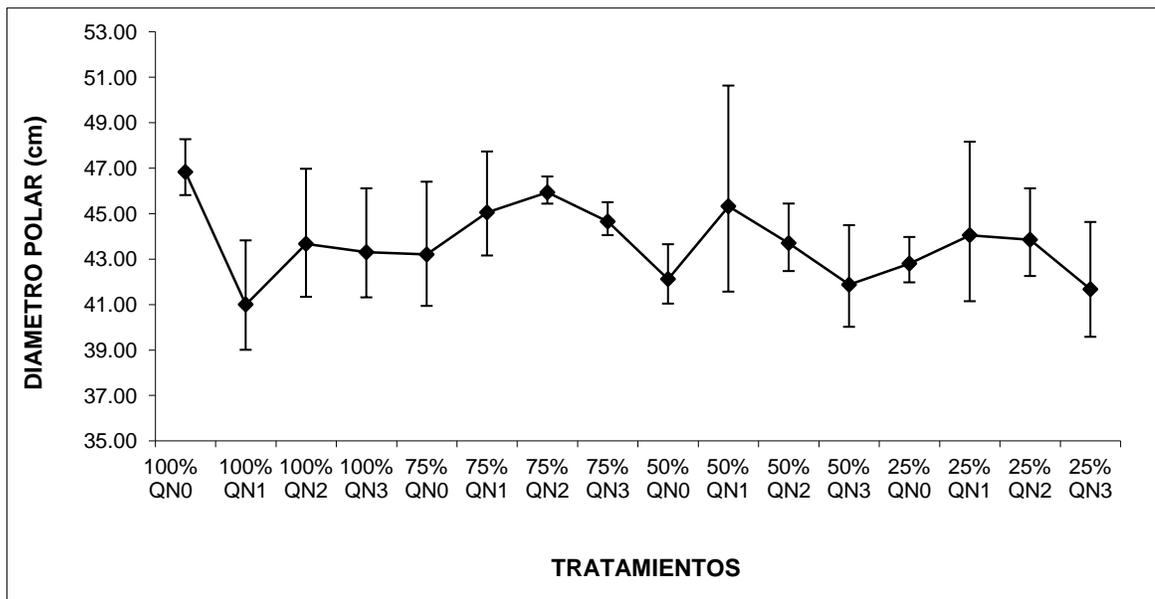


Figura 3. Diámetro polar de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo condiciones de restricción hídrica.

Al evaluar la variable diámetro ecuatorial de frutos tratados con quitosán aplicado al suelo no se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo el T1 (testigo) sin aplicación de quitosán mostro el valor más alto obteniendo en promedio un diámetro de 45.36 cm. El T2 tratado con el oligómero 1 obtuvo el diámetro menor, siendo este de 40.25 cm.

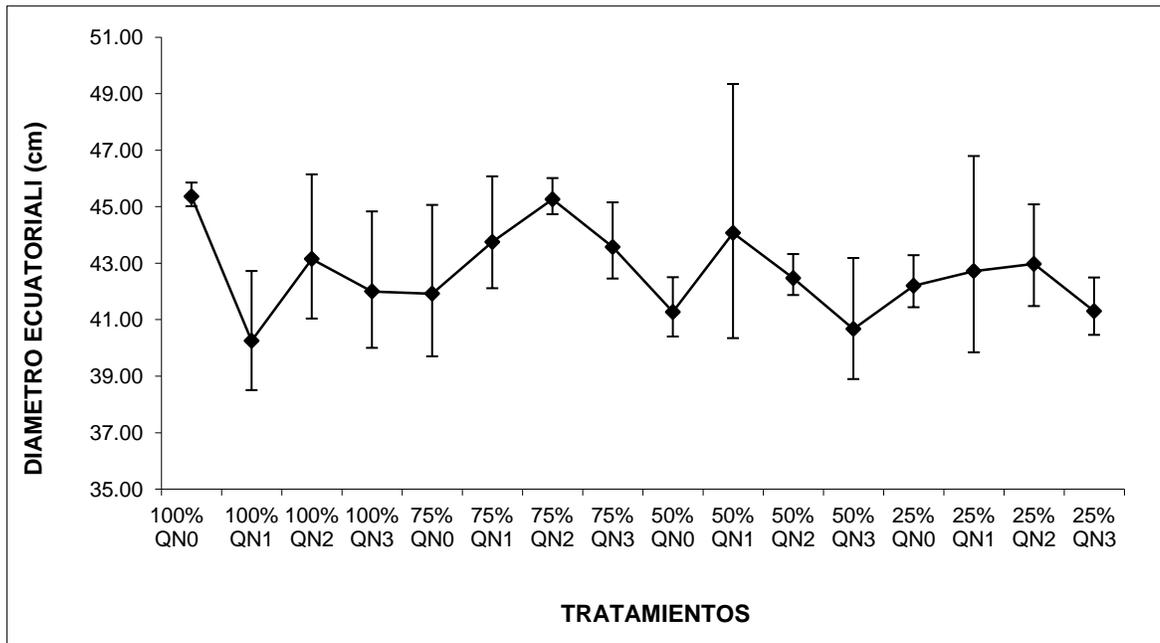


Figura 4. Diámetro ecuatorial de frutos tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo condiciones de estrés hídrico.

En resumen, en lo que respecta a las variables diámetro polar y ecuatorial; en promedio la aplicación de quitosán no tuvo una influencia positiva en la expresión de crecimiento de los frutos. Un aspecto importante a considerar en estas variables es, que están proporcionando la forma de la fruta, de tal manera que si se altera cualquiera de ellas, ésta se altera y, por ende, el producto no entra al mercado (Coombe, 1976), por lo que su valoración debe ser tanto cualitativa como cuantitativa, en el sentido de detectar si la aplicación de productos a base de quitosán afectan dicho parámetro. Shear (1975), Escobosa

(1986), Espinoza (1993) y Figueroa (1994) encontraron que al aplicar productos a base de calcio en etapas de amarre y llenado de fruto incrementa el crecimiento del fruto tanto polar como ecuatorialmente.

Al evaluar la firmeza en los frutos de melón se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Siendo el T12 tratado con el oligómero 3 el que mostro mayor firmeza, con un valor de 7.35 kg. seguido por los T16 tratado con el oligómero 3 con un valor de 6.77 kg. y T9 sin aplicación de quitosán con una firmeza de 4.32 kg. El T8 tratado con el oligómero 3 muestra el valor más bajo siendo este de 1.81 kg. es evidente que a medida que el fruto avanza en su estado de madurez desciende la firmeza del mismo y se sabe que las principales causas de ellos son los cambios en la estructura y composición de las paredes celulares (Laguado *et al.*, 1999). Asimismo Carvalho da Silva (2003) menciona que las causas que condicionan la firmeza del fruto, además de las características genéticas, son la nutrición, la disponibilidad de agua y el estado de maduración de los frutos.

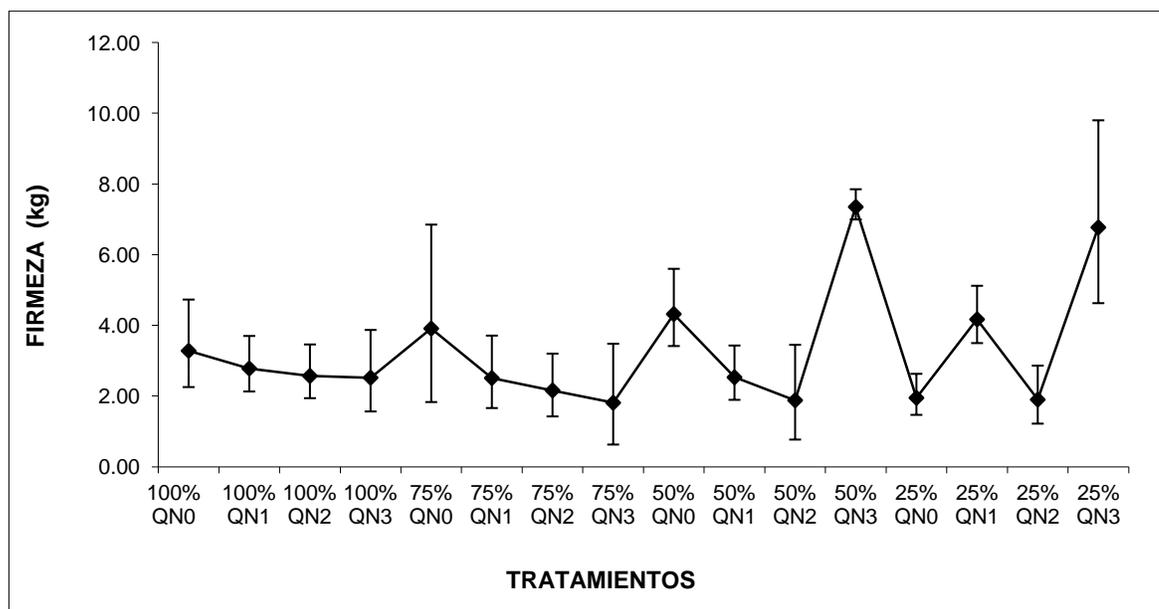


Figura 5. Firmeza de frutos de melón de plantas tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar bajo restricción hídrica.

El parámetro firmeza evaluado a través de la resistencia de la pulpa a la presión, muestra diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Siendo el T15 tratado con el oligómero 2 de quitosán el que mostro mayor firmeza con un valor de 3.71 kg seguido por los T14 tratado con el oligómero 1 con un valor de 3.18 kg y el T16 tratado con el oligómero 3 con un valor de 3.13 kg el T5 sin aplicación de quitosán obtuvo el valor más bajo de 1.15 kg.

Bianco and Pratt (1977), señalan que en melones reticulados, los cambios importantes en la firmeza de la pulpa se inician una vez que la tasa de crecimiento del fruto ha comenzado a disminuir, y el nivel de firmeza se incrementa a medida que disminuye la cantidad de agua a nivel celular (Muy, *et al.*, 2004), lo cual coincide con los resultados encontrados en el experimento para el caso de esta variable. La interacción entre los diferentes niveles de riego y la aplicación de quitosán no es significativa.

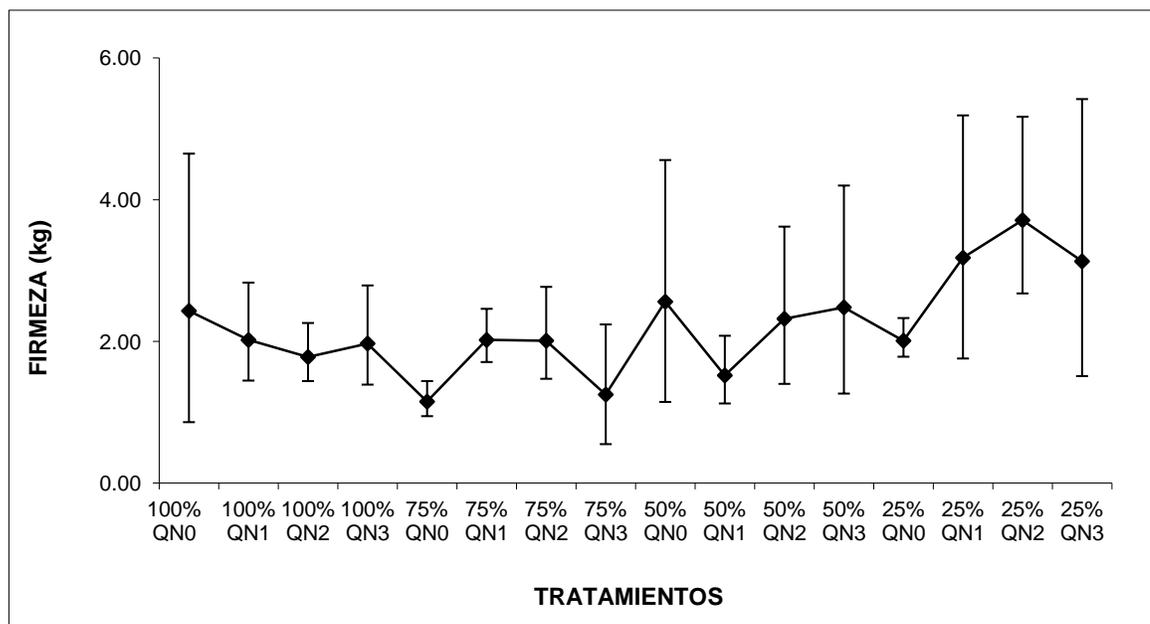


Figura 6. Firmeza de frutos de melón de plantas tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo restricción hídrica.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para esta variable no muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las medias de los tratamientos. En promedio el T4 tratado con el oligómero 3 obtuvo el mayor valor siendo este de 14.75 °Brix. El tratamiento que obtuvo el menor contenido de SST fue el T16 tratado con el oligómero 3 presentando un valor 11.25°Brix. Los valores observados difieren a lo reportado por Ramírez (2001) quien encontró diferencia significativa al aplicar PAA-Q al 1% en forma asperjada en tomate. Asimismo la diferencia observada entre tratamientos confirma lo reportado por Pineda (2004) quien no encontró diferencia al aplicar ácido salicílico y quitosán en forma asperjada a frutos de tomate.

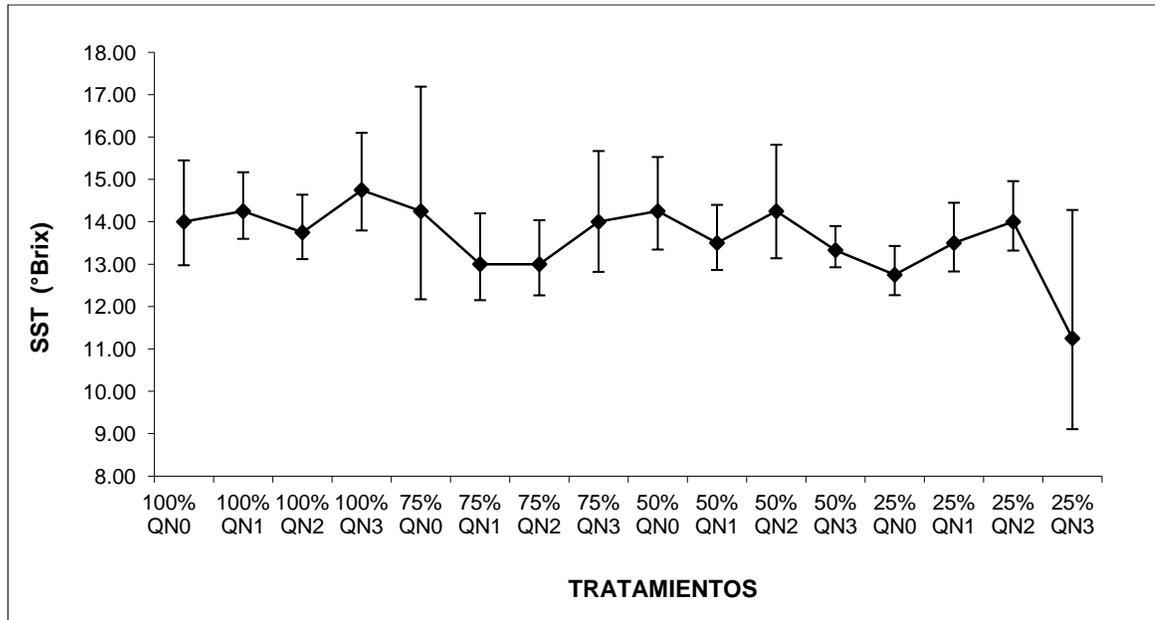


Figura 7. Contenido de sólidos solubles totales (SST) de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar bajo restricción hídrica.

Para la variable °Brix de frutos, no existe diferencia significativa entre tratamientos, los valores promedio fluctuaron entre 13.40 y 14.19, sin embargo, numéricamente el T8 tratado con el oligómero 3 muestra el mayor contenido de SST con un valor de 15.75 °Brix, siendo el T16 tratado con el oligómero 3 el que mostro el más bajo contenido de SST con un valor de 12.25 °Brix. Si bien estos valores resultantes son parecidos a los citados como óptimos para este tipo de melón (Según la Orden Ministerial 29-06-84). Es posible que la diferencia se deba a las prácticas de manejo y restricción de riego por lo que no se obtuvieron resultados significativos ($p \leq 0.05$) ya que esta depende de las condiciones en la que se corte la fruta, por tanto, ésta va a ser condicionada del buen criterio del cortador. Sobre la base de estos criterios, los frutos evaluados en este experimento superaron los rangos óptimos en cuanto a este parámetro.

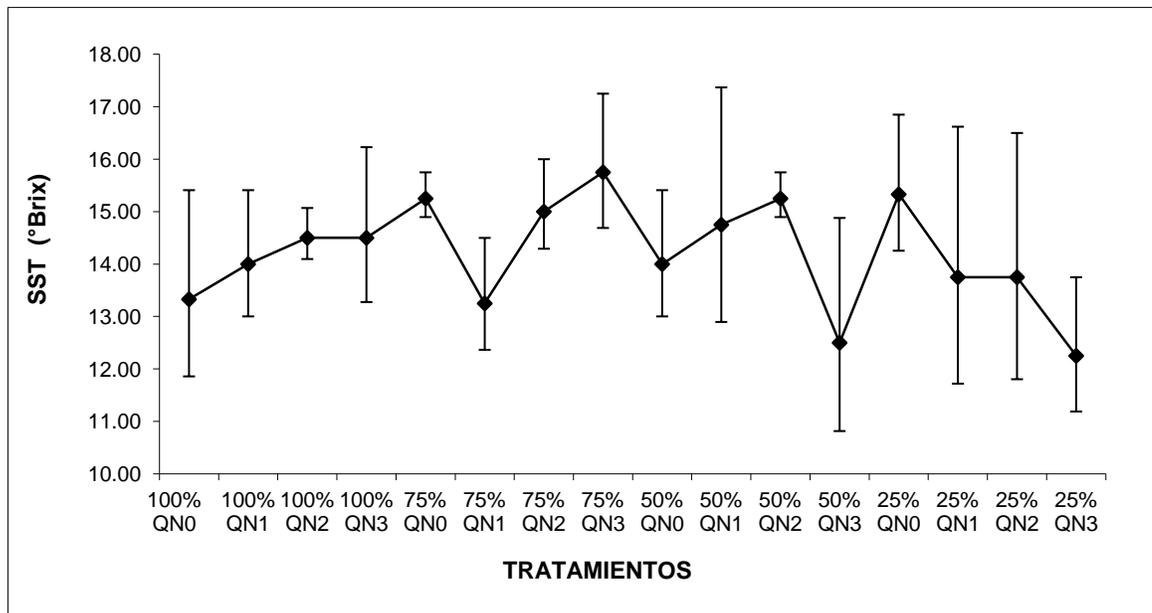


Figura 8. Contenido de sólidos solubles totales (SST) en frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo restricción hídrica.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para esta variable no mostraron diferencia significativa. Los tratamientos que tienen el mayor valor de pH son T6 y T7 tratados con los oligómeros 1 y 2 obteniendo un valor de 8.75. El T12 tratado con el oligómero 3 muestra el valor más bajo siendo este de 7.33. Los resultados obtenidos en cuanto a esta variable superan el rango óptimo de pH para este fruto, lo que coincide con lo encontrado por Pineda (2004) al aplicar quitosán en plantas de tomate aumenta el pH de los frutos superando el rango optimo que debe estar entre 4.21 y 4.59 (Herrera).

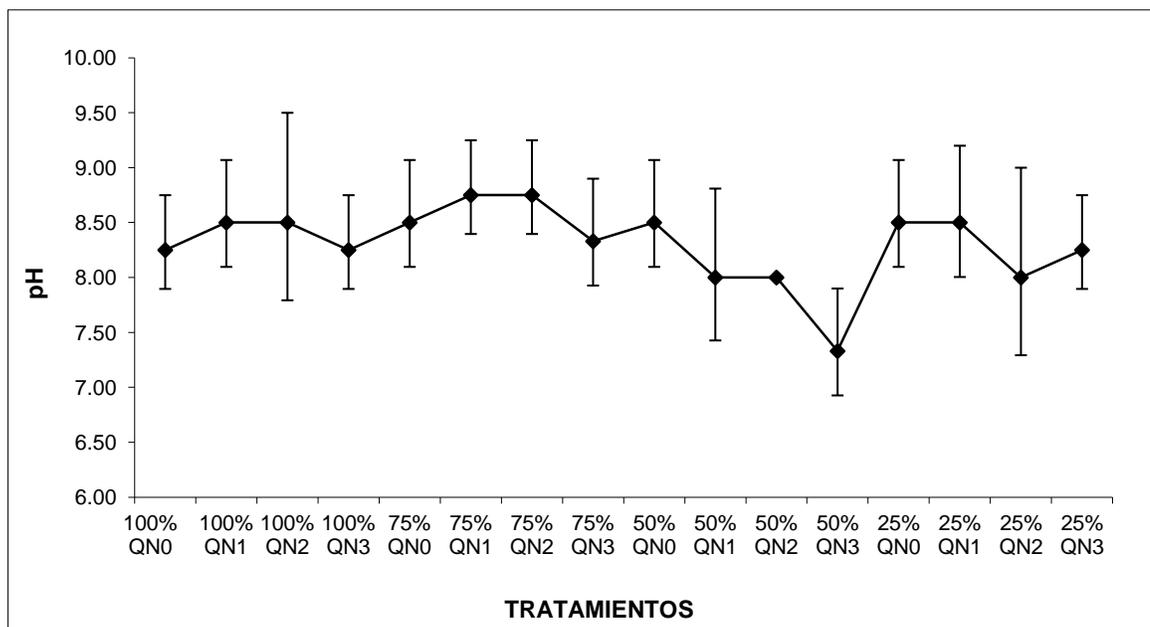


Figura 9. pH de frutos de melón de plantas tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar bajo restricción hídrica.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable pH no muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente el T4 tratado con el oligómero 3 mostro un pH de 8.75 siendo este el valor más alto seguido por el T1 (testigo) con un valor de pH de 8.66, el valor más bajo lo muestra el T14 tratado con el oligómero 1 con un pH de 8.00 al igual que los T13 (sin aplicación de quitosán) y 7 (tratado con el oligómero 2). Los resultados obtenidos superan el rango óptimo de pH para este fruto, esto puede atribuirse a una baja densidad de plantas ya que Mendlinger (1994), atribuye el efecto de la disminución de pH al incremento de la densidad de plantas, a un mayor desarrollo vegetativo por unidad de área en detrimento de la calidad del fruto. El pH es el determinante de la perdida de firmeza durante el almacenamiento, lo que lleva a sugerir menores densidades de plantas para elevar el pH y garantizar que se mantenga la firmeza del fruto y prolongar la vida de anaquel del mismo.

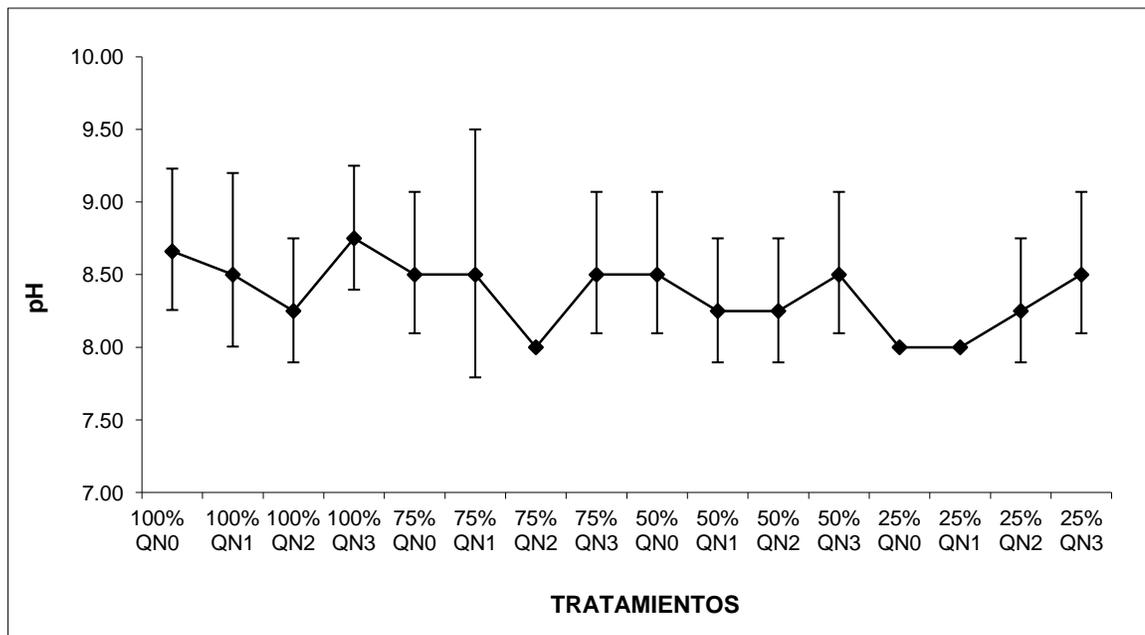


Figura 10. pH de frutos de melón tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo restricción hídrica.

En cuanto a producción de frutos promedio por planta los valores más altos correspondieron al T2, con 2574.04 g-planta seguido por el T3 tratado con el oligómero 2 con un valor de 1311.60 g-planta. El valor más bajo lo presento el T14 tratado con el oligómero 1 con 845.47 g-planta. Para esta variable no hubo diferencia estadística entre tratamientos. Los resultados obtenidos no coinciden con lo que reporta Devlieghere *et al.*, (2004), que la aplicación de quitosán disminuye las pérdidas de peso por transpiración, la respiración disminuye lentamente, aunque inicialmente se observa un incremento de la misma que se le atribuye al estrés hídrico.

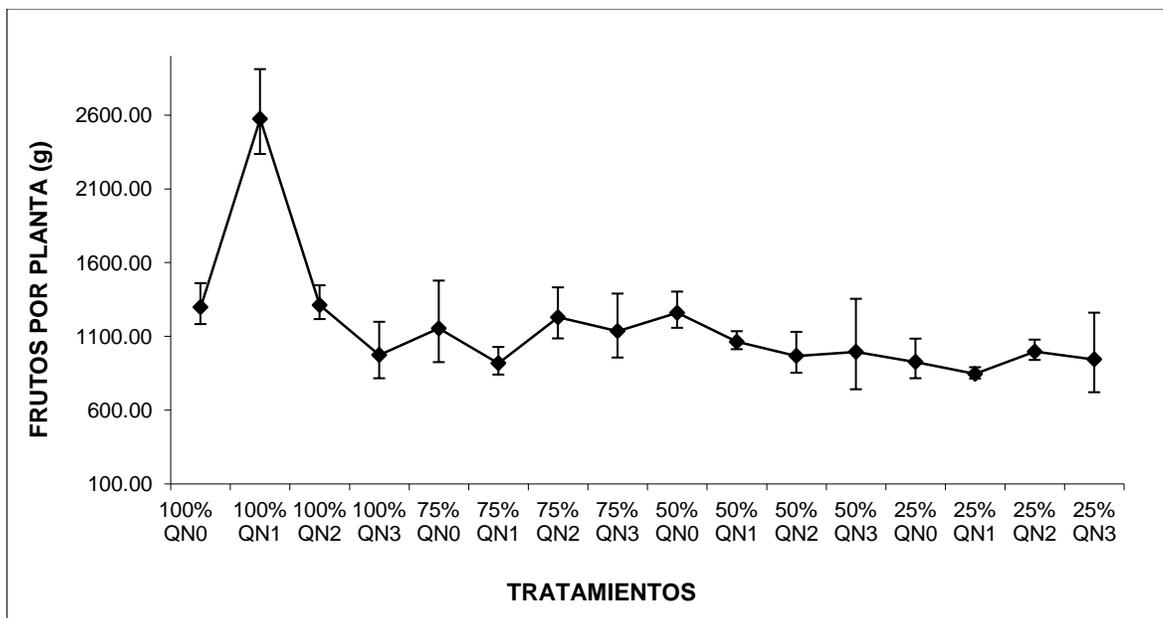


Figura 11. Producción de frutos por plantas de melón tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados vía foliar bajo restricción hídrica.

Los resultados mostrados para la variable producción de frutos por plantas con aplicación de quitosán vía suelo no muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo numéricamente el T1 (testigo) sin aplicación de quitosán muestra el valor más alto siendo este de 1515.37 g. seguido por el T7 tratado con el oligómero 2 con un valor de 1422.36 g. el T2 tratado con el oligómero 1 obtuvo el valor más bajo con un promedio de 980.60 g.

Lo anterior no coincide con lo encontrado por Kinai, (1998) quien utilizó quitosán como acondicionador de suelo en Maracuyá (*Pasiflora Edulis* Simsvar. *Edulis*), que provocó mayor número de flores, frutas cosechadas, mayor peso por fruta y producción. Sin embargo, Formes y colaboradores (2003), encontraron que el quitosán es un polisacárido de elevado peso molecular y, por tanto, difícilmente asimilable por la planta, también encontró que la aplicación de quitosán a plantas en estados fenológicos y de edad y tamaños muy diferentes provocó resultados similares.

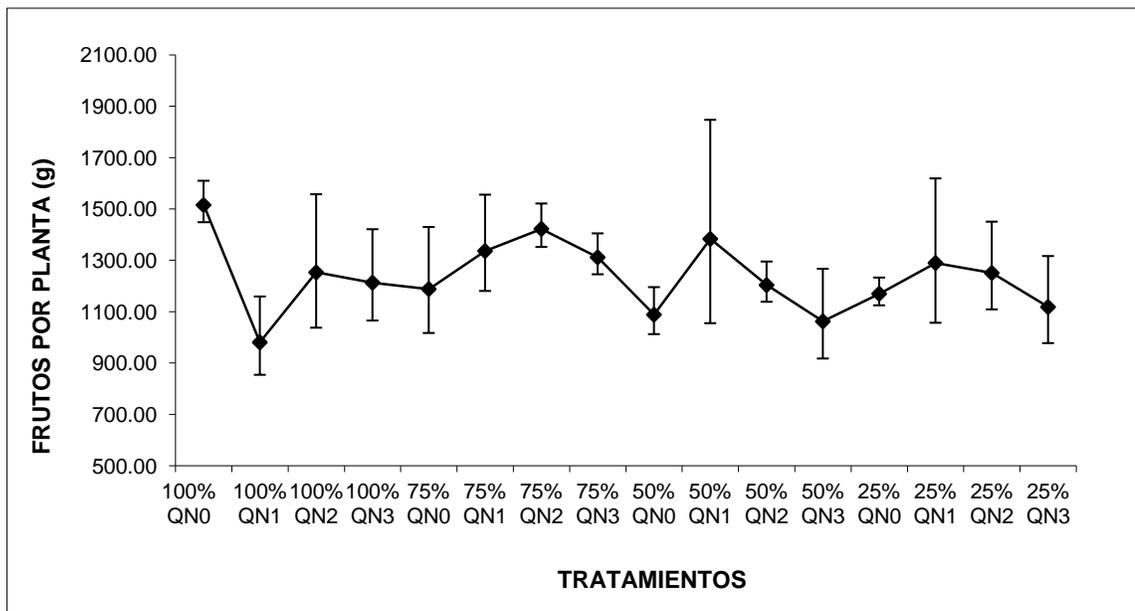


Figura 12. Producción de frutos por plantas de melón tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular aplicados al suelo bajo restricción hídrica.

V. CONCLUSIONES

- La interacción entre el régimen de riego y la aplicación de quitosán no produjo efecto significativo sobre el volumen de producción, por lo que la influencia sobre los resultados observados, solo se debe al efecto de la aplicación de los oligómeros de quitosán.
- Se observó un efecto positivo en cuanto a la aplicación de los oligómeros de quitosán sobre la calidad de frutos de melón en cuanto a las variables diámetro polar y ecuatorial, sólidos solubles totales y pH, cuando se aplicó vía suelo. En cuanto a las variables firmeza y producción de frutos por planta se observaron mejores resultados cuando se aplicaron los oligómeros de quitosán vía foliar.
- El método de aplicación recomendado para obtener rendimientos favorables en cuanto a este cultivo es la aplicación de oligómeros de quitosán vía sustrato, sin embargo en cuanto a la calidad de melón se recomienda aplicarlo vía foliar.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Almudena, M. V. 2008. Respuesta fisiológica de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis Doctoral. Universidad JAUME I. Castellón de la plana, junio del 2010.
- Anónimo. 1999. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria, Subsecretaría de Agricultura y Ganadería, de la dirección general de sanidad vegetal, SAGAR. México, D.F. 504 pp.
- Arellano, G. M. A. 1995. Fertilización. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. León, Guanajuato. 5-7 de Octubre, 1995.
- Arellano, S. J. 1993. Efecto del acolchado en el desarrollo y producción de melón (*cucumis melo* L.) bajo condiciones de riego por goteo y gravedad. Tesis de maestría. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Azcon-Bieto, J., Talon, M. (20089 Fundamentos de Fisiología Vegetal. Capitulo 29: Fisiología de las plantas y el estrés (2nd ed.) Interamericana-McGraw-Hill, Madrid, pp.577-579.
- Benavides, M.A.: "Ecofisiología y química del estrés en plantas", Departamento de agricultura/UAAAN, 2002.
- Benavides-Mendoza, A., J. Romero-García, A. S. Ledesma-Pérez, J. M. Raygoza-Castro. 2001. La aplicación foliar de quitosán en ócielos acético aumenta la biomasa de la lechuga. *BiotamNueva* Serie 12(3):1-6.
- Benavides-Mendoza, A.; Burgos-Limon, D.; Ortega-Ortiz, H.; Ramirez 2007 H. el ácido benzoico y poliácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana*, Vol. 25(3), 1-8.

- Benavides-Mendoza, H. Ortega-Ortiz, H. Ramirez, R. K. Maiti 2004. Use of interpolyelectrolyte complexes of poly (acrylic acid)-chitosan as inductors of tolerance against stress in horticultural crops. *Crop Research*, 28 (1).
- Blum, A. (1988) *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC Press, Florida, p.223.
- Cano R. P. y Espinoza A. J.J. 2002. Melón: Generalidades de su producción. In: *El melón: Tecnologías de producción y comercialización*. CELALA-INIFAP-SAGARPA. Pp. 1-9
- Cárdenas, T.G., Sanzana, L.J., Innocentini, M.L. (2002). Synthesis and Characterization of Chitosan-PHB Blends. *Bol. Soc. Chil. Quím.*47(4). ISSN 0366-1644. pp. 529-535.
- Ceccarelli, S. (1989) Wide adaptation: How wide? *Euphytica* 40:197-205.
- Consejo Nacional de Productores de Melón A. C. (COEMEL, 2010), Cultivo de melón, En línea www.coemelcolima.com.mx consultado el 15 de noviembre del 2010
- Coombe, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. plantphysiol.* 27:207-228.
- Cornejo, O.E.: "Factores ambientales que originan el estrés. Ecofisiología y química del estrés en plantas", Departamento de agricultura/ UAAAN, 2002.
- Cortés Silvia (2008), *Requerimientos Nutricionales del Melón*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- Dubery, I.A., L.G. Teodorczuk, A.E. Louw. 2009. Early responses in methyl jasmonatepreconditioned cells toward pathogen-derived elicitors. *Mol. Cell Biol. Res. Commun.* 3:105-110.
- El cultivo de melón. Pagina en línea: www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

- Escobosa, V. L. 1986. Influencia de tratamientos de postcosecha en la calidad de durazno (*Prunus pérsica* L.) Tesis de Licenciatura. Instituto tecnológico de Sonora.
- Espinoza A. J. J., Salinas G. H., y Palomo R. M., 2009. Planeación de la investigación de la INIFAP en la comarca lagunera en base a la situación de los principales productos agrícolas de la región. Revista mexicana de agronegocios , enero-junio, año/vol. XIII, numero 024. Torreón, México pp. 758-762.
- Espinoza, A. J. A. 1993. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en calabacita (*cucúrbita pepo* L.) var. Cheffini en el Valle del Yaqui, Son. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Figueroa, L.F. 1994. Evaluación de compuestos a base de calcio y ácidos carboxílicos para incrementar vida de anaquel, cantidad y calidad en frutos de sandía (*Citrullusvulgaris*Sch.) var. Calsweet, en el Valle del Yaqui, Son. Tesis Licenciatura. Instituto tecnológico de Sonora.
- Fornes F, Abad M, Carrión C, Belda R, Flors V, García-Agustín P, Noguera V. Dep. Biología Vegetal e Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, 14. 46022 Valencia. ffornes@bvg.upv.es. Dep. Ciencias Experimentales. Universitat Jaume I. Campus de Riu Sec. 12071 Castellón. Actas de horticultura Nº 39. X congresonacional de cienciashortícolas. Pontevedra 2003.
- Fry. S. C., S. Aldington, P. R. Hetherington, and J. Aitken. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. *PlantPhysiol.* 103:1-5.
- Gordillo, M. F. 2008. Estudio del quitosán como posible inductor de crecimiento y rendimiento de melón (*cucumis melo* L.). Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Guía del Cultivo del Melón. Pagina en línea:http://www.probelte.es/es/productos/noticias/?id=120509_GuiaMelon

Hardenburg, R. E.; Watada, A. E. and Wang, C. Y. 1986. Commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA-ARS Handbook 66.163 p.

Hatfield J.L., Burk J.J., 1991. Energy exchange and leaf temperature behaviour of three plant species. *Environmental and Experimental Botany* 31 (3), 295-302.

Henryk S. and Henryk P. 1997. Applications of Chitin and Chitosan, Ed. Mattheus F.A. Goosen, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster Pennsylvania. USA. Pp. 171-184.

Hernández, M. J.; García, S. J. A.; Mora, F. J. J.; García, M. R.; Valdivia, A. R. y Portillo, V. M. 2006. Efectos de la eliminación de aranceles sobre las exportaciones de melón (*Cucumis melo* L.) de México a los Estados Unidos. *Agrociencia*. 40:395-407.

Herrera J. M. (sin año). Productores de hortalizas, que edita Meisterpublishing de Ohio.

Hosoki T., Tsuchihashi Y., Asahira T., 1987. Difference in drought resistance in melons of different ecotypes II. Physiological differences. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 56 (3), 306-312.

Ibarra J. L. y A., Rodríguez. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Ed. LIMUSA. México.

Ibarra, L.; Flores, J. and Díaz, P. J. L. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae*. 87(1):139-145.

Janoudi A.K., WIDDERS I.E., FLORE J.A., 1993. Water deficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118 (3), 366-370.

- Jolliet O., 1993. Modelling of water uptake, transpiration and humidity in greenhouses, and of their effects on crops. *Acta Hort.* 328, 69-78.
- Kinai, H. Utsunomiya, N. Matsui, Y. Takebayashi, T. 1998. The Effects of Chitosan Oligosaccharides Soil Conditioner and Nitrogen Fertilizer on the Flowering and Fruit Growth of Purple Passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science.* Vol.67; No. 4: 567-571.
- Kitano M., Eguchi H., Matsui T., 1983. Analysis of heat balance of leaf with reference to stomatal responses to environmental factors. *Biotronics* 12, 12-27.
- Konovalova I., Stepanova N., Vasilevskii P. y Bereza I., *Russian J. Appl. Chem.*, 74(3), 449-454(2001).
- Larcher, W.: *Physiological Plant Ecology*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlang, 1995, p. 506.
- Lee, S., H. Choi, S. Suh, I.-S. Doo, K.-Y. Oh, E.J. Choi, A.T. Schroeder-Taylor, P.S. Low, Y. Lee. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelinacommunis*. *Plant Physiol.* 121:147-152.
- Lester G., Oebker N., Coons J., 1994. Preharvest furrow drip irrigation schedule effects on postharvest muskmelon quality. *Postharvest Biology and Technology* 4, 57-63.
- Linares, M. (1996). "la calidad de frutos de diversos cultivares de tomate. La evolución durante el almacenamiento". Memoria monográfica fin de carrera. Universidad de Almería.
- Llanos, M. (1998). El melón: variedades, mercados y cultivo. *Vida Rural.* pp. 76, 66-70.
- M. Chávez C. (2001). Polinización en Cucurbitáceas. Folleto Número 23. INIFAP-SAGAR, Hermosillo, Sonora, México.

- Mannini P., 1988. Effects of different irrigation scheduling and systems on yield response of melon and cucumber. *Acta Hort.* 228: 155-161.
- Maroto, J. V. (2000). Elementos de horticultura general. 2ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Maroto, J.V. (1995). Botánica. Fisiología y adaptabilidad del melón. En Varios. Cultivo del melón. Cuadernos de agricultura nº 2. Fundación cultural y de promoción social caja rural de valencia.
- Melkonian J., Wolfe D. W., 1995. Relative sensitivity of leaf elongation and stomatal conductance of cucumber plants to changes in leaf and soil water potentials. *Can. J. Plant Sci.* 75, 909-915.
- Melkonian J., Wolfe D.W., 1993. An evaluation of hydraulic vs. nonhydraulic root signals controlling shoot response to soil water deficits in cucumber. *Acta Hort.* 335, 173-182.
- Melón cantaloupe. Copyright © 2011 SakataSeed de México, S.A. de C.V. Pagina en línea: <http://www.sakata.com.mx/paginas/oroduro.htm>
- Mendlinger, S. 1994. Effects of increasing plant density and salinity on yield and fruit quality in muskmelon. *Scientia Horticulturae.* 57:41-49.
- Miranda Cp., Damian L.V. Galo C.T. 2002; permeabilidad de vapor de agua y propiedades macanicas de películas de quitosan en modelo de almacenamiento de aguacate. II simposio Iberoamericano de quitina.
- Munemasa, S., Oda, K.; Watanabe-Sugimoto, M., Nakamura, Y., Shimoishi, Y., and Murata, Y. 2007. The coronatine-insensitive 1 mutation reveals the hormonal signaling interaction between abscisic acid and methyl jasmonate in Arabidopsis guard cells. Specific impairment of ion channel activation and second messenger production. *Plant Physiol* 143, 1398-1407.
- Muy R. D., Siller C. J., Díaz P. J. y Valdez T. B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y calidad de

- mango. Revista fitotecnia mexicana, abril-junio, año/vil. 27, numero 002. Sociedad mexicana de fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 201-209
- Ohta, K., A. Taniguchi, N. Konishi, and T. Hosoki. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. HortScience 34:233-234.
- Orden Ministerial 29-06-84. Pagina en línea: http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1984-15235
- Orozco-Cárdenas, M. and C.A. Ryan. 1999. Hydrogen peroxide is generated systemically in plant leaves by wounding and systemin via the octadecanoid pathway. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96:6553-6557.
- Ortega-Ortiz, H., A. Benavides-Mendoza, A. Flores-Olivas, and A. Ledezma-Pérez. 2003. Use of the interpolyelectrolyte complexes of poly (acrylic acid)-chitosan as inductors of tolerance against pathogenic fungi in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Floradade). Macromol. Biosci. 3: 566- 570.
- Ortega-Ortiz, H.; Benavides-Mendoza, A.; Mendoza-Villarreal, R; Ramirez-Rodriguez, De Alba Romenus, 2007. Enzymatic Activity in Tomato Fruits as a Response to Chemical Elicitors, *J. Mex. Chem. Soc.*, Vol. 51(3), 141-144.
- Park, P. J., *et al.* 2002. Antimicrobial activity of heterochitosan and their oligosaccharides with different molecular weights. *J. Microbiol Biotechnol.*
- Pearcy R.W., Schulze E.D., Zimmermann R., 1991. Measurement of transpiration and leaf conductance. Plant Physiol. Ecol. Ed. Chapman and Hall, 457 pp
- Pérez, Z. O.; Cigales, R. M.; Orozco, S. M. y Pérez, C. E. G. 2004. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe. Parte II. *Agrociencia*. 38:261-272.
- Pineda, C. A. 2004. Evaluacion de acido salicílico, acido benzoico y quitosán en la productividad y calidad del fruto en tomate

- (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pratt, H. R. 1971 melons. In.: Hulme, A. C. (ed.). the biochemistry of fruit and their products. London. Academic Press. 2: 207-237.
- Pratt, H. R.; Goeschl, J. and Martin, F. W. 1977. Fruit growth and development, ripening and the role of ethylene in the "Honey dew" muskmelon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(2): 203-210.
- Rathke, T.D. and S.M. Hudson. 1994. Review of chitin and chitosan as fiber and film formers. J.M.S.-Rev. Macromol.Chem. Phys. C34:375-437.
- S.F. Mendoza M., J.A. Vargas A., L. Moreno D. (2000). Producción de melón (*Cucumis melo* L.) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. Revista Chapingo Serie Zona Áridas, Volumen 1, Número 2.
- SakataSeed de México, 2010, Paquete tecnológico del melón, En línea <http://www.sakata.com.mx/paginas/ptmelon.htm>.
- Salvador, L., S.P. Miranda, N. Aragón y V. Lara. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. Rev. Soc. Quím. Méx. 43:18-23.
- Sánchez, S. (1993). Concepto general de calidad, necesidad de elaborar calidad total y su medición y evaluación en frutos y hortalizas. En: la calidad en frutas y hortalizas. (Albi, M.A.; Gutiérrez, F.; Roca, M. Ed.) maduración y post-recolección-93, Sevilla. pp. 283-298.
- Serrano, Z. (1996). Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Serrano, Z. Ed. Sevilla. ISBN: 84-605-4596-2.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2010, Cierre de la producción agrícola por cultivo, año agrícola 2009. www.siap.gob.mx
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA, 2012. Página en línea: www.sagarpa.gob.mx
- Shahidi, F., Kamil, J., Arachchi, V. y Jeon, Y.J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *FoodSci. Technol.* 10: 37-51.

- Shear, C. B. 1975. Análisis y perspectivas de la producción de hortalizas en el estado de Baja California Norte. *Econotecnia Agr.* VI (4): 39.
- Shigmasa Y., S. *MinamiBiotechnol.* 1995. *Gen. Eng. Rev.*
- Sistema producto melón, Octubre 2004. Pagina en línea:
http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Meln/Attachments/6/pr_rl.pdf
- Stapleton, J.J., and summers, C.G. 2002. Reflective mulches for management of aphids and aphid-borne virus diseases in late-season cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*). *Crop Protection* 21:891-898.
- Sykes, S. 1990. Melons: varieties for new and existing markets. *Agricultural Science* 3: 32-35.
- Tapia, V. L. M.; Rico, P. H.; Sánchez, G. P.; Vidales, F. J. A.; Vidales, F. I.; Aguirre, P. S.; Chávez, C. X. y Castellanos, R. J. Z. 2006. Fertirrigación tecnología práctica para aplicaciones en agricultura intensiva. INIFAP-SEDAGRO. Uruapan, Michoacán. Manual técnico. Núm. 3. 70 p.
- Turner, N.C. (1986) Adaptation to Water Stress Deficit. A Changing Perspective. *Journal Plant Physiology* 13:175-190.
- USDA 2004. Unites States Department of Agriculture. Plants classification. <http://plants.usda.gov/index.html> . December 2006.
- USDA. 2007. Noncitrus Fruits and Nuts 2006. Summary. Agricultural Statistics Board National Agricultural Statistic Service (NASS). Washington, D. C. 84 pp.
- Valadez, L. A. 1989. Producción de hortalizas. Primera edición. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores, México, D. F. pág. 235-248.
- Valero, C.; Ruiz-Altisent, M. (1998). Control de calidad en la comercialización de frutas. *Vida rural.* 50-57, 66.

Valladares, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

Vigilancia competitiva de melón. Sistema de información para agronegocios (SIPAN, 2010). www.ima.gob.pa

Wacquant C., 1989. Melón. Maitrise du climat et production. Infos-Ctifl. 49, 33-39.

Zapata, N. M.; Cabrera, P.; Bañon, S.; Roth, P. (1989). El melón. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 174p.

VII. APÉNDICE

Tabla 1. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	230.4007014	15.3600468	1.92	0.0510
R	3	4.3676165	1.4558722	0.18	0.9082
Error	40	320.4811736	8.0120293		
Total	58	555.2494915			

CV. 6.79

Tabla 2. Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	185.9100694	12.3940046	1.37	0.2076
R	3	10.1152514	3.3717505	0.37	0.7726
Error	40	361.0997639	9.0274941		
Total	58	557.1250847			

CV. 7.38

Tabla 3. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	117.2509236	7.8167282	1.02	0.4548
R	3	42.7539329	14.2513110	1.86	0.1516
Error	40	306.2236181	7.6555905		
Total	58	466.2284746			

CV. 6.330782

Tabla 4. Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	101.6927778	6.7795185	0.97	0.5059
R	3	25.6306116	8.5435372	1.22	0.3159
Error	40	280.7583056	7.0189576		
Total	58	408.0816949			

CV. 6.206248

Tabla 5. Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	483.6402257	32.2426817	5.86	<.0001
R	3	11.8103178	3.9367726	0.72	0.5483
Error	40	219.9335243	5.4983381		
Total	58	715.3840678			

CV. 64.9971

Tabla 6. Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma cuadrados	c Media cuadrados	c Valor F	Pr > F
T	15	29.02457465	1.93497164	1.00	0.4756
R	3	2.14268379	0.71422793	0.37	0.7761
Error	40	77.5318941	1.9382974		
Total	58	108.6991525			

CV. 62.25193

Tabla 7. Análisis de varianza de la variable SST de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	86.03611111	5.73574074	1.26	0.2726
R	3	22.00677966	7.33559322	1.61	0.2024
Error	40	182.3638889	4.5590972		
Total	58	290.4067797			

CV. 15.90619

Tabla 8. Análisis de varianza de la variable SST de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	60.39097222	4.02606481	1.19	0.3150
R	3	3.74498588	1.24832863	0.37	0.7748
Error	40	134.8131944	3.3703299		
Total	58	198.9491525			

cv. 12.94085

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable pH de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	5.80902778	0.38726852	0.99	0.4860
R	3	1.37718927	0.45906309	1.17	0.3332
Error	40	15.69513889	0.39237847		
Total	58	22.88135593			

CV. 7.527021

Tabla 10. Análisis de varianza para la variable pH de frutos de melón (*cucumis melo*) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma cuadrados	c Media cuadrados	c Valor F	Pr > F
T	15	2.72013889	0.18134259	0.63	0.8334
R	3	1.54244350	0.51414783	1.78	0.1659
Error	40	11.53402778	0.28835069		
Total	58	15.79661017			

CV. 6.413359

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable producción de frutos por plantas de melón (*cucumis melo*) tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
T	15	19526674.35	1301778.29	0.92	0.5496
R	3	5205554.82	1735184.94	1.23	0.3124
Error	40	56559214.86	1413980.37		
Total	58	81291444.02			

CV. 96.66221

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable producción de frutos por plantas de melón (*cucumis melo*) tratadas con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación al suelo.

Fuente	DF	Suma cuadrados	c Media cuadrados	c Valor F	Pr > F
T	15	865163.4088	57677.5606	1.14	0.3565
R	3	259237.9017	86412.6339	1.71	0.1813
Error	40	2026729.578	50668.239		
Total	58	3151130.889			

CV. 18.17320