

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Complejos de PAA-Quitósán con Quitósanos de Diferentes Pesos Moleculares en Melón (*Cucumis melo L.*) en Condiciones de Estrés Hídrico

Por:

ADOLFO VÁZQUEZ ESCOBAR

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Complejos de PAA-Quitosán con Quitosan de Diferentes Pesos Moleculares en Melón (*Cucumis melo L.*) en Condiciones de Estrés Hídrico

Por:

ADOLFO VÁZQUEZ ESCOBAR

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA



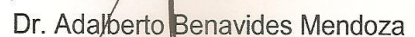
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Asesor Principal



Dra. Hortensia Ortega Ortiz

Coasesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinación
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2013

DEDICATORIA

A Dios Padre, 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 me das, por darme fe y esperanza de un mejor mañana.

A mi madre: Venancia Vázquez Escobar

Porque su enseñanza, amor y confianza, fortalecieron mi vida. Por su esfuerzo para ayudarme a seguir adelante mostrándome el camino correcto. Por ella 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 padrinos: Martin Cortes Mendoza y María del Rocío Anzures

Baeza, Que siempre me impulsaron a continuar estudiando y me brindaron su apoyo y cariño además de sus sabios consejos para que pudiera ser una persona humilde y agradecida para con mi prójimo. Sin todo lo que me han dado no pudiera haber cumplido esta etapa de mi vida. A ustedes les debo mucho y espero poder algún día compensarlos.

A mi hermano y hermanas: Martin, Mayte, Sury, Sahain, Gracias por su cariño y su afecto que hicieron que en mis regresos a casa me dieran ganas de quedarme a disfrutar de su presencia.

A mis amigos: Irving, Tania, Víctor, Cristian, Lalo, Chucho, Etc. Por brindarme su amistad desde hace mucho, misma que seguimos conservando, esperando que así sea siempre. Y de igual manera a mis amigos de la Universidad Alday, Agustín, Marcos, Adolfo, etc.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, porque me abrió las puertas y gracias a sus maestros me he 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, comentarios y correcciones acertadas de este trabajo y por ser un ejemplo a seguir.

A la Dra. Hortensia Ortega Ortiz, por su valiosísima disposición y cooperación para formar parte del comité de asesoría del presente trabajo, además de todas las facilidades brindadas para llevar a cabo el experimento en campo.

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

A mis Amigos, Ing. Didier, Ing. Vladimir, Ing. Sergio Gutiérrez, Ing. Sergio Rubalcaba, Ing. Humberto Castañeda, etc. Que me apoyaron y aconsejaron en mis prácticas profesionales para que pueda ser profesional en el trabajo pero sin perder la humildad ante todo.

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

RESUMEN

La mayor limitante para la expansión del cultivo del melón en la comarca Lagunera y en Sonora es la disponibilidad de agua, donde se han debido modificar las fechas de siembra por la escasez de agua en las presas. El presente trabajo de investigación pretende comprobar el efecto de la aplicación foliar de los complejos de poliácido acrílico-quitosan (PAA-Q) con dos diferentes pesos moleculares de quitosan, uno alto (200,000) y otro bajo denominado oligómero (8,000) con el fin de determinar si se tiene un efecto positivo usando el oligómero de quitosán ante el estrés hídrico al que fue expuesto el cultivo del 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 10 de abril del 2012. Se utilizó un diseño bloques al azar donde se evaluaron dos factores de riego 100% y 75%, con tres tratamientos cada factor T1 (Te), T2 (C1), T3 (C2) y T4 (Te), T5 (C1) y T6 (C2). La aplicación del complejo 1 (Quitosán con PM= 200,000) provocó un efecto positivo en cuanto a las variables diámetro polar, diámetro ecuatorial, firmeza con 100% de riego. Sin embargo el peso fresco del fruto, Sólidos solubles totales (°Brix) y pH del fruto no aumentan o mejoran al aplicar los complejos 1 y 2 ya que los valores estuvieron por debajo del testigo.

Palabras clave: Melón, Estrés hídrico, Quitosán, Poliácido Acrílico, Complejos Interpolielectrolíticos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ÍNDICE DE TEXTO	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivo	2
1.3 Objetivos específicos	2
1.4 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Antecedentes del cultivo	4
2.2 Importancia económica	4
2.3 Clasificación botánica	5
2.4 Ciclo vegetativo	5
2.5 Morfología de la planta	6
2.6 Requerimientos climáticos y edáficos	7
2.7 Humedad del suelo	8
2.8 Nutrición del cultivo del melón	9
2.9 Principales plagas y enfermedades	10
2.10 Problemas en la producción del melón	10
2.11 Cosecha	11
2.12. Quitosán	11
2.12.1 Obtención del quitosán	12
2.12.2 Aplicación en la agricultura	13
2.12.3 Funciones del quitosan en las plantas	14

2.12.4 Interacción oligómeros-planta	15
2.12.5 Poliácido acrílico	16
2.12.6 Complejos interpolielectrolíticos	17
2.12.7 Usos de quitosán y del complejo de poliácido	
Acrílico-quitosan	19
2.13 Concepto de estrés	20
2.13.1 Tipos de estrés	20
2.13.2 Estrés hídrico	21
2.13.3 Mecanismos de defensa de la planta al estrés.....	22
2.13.4 Efecto del estrés Hídrico en la productividad del melón.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Ubicación del experimento	26
3.2 Material vegetal	26
3.3 Tratamientos evaluados	26
3.5 Descripción de los tratamientos	27
3.4 Material utilizado en las evaluaciones	27
3.6 Manejo del cultivo.....	27
3.6.1 Barbecho	27
3.6.2 Rastreo.....	27
3.6.3 Trazado de camas.....	28
3.6.4 Acolchado plástico y sistema de riego.....	28
3.6.5 Siembra	28
3.6.6 Riegos	28
3.6.7 Nutrición	29
3.6.8 Plagas y enfermedades.....	30
3.7 Variables evaluadas	31
3.7.1 Peso Fresco del fruto	31
3.7.2 Diámetro polar.....	31
3.7.3 Diámetro ecuatorial	31
3.7.4 Firmeza	32
3.7.5 Sólidos solubles totales (Grados Brix).....	32

3.7.6 pH del fruto.....	32
3.7.7 Análisis de datos	32
	Pág.
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Peso de fruto	33
4.2 Diámetro polar	34
4.3 Diámetro ecuatorial.....	35
4.4 Firmeza del fruto.....	36
4.5 Sólidos solubles totales (Grados Brix)	37
4.6 pH del fruto	38
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. LITERATURA CITADA	41
VII. APÉNDICE	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperaturas y humedades relativas óptimas para el cultivo del melón	8
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos	27
Cuadro 3. Solución nutritiva y sus rangos de concentración de elementos minerales según Steiner (1984)	30
Cuadro 4. Cantidad de sales utilizadas para obtener una solución Steiner al 100% para 100 litros de agua	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del quitosán	12
Figura 2. Estructura del poliácido acrílico de quitosán (PAA-Q)	17

Figura 3. Estructura esquemática del CPEN.....	18
Figura 4. Peso de los frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.....	33
Figura 5. Diámetro polar del fruto de melón tratado con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.....	35
Figura 6. Diámetro ecuatorial de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego.	36
Figura 7. Firmeza de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.	37
Figura 8. Contenido de SST (°Brix) de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.....	39
Figura 9. pH de los frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.	40

APENDICE

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de medias de la variable Peso de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares	52

Tabla 2. Comparación de medias de la variable Diámetro polar de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares.....	52
Tabla 3. Comparación de medias de la variable Diámetro Ecuatorial de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares.....	52
Tabla 4. Comparación de medias de la variable Firmeza de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares.....	53
Tabla 5. Comparación de medias de la variable SST (° Brix) de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares.....	53
Tabla 6. Comparación de medias de la variable pH de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	53
Tabla 7. Análisis de varianza de la variable peso de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	54
Tabla 8. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar	54
Tabla 9. Análisis de varianza de la variable diámetro Ecuatorial de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	54
Tabla 10. Análisis de varianza de la variable Firmeza de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	54
Tabla 11. Análisis de varianza de la variable SST (° Brix) de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	54

Tabla 12. Análisis de varianza de la variable pH de frutos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares	54
---	----

I. INTRODUCCION

La producción hortofrutícola en México se ha mantenido como una industria competitiva a nivel mundial durante los últimos años. La superficie nacional dedicada a cultivos agrícolas asciende a más de 20 millones de hectáreas, de la cual 3% se destina a hortalizas. Entre ellas, las cucurbitáceas ocupan los primeros lugares de producción y exportación. Los productos que componen 60% de la oferta exportable son tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) (30.2%), pepino (*Cucumis Sativus* L.) (11.2%), Sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad.) (9.7%) y melón (*Cucumis melo* L.) (9.7%) (SAGAR, 2000).

En 2002 el melón (*Cucumis melo* L.) y la sandía (*Cucumis sativa* L.) aportaron 4.4% del valor de las exportaciones de frutas y hortalizas frescas de México, que fue 176.4 millones de dólares (INEGI, 2003).

En las regiones áridas se localizan 2.3 millones de hectáreas irrigadas. La agricultura de temporal en esta zona alcanza el índice más alto de siniestrabilidad en el país; y así, los principales factores de pérdidas de cosechas resultan las heladas y las sequías (CONAZA, 1994).

La mayor limitante para la expansión del cultivo del melón en la comarca Lagunera y en sonora es la disponibilidad de agua, donde se han debido modificar las fechas de siembra por la escasez de agua en las presas (Espinoza, *et al.*, 010).

Las plantas cultivadas se ven sometidas a diferentes grados de estrés en alguna etapa de su ciclo fenológico, los cambios generados son una respuesta a la sobrevivencia de la planta misma (Kramer, 1983). Es probable que el estrés esté asociado con un déficit hídrico y sea este uno de los problemas más comunes entre las plantas cultivadas y las comunidades naturales (Benavides, 2002).

El efecto del estrés por sequía generalmente es reflejado en una disminución de la producción y del crecimiento total; esto con respecto al grado de reducción de factores, como la etapa de crecimiento y el agotamiento de agua, así como el tiempo de duración de las condiciones de sequía (Kramer, 1983).

Entre las alternativas para el desarrollo de pesticidas orgánicos se encuentran las oligosacarinas y oligómeros de pectina derivadas de la degradación incompleta de las paredes celulares vegetales (Fukusaki, *et al.*, 1998) o de levaduras así como los oligómeros de quitina y Quitosán producidos a partir de la quitina de crustáceos y hongos. Una ventaja importante de estos polímeros biológicos es su carácter polifuncional, que permiten aumentar la tasa de crecimiento funcionando probablemente como fuente de carbono o como reguladores del crecimiento, además inducen resistencia hacia algunos patógenos (Fry, *et al.*, 1993) o ciertas clases de estrés abiótico (Lee, *et al.* 1999; Rayón, *et al.*, 2001), funcionan como atrapadores de cationes aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas o eliminando aquellos iones indeseables como los metales pesados (Onsoyen y Skaugrud, 1990).

1.2 Justificación

En base a trabajos previos realizados con diferentes oligómeros de quitosán se decidió probar el oligómero de quitosán con peso molecular 8,000 ya mostro un efecto positivo ante condiciones de estrés en la calidad productiva del melón.

El trabajo realizado pretende comprobar el efecto de la aplicación foliar de los complejos de poliácido acrílico de quitosán (PAA-Q) a dos diferentes pesos moleculares de quitosán, uno alto (200,000) y otro bajo denominado oligómero (8,000) con el fin de determinar si se tiene un efecto positivo usando el oligómero de quitosán ante el estrés hídrico al que fue expuesto el cultivo del melón.

1.3 Objetivo

Determinar el efecto de la aplicación foliar de los complejos de poliácido acrílico–quitosán (PAA-Q) sobre la productividad y producción de melón en condiciones de estrés hídrico.

1.3.1 Objetivos específicos

Comprobar el efecto de la aplicación de los complejos de poliácido acrílico de quitosán (PPA-Q) con quitosanos de pesos moleculares 200,000 y 8,000.

Determinar si la aplicación de los complejos de PAA-Q influyen en la productividad y producción de melón (*Cucumis melo* L.) expuesto a estrés hídrico.

1.4 Hipótesis

La aplicación de los complejos de poliácido acrílico de quitosan aplicados por aspersión foliar tendrá un efecto positivo en la calidad productiva del melón ante el estrés hídrico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes del cultivo del melón.

África es considerado el centro de origen del melón, porque la frecuente ocurrencia de especies silvestres de *Cucumis* con número cromosómico $n=12$, siendo diploides todas las formas cultivables, además de la presencia de plantas silvestres de *Cucumis melo* en el este de África tropical y en el sur del desierto del Sahara, sin embargo otros autores señalan su origen en el oeste de Asia, por los descubrimientos arqueológicos del Valle Harapan en la India con vestigios de semillas que datan de unos 2500 ó 2000 años antes de Cristo, aunque la mayoría de los autores se inclinan hacia un origen africano (Bisognin, 2002; Krístková, *et al.*, 2003; Lemus & Hernández, 2003; El Tahir & Taha, 2004).

Tomando en cuenta la teoría de un origen africano, se refiere como centro primario de diversificación el suroeste y zona centro de Asia, principalmente Turquía, Siria, Irán, Afganistán, India, Pakistán, Turkmenistán, Tayikistán y Uzbekistán. Como centros secundarios de diversidad se refieren a China, Corea, Portugal y España. Aunque recientemente se expresa que el centro primario se encuentra en el área Sudano-Saheliana por la presencia de los tipos silvestres de *C. melo*, mientras que Asia, desde el Mediterráneo a Japón forma parte como centro secundario de diversificación. En América fue introducido desde 1516 en la región centroamericana, mientras que en América del Norte posterior al 1600 (Bisognin, 2002; Krístková *et al.*, 2003; Lemus & Hernández, 2003; El Tahir & Taha, 2004).

2.2 Importancia económica

La producción de melón a nivel mundial es de aproximadamente 26 millones de toneladas anuales teniendo a China como el principal país productor al participar con el 51% de la producción total. México se ubica en el octavo lugar mundial con una participación del 2.2% (FAO, 2008). Estados Unidos fue el importador de melones y sandías más importante del mundo en 2009, seguido por Europa y Canadá. Entre los Países Bajos, Francia y Alemania, se importaron cerca de 800,000 toneladas de melón y sandía (Internet 1).

Guatemala mostró ser el país líder en producción de sandías y melones en Centroamérica, seguido por Honduras y Costa Rica (FAOSTAT, 2009). El Salvador produce a menor escala, mientras que Nicaragua no mostró cifras de producción (Internet 1)

El melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social para nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000).

En cuanto a la participación estatal en la superficie nacional, destacan en importancia Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Sonora y Colima. Los rendimientos nacionales promedian 21.2 toneladas por hectárea, por lo que la producción de México en el año 2012 fue de aproximadamente 160,163 toneladas. (Internet 2).

A nivel nacional, la superficie cosechada es de 21,500 hectáreas y se producen más de 543 mil toneladas. La Región Lagunera destaca como la zona melonera más importante del país con una superficie anual promedio de más de 5,300 hectáreas y una producción de 115,000 toneladas. (SAGARPA-Laguna, 2008).

Sin embargo la creciente participación de los países centroamericanos ha empezado a ganar espacios en el mercado estadounidense, importador del 99% de las exportaciones mexicanas, complicando la mayor comercialización de melón y evitando la participación de más productores mexicanos (Internet 3)

2.3 Clasificación botánica

La planta de melón pertenece al reino vegetal, clase Angiospermae, subclase Dicotiledónea y pertenece al orden cucurbitales. Es de la familia Cucurbitaceae, del género *Cucumis*. Su nombre científico es *Cucumis melo* L. (Zapata, *et al.*, 1989)

2.4 Ciclo vegetativo

El ciclo agrícola del cultivo del melón desde la siembra hasta cosecha es de 90 a 110 días promedio dependiendo de la variedad, bajo condiciones de

invernadero es posible reducir la cosecha de 7 hasta 21 días. La temperatura para el desarrollo debe oscilar entre los 18-30 °C, con máximas de 32°C y mínimas de 10°C (Purser, 1993).}

2.5 Morfología de la planta de melón

Sistema Radicular. Es muy abundante y ramificado, de crecimiento rápido, algunas raíces alcanzan profundidades de 1.20 m. sin embargo, la mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 30-40 cm de suelo (Maroto, 1989).

Tallo. Es herbáceo, rastrero o trepador, ramificado, pubescente y áspero, provisto de zarcillos, pudiendo llegar a medir de 3 a 4 m de longitud. Bajo condiciones naturales, el tallo empieza a ramificarse después que se han formado 5 o 6 hojas (Leñado, 1978)

Hojas. Son simples grandes alternas, de 5 a 7 lóbulos, su tamaño varía de acuerdo a la variedad, tienen un diámetro de 8 a 15 cm además de un largo peciolo de 4 a 15 cm de longitud, con nervaduras prominentes y limbo recortado, son ásperas al tacto y tienen un zarcillo en cada axila de la hoja (Marco, 1969).

Flores. Son solitarias, de color amarillas y por su sexo, pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas y de acuerdo a su relación, pueden ser monoicas (la planta es portadora de las flores masculinas y femeninas), andromónoicas (la planta es portadora de flores masculinas y flores hermafroditas) y ginomónoicas (la planta que posee flores femeninas y hermafroditas), aunque lo normal es que sean monoicas y andromonoicas. Las flores masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos y las femeninas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre conjuntamente con otras masculinas. La fecundación es principalmente entomófila (Maroto, 1989).

Frutos. Son de tipo pepónide, varían en forma, tamaño y tipo de cascara, según la variedad, la forma del fruto es esférico, ovalado o aplanado por los polos, oblongo, provisto de muchas semillas y su peso varía de 1 a 4 kg. Es de cascara lisa, reticulada, rugosa o con costillas, la pulpa por lo general es

amarilla, anaranjada o verde, cada fruto contiene de 200 a 600 semillas, es jugoso, dulce más o menos azucarado de olor fuerte, blando y acuoso (Hernández, 1994).

Semillas. Las semillas ocupan la cavidad central del fruto, que están insertadas sobre el tejido placentario, son fusiformes, aplanadas y de color amarillento (Maroto, 1989).

2.6 Requerimientos climáticos y edáficos

El melón requiere calor para su desarrollo y una humedad no excesiva, pues de lo contrario su crecimiento no es normal, lo cual ocasiona que no maduren muy bien los frutos, disminuyendo la calidad en regiones húmedas y con poca insolación. La germinación de las semillas puede efectuarse en un suelo poco húmedo, pero es más conveniente que el contenido de humedad del suelo este próximo a la capacidad de campo, porque se presenta ésta en un tiempo más corto por efecto de las altas temperaturas (Zapata, *et al.*, 1989).

La temperatura del suelo al nivel de las raíces durante el periodo de crecimiento del melón debe ser superior a los 10°C, siendo preferible una mayor temperatura, puesto que la absorción del agua por parte de las raíces aumenta al hacerlo aquella. Si la temperatura del suelo es demasiado alta, se puede provocar un déficit de agua en las plantas que se manifiesta en una decoloración de las hojas contiguas a los frutos, un desecamiento de los ápices de los frutos y finalmente, marchites de las plantas (Zapata, *et al.*, 1989)

Para que exista una buena germinación de las semillas debe haber temperaturas mayores de 15 °C, siendo el rango óptimo de 24 a 30 °C; la temperatura ideal para el desarrollo debe oscilar en un rango de 18 a 30 °C, con máximas de 32 °C y mínimas de 10 °C.

En el Cuadro 1. Temperaturas y humedades relativas (HR) óptimas para el cultivo del melón.

Fase desarrollo	T. Mínima	T. Máxima	H.R. Mínima	H.R. Máxima
Germinación	28 ° C	32 ° C	65%	75%
Desarrollo Vegetativo	20 ° C	23 ° C	60%	70%
Floración	20 ° C	23 ° C	60%	70%
Fructificación	25 ° C	30 ° C	55%	65%

Fuente: Valadez (1998)

Según Valadez (1998) cuando el fruto se encuentra en la etapa de maduración debe de haber una relación de temperaturas durante el día y la noche, es decir, en el día deben registrarse temperaturas altas (mayores de 30°C) y días muy iluminados o largos para favorecer la tasa fotosintética, y por la noche deben registrarse temperaturas altas (mayores de 30°C) y días muy iluminados o largos para favorecer la tasa fotosintética, y por la noche deben presentarse temperaturas frescas (15.5 a 18° C) para que disminuya la transpiración de las plantas. Se recomienda cambiar estas condiciones con las del suelo y las de riego, no debiendo regar cuando el fruto se encuentra en etapa de maduración para que el suelo se encuentre seco. Estas condiciones favorecen la producción de frutos dulces (Valadez, 1998).

Según Valadez (1998), menciona que el melón se desarrolla en cualquier tipo de suelo, pero prefiere los franco-arenosos, cuyo contenido de materia orgánica y drenaje son buenos. Esta hortaliza está clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, ya que se desarrolla en un pH de 6.8 a 6.0; cabe señalar que con un pH muy ácido puede presentarse un disturbio fisiológico llamado amarillamiento ácido. En lo que respecta a la salinidad, está clasificado como de mediana y baja tolerancia, presentando valores de 2,560 ppm (4 mmhos).

2.7 Humedad del suelo

El melón necesita una precipitación de 400 a 600 mm de agua desde la siembra hasta que los frutos comienzan a madurar (Mavarez, 1997).

Por otro lado, Messiaen, (1979) citado por Gil y colaboradores (2000) indica que no se adapta a los climas lluviosos de más de 200 mm al mes.

Las plantas de melón necesitan mucha agua en el periodo de crecimiento y durante la maduración estando estas necesidades ligadas al clima local. La falta de agua en el cultivo causa bajos rendimientos y afecta negativamente la calidad de la producción.

Durante el ciclo agrícola del cultivo de melón se pueden realizar de siete a ocho riegos cuando se utiliza riego por superficie, recomendándose castigarlo un poco durante la etapa de maduración de los frutos con la finalidad de que se concentren los sólidos solubles (Valadez, 1994).

2.8 Nutrición del Cultivo del melón.

La fertilización racional es una aproximación razonada al establecimiento de normas de fertilización. Estas normas están fundamentadas en los principios de la nutrición de los cultivos y en la dinámica de los nutrientes en el suelo (Rodríguez, *et al.*, 2001).

La fertilización razonada tiene como objetivo principal establecer una estrategia de manejo integral de la fertilización que permita elevar y mantener el estado nutricional de los suelos en forma económica y así alcanzar una nutrición óptima de los cultivos sin afectar la sustentabilidad del sistema (Guerrero, 1996).

Para definir un plan de fertilización, en el cultivo de melón es necesario conocer el tipo y la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo, el momento del ciclo en el que lo necesita y el estado del suelo al momento de la siembra o plantación (Guerrero, 1996).

La mayoría de los trabajos de investigación referidos a nutrientes extraídos por el cultivo del melón coinciden con los siguientes valores: por cada 10,000 kg de producción de frutos se debe aplicar, 35 kg de nitrógeno, 23 Kg de pentóxido de fósforo (10 kg de fosforo), 60 kg de oxido de potasio (50 kg de potasio), (Azarbe, 2001).

Antes de la floración la absorción de nutrientes es baja y a partir de ella se produce un gran incremento, el máximo aumento ocurre durante el crecimiento de los frutos (Rodríguez, 2001).

Entre las principales funciones de estos elementos se encuentran que; el nitrógeno favorece la emisión precoz de flores fértiles y aumenta el peso de los frutos. El potasio mejora la calidad, principalmente de color, el aroma, el contenido de azúcar y provee una mayor resistencia de enfermedades. En cuanto al fósforo produce un anticipo y un mayor número de flores por planta. En cuanto al calcio, determina la calidad y las cualidades organolépticas de los frutos. El magnesio induce sobre el número de flores hermafroditas (Rodríguez, 2001).

2.9 Principales plagas y enfermedades

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y Trips (*Frankiniella occidentalis*), Son las plagas que mas dañan al cultivo del melón. Los daños directos son amarillamiento y debilitamiento de las plantas estos son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación, manchado y depreciación de los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas (IMPPA-AFIPA.2005).

Las enfermedades que más afectan al cultivo de melón son: Oídio de las cucurbitáceas (*Sphaeroteca fuliginiea*), *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* y chancro gomoso del tallo (*Didymella bryoniae*), (Blancard, et al., 2000).

2.10 Problemas en la producción del melón

Los cambios en la superficie entre estados de México se puede deber a factores derivados de la competitividad. Los estados de Michoacán y Sinaloa son las regiones más antiguas como productoras de melón. Debido a ello y a la falta de la realización y adecuadas practicas fitosanitarias los problemas de plagas y enfermedades han ido aumentando, para cuyo control se han incrementando los costos de producción afectándose también la cantidad y la calidad del producto obtenido lo cual ha ido estrechando los márgenes de rentabilidad. En cambio, los estados de California y Sonora son áreas relativamente nuevas en la producción de este cultivo, se

obtienen buenos rendimientos, buena calidad de fruto y los problemas de plagas y enfermedades son menores con relación a los estados arriba citados (Cuellar, 1997).

2.11 Cosecha

Para efectuar la cosecha de frutos existen algunos indicadores físicos y visuales, que pueden ser los siguientes:

- a) Tiempo. En base al conocimiento del ciclo vegetativo de la variedad que se está produciendo de acuerdo a la fecha de siembra (95 a 110 días para el caso de híbridos y 100 a 120 días para el caso de las variedades) o fecha de trasplante (65 a 80 días).
- b) Manual. Cuando al hacer una ligera presión con el dedo pulgar el rabo o pedúnculo que une al tallo con el fruto se desprende fácilmente. Sin embargo, es conveniente cosechar antes de que se desprenda si el melón se va a transportar cierto tiempo.
- c) Sonido. Los productores afirman que cuando el fruto tiene un sonido hueco, seco y algo bofo al ser golpeado con la palma de la mano está listo para cosecharse.
- d) Color. El cambio parcial de color del fruto es también otro indicador de cosecha. (Internet 4. INIFAP-Chihuahua).

Los cortes pueden realizarse de 2 a 3 veces por semana. Cada planta puede producir de cinco a siete frutos comerciales en promedio (Internet 3. INIFAP- Chihuahua).

2.12 Quitosán

La quitina es el segundo polímero abundante que se encuentra en la naturaleza. El quitosán es producido por la desacetilación de la quitina. Estos polímeros son polisacáridos que tienen una estructura química muy similar a la celulosa, pero la unidad repetitiva del polímero no es glucosa sino glucosamina, el grupo amino el cual es en gran parte acetilado en el caso de la quitina y en gran parte desacetilado en el caso del quitosán. La quitina y el quitosán se utilizan extensamente en la naturaleza como materiales estructurales pero no se encuentran en los tejidos finos de las

plantas. Sin embargo, inducen un amplio espectro de respuestas defensivas de la planta (Henryk S., Henryk P., 1997). Su característica fundamental es que sus unidades están mayormente desacetiladas, lo cual influye en sus propiedades químicas y biológicas. Constituye uno de los pocos polímeros naturales catiónicos que se conoce. Es soluble en disoluciones ácidas diluidas, y manifiesta una potente actividad antimicrobiana (Harish, *et al.* 2007) se usa como agente antifúngico (Roller y Covill, 1999) o bien como inductor de respuestas de defensa en las plantas (Lee, *et al.* 1999).

Se reportaron efectos positivos de la aplicación directa de quitosán disuelto en ácidos débiles sobre los tejidos foliares (Benavides, *et al.* 2001), fruta (Salvador, *et al.* 1999; Hernández, *et al.* 2001) o suelo (Ohta, *et al.* 1999),

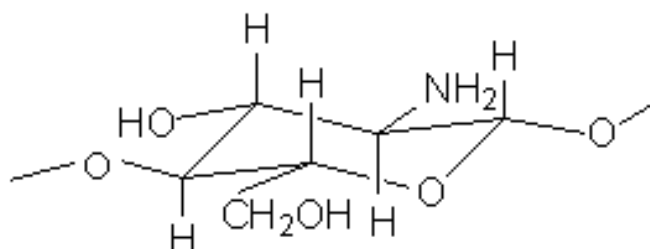


Figura 1. Estructura del Quitosán.

2.12.1 Obtención del quitosán

En general la quitina es obtenida por métodos químicos a partir de conchas de crustáceos que incluyen tratamientos con álcalis y ácidos, con modificación de condiciones como la temperatura, tiempo de reacción, concentración de álcalis y ácidos, entre otros. Aunque es importante señalar a la industria de la fermentación basada en hongos como otra fuente de quitina.

Para llevar a cabo el proceso de obtención de la quitina, las conchas ya en el laboratorio, se limpian, secan, muelen hasta pulverizarse y se someten a un proceso de hidrólisis ácida, utilizando ácido clorhídrico, el cual convierte a los carbonatos en cloruros y solubiliza a los minerales, básicamente el calcio. Una vez desmineralizadas, se aplica una hidrólisis alcalina, pues el alcalino que se usa rompe la estructura de la matriz y hace solubles las

proteínas, las cuales arrastran consigo grasas y pigmentos, componentes todos que constituyen el caparazón. Después de estas dos etapas se obtiene la quitina en polvo, la cual no es soluble en agua, lo que la hace poco práctica para su aplicación. (Ramones, *et al.*, 1997, Conde, *et al.*, 2007, Marmol, *et al.*, 2004, Díaz, *et al.*, 2006.)

La extracción de estos materiales ha sido lograda con éxito a través de varios métodos entre los que se incluye el uso de enzimas, bacterias y tratamientos químicos. (Saito, 1987).

La quitina obtenida según el procedimiento anterior se somete a un proceso llamado "desacetilar" que significa quitar de la quitina parte de su estructura, el grupo acetilo, por tratamiento con álcali fuerte a altas temperaturas para obtener quitosano (Marmol, *et al.*, 2004)

La presencia de grupos aminos en la cadena polimérica ha hecho del quitosano uno de los materiales más versátiles que se estudian desde hace ya algún tiempo, por la posibilidad de realizar una amplia variedad de modificaciones, tales como las reacciones de anclaje de enzimas, reacciones de injerto, obtención de películas entrecruzadas, etc., de las cuales se obtienen materiales con propiedades adecuadas para aplicaciones inmediatas y futuras en biotecnología, biomedicina, agricultura, etc. (Larez, 2003).

2.12.2 Aplicación en la agricultura

Una ventaja importante de estos polímeros biológicos es su carácter polifuncional: permiten aumentar la tasa de crecimiento funcionando probablemente como fuente de carbono o como reguladores del crecimiento, inducen resistencia hacia algunos patógenos (Fry, *et al.*, 1993) o ciertas clases de estrés abiótico (Lee, *et al.*, 1999; Rayón, *et al.*, 2001), funcionan como atrapadores de cationes aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas o eliminando aquellos iones indeseables como los metales pesados (Onsoyen y Skaugrud, 1990). El quitosán se usa como agente antifúngico (Roller y Covill, 1999) o bien como inductor de respuestas de defensa en las plantas (Lee, *et al.*, 1999).

Aunque se reportaron efectos positivos de la aplicación directa de quitosán disuelto en ácidos débiles sobre los tejidos foliares (Benavides *et al.*, 2001), fruta (Salvador, *et al.*, 1999; Hernández, *et al.*, 2001) o suelo (Ohta, *et al.*, 1999), es necesario explorar nuevas alternativas que aumenten la eficiencia de las aplicaciones en plantas. Sobre todo es importante no depender del uso de los ácidos débiles como agentes solubilizantes del quitosán, ya que por una parte se vuelve más compleja la técnica de aplicación del quitosán y, por otro lado los ácidos utilizados para este propósito, como el láctico, acético, fórmico, málico y en general los ácidos orgánicos son reguladores metabólicos que pueden cambiar la actividad fisiológica de los tejidos vegetales (Roughan, *et al.*, 1979).

2.12.3 Funciones del quitosán en las plantas

El quitosán llega a los receptores celulares y envía señales al núcleo, señalizando respuestas de defensa de la planta. Las respuestas de defensa incluyen: cuando la planta al ser tratada con quitosana reduce la apertura de los estomas, dificultando de esta manera la penetración del hongo; otro cambio que se aprecia es la producción de peróxido de hidrógeno, lo cual se ha relacionado con la disminución de la apertura de los estomas (Lee, *et al.*, 1999). fortalecimiento de la pared celular, producción de enzimas (quitinasas y quitosanasas y b1 3 glucanasas en hojas y raíces) fitoalexinas (pisantia, risitina, orchinol, genistein, etc.) que son proteínas relacionadas a la patogénesis y radicales oxidantes que protegerán a la célula cuando los hongos patógenos llegan a los focos receptores de las células, evitando que estos penetren las células (Rabea, *et al.*, 2003). En la planta produce un mayor desarrollo radicular, mayor crecimiento de la planta, color verde más intenso, reducción de deshidratación post-trasplante, aumenta la presencia de quitinasa, aumento de calosa, proteínas antimicrobianas (fitoalexinas), acumulación de suberina y lignina que son biopolímeros que se encuentran en las paredes celulares de las células que provocan mayor rigidez y otorgan mayor protección ante el ataque de agentes fitopatógenos. (Rabea, *et al.*, 2003).

El quitosán también estimula la acumulación de ácido jasmónico, molécula señal, que resulta un componente central en la regulación de los genes

defensivos en plantas. Ha sido comprobado que los niveles de ácido jasmónico en plantas se incrementan varias veces después de un tratamiento a la planta con quitosan o derivados, sugiriéndose debido a esto que los quitosanos inician la activación de un sistema que regula la expresión genética relacionada con la defensa de la planta (Ebel, *et al.*, 1999).

Se ha comprobado que el quitosan induce una mayor germinación y rendimiento de los cultivos de cereales y tomate (Hidalgo, *et al.*, 1996).

2.12.4 Interacción Oligómeros – 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 manifiesta como el fenotipo de una planta. (Fry, *et al.*, 1993).

Muchas de las respuestas mencionadas son constitutivas, dependientes del patrimonio genético particular de la planta, mientras que otras se manifiestan sólo bajo una condición particular inductiva. Estas últimas son las que se observan durante las respuestas de adaptación al ambiente y son desencadenadas por factores bióticos, como patógenos, plagas y simbiontes, o por factores abióticos como la temperatura, radiación, salinidad, etc. Las respuestas adaptativas dependen de la acción de los señalizadores que interaccionan con los receptores. 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).

Normalmente el receptor activado por el señalizador modifica la expresión genética, cambia las propiedades de la membrana celular o determina un

cambio en la estructura o propiedades de ciertas proteínas. Se sabe que existen al menos cuatro cascadas distintas de transducción de señales de estrés de agua, salinidad y baja temperatura, los cuales son los tipos de estrés abiótico más estudiados. Dichas cascadas de señales muestran comunicación e interacción entre ellas formando una red de señalización (Pastori y Foyer, 2002).

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).

2.12.5 Poliácido acrílico

Los poliácidos acrílicos y las poliacrilamidas se usan en numerosas aplicaciones, algunos de las cuales son las siguientes: tratamiento general de aguas y de aguas residuales, de pañales súper absorbentes, resinas de intercambio iónico, adhesivos industriales, aplicación en perforaciones petrolíferas y en agricultura, en la industria textil, cosmética, papelera. Es evidente la aplicación de estos polímeros está directamente relacionada con su estructura química, funcionalidad y masa molecular. (Martínez, *et al.*, 1999)

Las propiedades de los polímeros que contienen ácido acrílico y metacrílico dependen del pH de la disolución acuosa. En efecto, los poliácidos acrílicos se usan parcialmente neutralizados y, puesto que la sal ionizada interacciona con mayor número de moléculas de agua que los grupos ácidos sin neutralizar, se produce mayor viscosidad o mayor grado de hinchamiento al aumentar el pH de la disolución acuosa, siendo esta característica de gran utilidad cuando se pretende usar estos polímeros como espesantes o absorbentes. (Martínez, *et al.*, 1999)

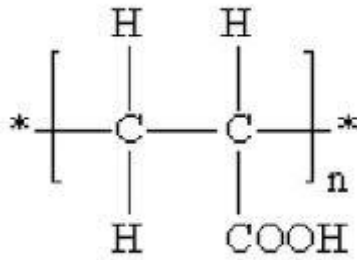


Figura 2. Estructura del poliácido acrílico

A principio de los 70 se desarrollaron trabajos para obtener copolímeros de bloque o injerto. Se estudio la copolimerización de injerto del almidón y de estos polisacáridos. Sugiriendo, los poliacrílicos sintéticos derivados del acido acrílico y los copolímeros de injerto a base de almidón y acido acrílico como polímeros absorbentes. La razón de la polarización especifica por este polímero, no solo en sus inmejorables propiedades de absorción de agua, sino en que el acido acrílico, además de ser uno de los monómeros solubles en agua más baratos, se polimeriza fácilmente, resultando productos de alto peso molecular. Contrariamente, si el peso molecular obtenido es pequeño, estos polímeros se usan como dispersantes (Martínez, *et al.*, 1999).

Cuando los pesos moleculares son inferiores a 20.000 los polímeros se usan como captadores o inhibidores, entre 20.000 y 80.000 se usan como agentes dispersantes. El 52.9% del poliácido acrílico se utiliza como polímeros superabsorbentes (Martínez, *et al.*, 1999).

2.12.6 Complejos interpolielectrolíticos

Los complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos (CPEN) son compuestos macromoleculares anfifílicos, ya que contienen sitios hidrofóbicos e hidrofílicos (Kabanov y Zezin, 1984). Por la reversibilidad de la formación del CPEN, los sitios hidrofóbicos e hidrofílicos son capaces de intercambiar espontáneamente su localización en los CPEN. Estas peculiaridades de la estructura del CPEN proveen una oportunidad única para las interacciones de los CPEN con partículas coloidales y superficies de naturaleza diferente. Debido a tales propiedades, los CPEN se han

aplicado como aglomerantes para prevenir la erosión de los suelos por viento y agua (Kabanov, *et al.*, 1991).

Diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos de bajo peso molecular presentes en las mezclas originales pueden ser inmovilizados dentro de los CPEN. Bajo ciertas condiciones las sustancias inmovilizadas son liberadas desde los CPEN a una velocidad controlada. Por consiguiente la aglomeración de partículas de suelo por los CPEN puede proporcionar un aumento en la fertilidad del suelo debido a la introducción de fertilizantes, herbicidas, estimuladores de crecimiento de las plantas, etc. la calidad y las funciones de los aglomerantes CPEN no cambian bajo la influencia de los factores atmosféricos como la humedad, la sequía, las heladas, deshielos o la luz solar (Pergusov, 1996).

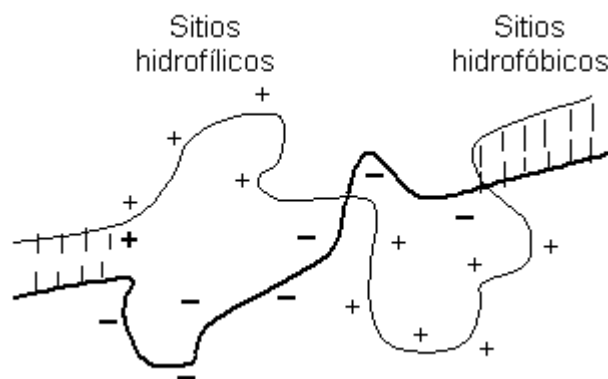


Figura 3. Estructura esquemática del CPEN.

2.12.7 Usos de poliácido acrílico y quitosán

Hasta el momento la información con que se cuenta sobre la señalización con los complejos de poliácido acrílico-quitosán es solamente la realizada por nuestro grupo de trabajo, siendo los resultados más sobresalientes los que a continuación se detallan.

La hipótesis del efecto fisiológico de los complejos fue verificada por nuestro grupo demostrando que en el tomate la presencia de los complejos de quitosán activan dos de las enzimas antioxidantes (catalasas y peroxidasas) asociadas con la tolerancia al estrés abiótico (Ortega-Ortiz, *et al.*, 2007).

Al aplicarlo directamente a los tejidos de la planta el quitosán induce

la peroxidación de lípidos (Dubery, *et al.*, 2000) 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 actúe como un efectivo agente quelatante (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.

Los complejos de poliácido acrílico-quitosán fueron probados en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. 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 en un 15% el promedio de estas variables. Se observó un efecto positivo significativo también en ausencia de patógenos, lo cual parece indicar el 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 acrílico con PAA de bajo peso molecular (106,000) (Ortega- Ortiz, *et al.* 2003) aumenta un 40% el crecimiento de las plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) y cebolla (variedad *snow ball*) bajo condiciones 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.*, 2003).

Se encontró adicionalmente un efecto promotor de crecimiento de los

complejos al cultivar plantas en suelos pobres de zonas áridas. Semillas 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 presentará 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.) 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 quitosano 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 diferencias 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).

2.13 Concepto de Estrés

El estrés se identifica como una desviación significativa de las condiciones optimas para la vida. Dichas condiciones ocasionan cambios en todos los niveles funcionales de los organismos. Desde un punto de vista biológico, el estrés tiene una connotación mas 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).

2.13.1 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).

2.13.2 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 nutricional forma 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 de 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 eco fisiológicos 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 baja permite un comportamiento hidrostable, mientras que las raíces someras están asociadas con hojas malacófilas o ausentes en verano y dan lugar a un comportamiento eco fisiológico 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 periodo 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 en el balance de energía de la hoja y el 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), determinado, 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 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 solo en parte el responsable de la misma (Janoudi, *et al.*, 1993; Melkonian y Wolfe, 1993, 1995).

2.13.3 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 si mismo es relativo, ya que una determinada situación medioambiental puede resultar estresante para una especie y no para otras (Azcón- Bieto y Talón, 2008). La resistencia a la sequia 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 (Azcón- Bieto y Talón, 2008). No todos los mecanismos relacionados con la tolerancia a la sequia 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 sequia, 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 sequia (Blum, 1988; Ceccarelli, 1989):

- a) Mecanismos de escape de la sequia: capacidad de las plantas para completar su ciclo de vida antes de que el déficit hídrico sea más severo. En cultivos plurianuales, mediante la selección de precocidad.
- b) Mecanismos de aplazamientos o el evitar 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.

2.13.4 Efecto del estrés hídrico en la productividad del melón

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 afecta negativamente al 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 (Ribas, *et al.*, 2000).

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). Ésta 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).

III. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en los terrenos para experimentación en el Centro de Investigación en Química aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, Con ubicación Geográfica de 25° 27' 38.73 latitud Norte y 100° 58' 9.22 longitud Oeste y una altura sobre el nivel del mar de 1449 metros sobre nivel del mar (Internet 4).

3.2 Material vegetal

El material que se utilizó para este experimento fue la semilla de la variedad "Oro duro" de tipo cantaloupe, con tamaño y peso de fruto 36' (0.9 kg), 27' (1.5 kg.), la cascara es de red completa y densa, en el interior es de color naranja salmón intenso y de pulpa rígida, resistente a cenicilla polvorienta razas 1 y 2. Fusarium 0 y 2, uniformidad de frutos con tamaños comerciales (Internet 5).

Oro duro es un melón de tamaño medio a grande de maduración intermedia. Este híbrido 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 (Internet 5).

3.3 Tratamientos evaluados

Se aplicaron 2 complejos de poliácido acrílico-quitosán (PAA-Q)

- 1) CPEN1.-(complejo 1)= PAA=PM 200,000 y Q PM=200,000
- 2) CPEN2.-(complejo 2)= PAA=PM 200,000 y Q PM=8,000

Los complejos fueron aplicados cada 14 días en las siguientes fechas:

1 de mayo, 15 de mayo, 29 de mayo, 12 de mayo, 26 de mayo de 2012.

3.4 Descripción de los tratamientos

Cuadro 2. El experimento se realizo en bloques al azar con arreglo factorial 2x3, los tratamientos se detallan en el cuadro 3.

Tratamiento	Tipo de complejo	Rango hídrico
T1	Testigo	100%
T2	Complejo1	100%
T3	Complejo 2	100%
T4	Testigo 2	75%
T5	Complejo 1	75%
T6	Complejo 2	75%

3.5 Material y equipo utilizado en las evaluaciones

1. Cinta métrica de 1 metro, marca truper
2. Medidor de área foliar marca LI-COR modelo 3100
3. Refractómetro manual, ATAGO
4. Penetrometro modelo FT 327; QA SUPPLIES
5. Estufa marca Thermoscientific.
6. Balanza marca OHAUS, Modelo EP413

3.6 Manejo del cultivo

3.6.1 Barbecho

El suelo se encontraba en condiciones de compactación por lo que se tuvo que barbechar. Esta actividad se realizo con un tractor con el fin de remover la tierra a una profundidad de 30 cm.

3.6.2 Rastreo

Esta labor consistió en deshacer los terrones que quedaron después del barbecho esto con el fin de proporcionar a la planta un suelo en donde permita desarrollarse de manera óptima el sistema radicular de la planta y también el proporcionar las condiciones necesarias para tener un buen drenaje y extracción de los fertilizantes. Además, para que nos permitiera realizar las labores que posteriormente se realizaron.

3.6.3 Trazado de las camas

Las camas se realizaron de forma mecánica encamadora kenko (surcadora). Los seis surcos dos bordos tuvieron una separación de 1.80 metros y una longitud de 19.5 metros. Con una altura aproximada de 30 cm por lo que se tuvieron que nivelar de manera manual para poder colocar el sistema de riego y posteriormente el acolchado plástico.

3.6.4 Acolchado plástico y sistema de riego

Antes de colocar el acolchado de las plantas se instalo el sistema de riego con cintilla de la compañía t-tipe con goteros a una separación de 30 cm y con un gasto por gotero de 1.6 litros por hora. Posteriormente fue colocado el acolchado plástico negro de 400 micras. Y fue perforado a tres bolillo con distancia de 30 cm entre perforación para obtener una densidad de tres plantas por metro cuadrado.

3.6.5 Siembra

La siembra fue directa a una profundidad de 0.5 cm esta se realizo el día 10 de abril del 2012.

3.6.6 Riegos

Una vez sembrada la semilla se activo el sistema de riego durante los primeros días durante la germinación y emergencia de la plántula. El riego se realizaba de 8 am a 2 pm al 100% a capacidad de campo.

Antes de empezar los riegos se determino la capacidad de campo en este tipo de suelo que nos dio por el método gravimétrico el 28% para densidad de campo y 16% para punto de marchitez permanente, luego se referenciaron los datos a los tensiómetros regando cuando la lectura del vaucómetro llega a 30 centibares se procede a regar, lo cual indica las variables que dirigen, cabe mencionar que a la mitad del experimento se tuvo una fuerte precipitación por lo que se espero más de una semana en aplicar riegos, lo mismo se hizo al 75% y empezó a regar cuando el tensiómetro marcaba 50 centibares.

Se dividieron las camas para darles diferentes cantidades de riego 3 camas al 100% y 3 camas al 75% de capacidad de campo.

Se colocaron los tensiómetros en 4 camas para medir la humedad del suelo.

Dos de los tensiómetros se colocaron a 20 cm de profundidad uno al 100% y otro al 75% y a los 30 cm de profundidad también en el tratamiento 100% y 75%.

Los riegos se realizaron cada 2 o 4 días dependiendo de las lecturas de los tensiómetros que indicaban el requerimiento de agua de las plantas ya que el clima se comportaba diferente conforme pasaba el tiempo.

De acuerdo a la fenología del cultivo se incrementaba el riego respetando la cantidad dependiendo del tratamiento al 100% o 75%.

3.6.7 Nutrición

La nutrición del cultivo fue llevada a cabo bajo la solución nutritiva universal propuesta bajo el criterio de Steiner (1984) En donde se tomo en cuenta los requerimientos de los macroelementos primarios y secundarios.

Como puede observarse en el cuadro 5, se realizo el cálculo de la cantidad de sales para la solución madre mismas que son inyectadas mediante el venturi para ser aplicados 640 litros de agua que fue el gasto por hora de la cintilla en la superficie del experimento.

La solución madre fue aplicada en diferentes porcentajes junto en el sistema de Riego Utilizando un venturi y la dosis se incremento conforme la fenología del cultivo 25%, 50%, 75% y 100% de la solución. Sin embargo se aplico acido fosfórico en la etapa de plántula al inicio del experimento en una dosis de 500 mL/ 200 L de agua para ayudar a la producción de raíces secundarias.

También se aplico como compensador de micronutrientes el fertilizante foliar poliquel® multi de la empresa Arysta lifescience a una dosis de 2 L/Ha. Aplicándolo en aspersion al cultivo.

Cuadro 3. Solución nutritiva y sus rangos de concentración de elementos minerales según Steiner (1984).

Elemento	Concentración (ppm)
NO_3^-	168.2
H_2PO_4	31
K	273
Mg	48
Ca	180
SO_4^{2-}	0
Na	2.4

Cuadro 4 .Cantidad de sales utilizadas para obtener una solución Steiner al 100% para 100 litros de agua.

Sales	g/100 L de Agua	g/640 L de agua/hora.
Nitrato de calcio	98.918	634
Nitrato de potasio	9.126	58.4
Sulfato de magnesio	49.494	317
Sulfato de Potasio	45.132	289
Sulfato de Manganeso	0.19	1.3

3.6.8 Plagas y enfermedades

La plaga que se presentó fue pulgón *Aphis gossypii* la cual fue controlada con trampas amarillas a las cuales se les aplicó aceite quemado. Estas trampas fueron distribuidas dentro del experimento para obtener buen control sobre esta plaga.

La enfermedad que más causó daño fue la cenicilla polvoriento (*Erysiphe cichoracearum* DC.) la cual no se pudo controlar totalmente ya que el clima favoreció su establecimiento y la pronta propagación dentro del experimento.

Los síntomas observados en el melón fueron:

Existencia de polvillo en el envés de la hoja que posteriormente cubrió toda la lámina foliar.

Las hojas viejas se secaron con un tono gris claro y caída de hojas muertas.

Infección a nivel del tallo principal y peciolo.

Hojas nuevas con clorosis

Muerte de toda la planta.

Frutos chupados, con madurez prematura con mala calidad.

En los frutos no se formó completamente la red y les faltó dulzor, consistencia y tamaño.

Sin embargo con el fin de reducir su incidencia se aplicó Benomil (300 g/Ha) con el nombre comercial Promyl 50 P.H.

Captan 2-3 L/Ha con nombre comercial Captan 50.

Clorotalonil 2-3 L/Ha con el nombre comercial Trevanil.

Además, durante el experimento fueron aplicados preventivamente:

Propamocarb clorhidrato a 1 L/ha con el nombre comercial Previcur ® N.

Tiabendazol 500 g/Ha con el nombre comercial Tecto ® 60.

Carbofuran aplicado a la base del tallo 400 mL/100L de agua con el nombre comercial Furadan ® 350 L.

3.7 Variables evaluadas

3.7.1 Peso fresco de frutos

Se seleccionaron 3 frutos de tamaño homogéneo por cada bloque. Los frutos se pesaron en una balanza marca OHAUS, Modelo EP413 de acuerdo al tratamiento y anotando los datos correspondientes para cada bloque.

3.7.2 Diámetro polar

Se realizó un corte transversal al fruto y se midió el diámetro polar con una cinta métrica de 1 m, reportando los resultados en centímetros.

3.7.3 Diámetro ecuatorial

Una vez tomado el diámetro polar se tomaron las medidas ecuatoriales de cada uno de los frutos con una cinta métrica de 1 m, reportando los resultados en centímetros.

3.7.4 Firmeza

Se pelaron las partes más lisas sobre la superficie de la corteza del fruto para llegar a la pulpa. Se coloca el penetrómetro Modelo FT 327; QA SUPPLIES utilizando un émbolo de 8 mm sobre cada una de las superficies peladas se oprime para penetrar el fruto, reportando los resultados en kg/cm³.

3.7.5 Sólidos solubles (°Brix)

Para la determinación de °Brix se utilizó un refractómetro manual debidamente calibrado, se colocó una gota de jugo de melón cerrando la tapa del refractómetro manual marca ATAGO de tal manera que la gota se distribuyera en la superficie del prisma, se tomó la lectura directamente en la intersección de los campos y reportándolos como °Brix. Se limpió el prisma utilizando un kleenex para cada muestra con la finalidad de que no se contaminaran las siguientes muestras y no alterar los resultados.

3.7.6 pH de los frutos

Para esta variable se colocó un pequeño corte de papel indicador sobre el fruto. Posteriormente se comparó con los colores del empaque del papel para determinar el pH del fruto.

3.7.7 Análisis de datos

El análisis de varianza se realizó con un arreglo en factorial, para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico SAS V9.0 para Windows, además de realizar la prueba de comparación de medias mediante la metodología de Duncan.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Peso Fresco de frutos

Los resultados para la variable en determinación en peso de fruto muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo muestran las siguientes tendencias.

Los tratamientos sin la aplicación de los complejos (T1 con riego al 100% y T4 al 75%) tuvieron valores 645.07 y 611.25 g/Kg que se mostraron superiores a los tratamientos tratados con los complejos. Sin embargo los tratamientos con los complejos 1 y 2 tuvieron un efecto negativo en las dos condiciones de riego.

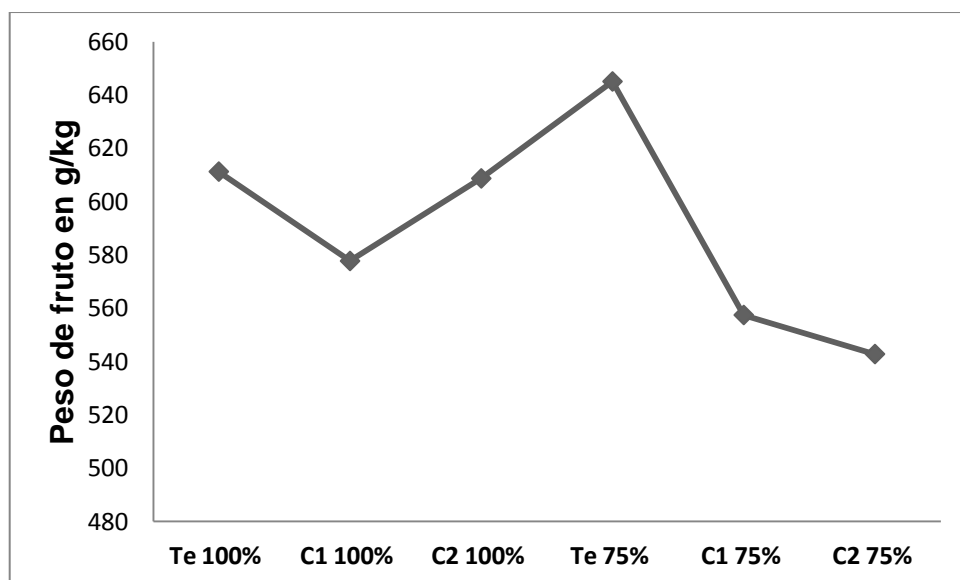


Figura 3. Peso de los Frutos del melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosan con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.- Testigo, C1.- Complejo 1, C2.- Complejo 2.

Los resultados encontrados pudieron deberse a que en la etapa de fructificación (51 días después de emergencia) se presentó en el cultivo la enfermedad Cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracearum*) y según (Cruz *et al.*, 2004) con quitosán se reduce la apertura de estomas, dificultando de esta manera la penetración del hongo. Benavides (2002) menciona que las plantas C3 pierden por transpiración 1 kg de agua por cada 1-3 Kg de CO₂ fijados. Los dos factores pudieron ser responsables del bajo peso de los frutos en los tratamientos T2, T3, T5, T6 ya que una vez que el oídio o cenicilla polvorienta llega a la hoja se recubren de unas manchas blancas

circulares por ambas caras, que van adquiriendo cada vez mayor tamaño hasta unirse entre ellas, cubriéndose toda la hoja, para finalmente, secarse (Zapata, *et al.* 1989) y esto evita la entrada de luz lo que evita la fotosíntesis por la planta. Además de la poca absorción del CO₂ debido a la reducción de la apertura estomática por parte del quitosán (Cruz *et al.*, 2004). Esto provoca que se reduzca la formación de carbohidratos por las plantas y por ende bajo el peso del fruto.

4.2 Diámetro polar

Para la variable del diámetro polar de los frutos, el análisis de varianza no mostro diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Sin embargo al aplicar el complejo con quitosán de PM=200,000(T2) se obtuvo un incremento en el diámetro de los frutos con un valor de 15.948 cm superior al Testigo con 100% de riego el cual obtuvo un diámetro polar en los frutos de 11.825. En cuanto a los tratamientos a los cuales se les aplico estrés hídrico, se encontró que el tratamiento T4 (testigo con 75% de riego) tuvo mayor diámetro polar con 13.8 cm superior a los tratamientos T5 y T6 con el complejo 1 y 2 (riego al 75%) los cuales alcanzaron 13.475 y 12.425 cm respectivamente. El riego influyo en el tamaño del fruto ya que en los tratamientos T4, T5 y T6 los frutos en promedio tuvieron menor diámetro en comparación con el tratamiento T2 con aplicación del complejo 1.

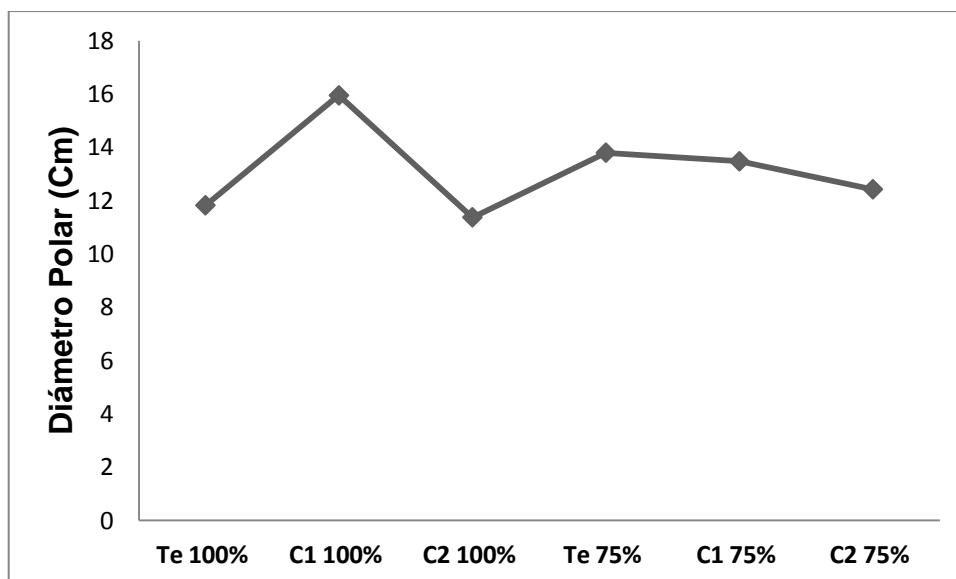


Figura 4. Diámetro Polar del fruto de melón tratado con complejos de poliácido acrílico-quitosán con diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.- testigo, C1.- complejo 1 y C2.- complejo 2.

4.3 Diámetro Ecuatorial

Al evaluar esta variable no se observó diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo el tratamiento T2 (Q de PM= 200,000) mostró el valor más alto siendo este de 12.9 cm en comparación con el tratamiento T1 (Testigo, 100% agua) el cual mostró un valor de 12.70 cm respectivamente. El tratamiento T4 (Testigo con 75% riego), fue el que mostró mayor tamaño en comparación con los T5 y T6 (75%).

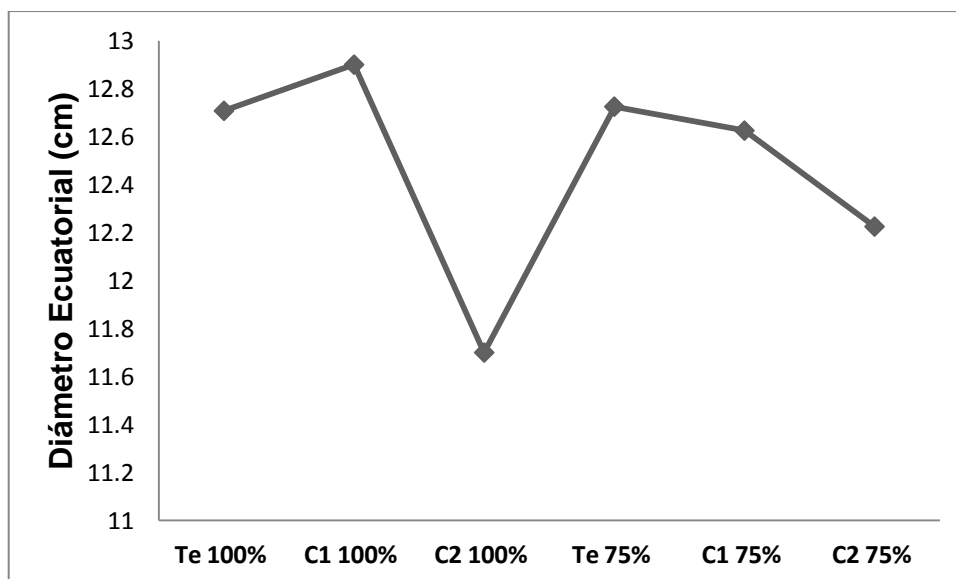


Figura 5. Diámetro Ecuatorial de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico- quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego.

En resumen se sabe que el quitosán provoca la promoción de la actividad y síntesis de fitoalexinas como las quitinasas (Roby, *et al.* 1987), dichos compuestos son capaces de activar las respuestas de defensa de la planta induciendo la formación de especies reactivas de oxígeno (Lee, *et al.* 1999) lo cual pudo haber tenido influencia en un mayor crecimiento del fruto aunado a un riego del 100%. El complejo 1 (PAA (200,000) y Q (200,000)) pudieron haber tenido un efecto mucho mayor en comparación con el complejo 2 donde el quitosán es de bajo peso molecular (8,000), ya que entre otras cosas el peso molecular del quitosán se comporta como activador específico (Roby *et al.*, 1987; Cuero, 1999). Además de que el quitosán se comporta como un regulador de crecimiento (Fry *et al.*, 1993) podría tener un efecto en el citosol de las células que estimule las enzimas para la producción de giberelinas.

Para el caso donde se restringió el riego (75%) pudo haber tenido influencia en el tamaño del fruto de los tratamientos T4, T5 Y T6, ya que al someterse al estrés hídrico se manifiesta una notable reducción en el contenido de giberelinas, los cuales están directamente ligados a una serie de procesos fisiológicos en la planta (Looney, 1996). Además de que en condiciones

adversas de humedad se reflejan en el tejido vegetal con una rápida reducción en la división y elongación celular (Graabe, 1987) resultando en una reducción en el crecimiento de tallos (Kobayashi, et. al. 1993), hojas (Glimour, et. al. 1986) y frutos (García Martínez y Hoden, 1997). Sin embargo, en el tratamiento T4 (75% riego) hubo un tamaño de fruto mayor que cuando las plantas de melón fueron tratadas con los complejos, lo que parece indicar que ninguno de los quitosanos presentes en el complejo tuvo efecto positivo en el tamaño de fruto del melón.

4.4 Firmeza del Fruto

Los resultados para la variable en determinación de firmeza muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo muestran las siguientes tendencias.

El tratamiento T2 (Q de PM= 200,000 y riego al 100%) obtuvo mayor firmeza en los frutos con un valor de 3.990 Kg/cm³. Seguido con el tratamiento T5 (PM= 200,000 riego al 75%) con un valor de 3.955 Kg/cm³ y el tratamiento T4 (Testigo y riego al 75%) con un valor de 3.733 Kg/cm³. El tratamiento T1 (200,000 y riego al 100%) muestra el valor más bajo siendo este de 2.555 Kg/cm³.

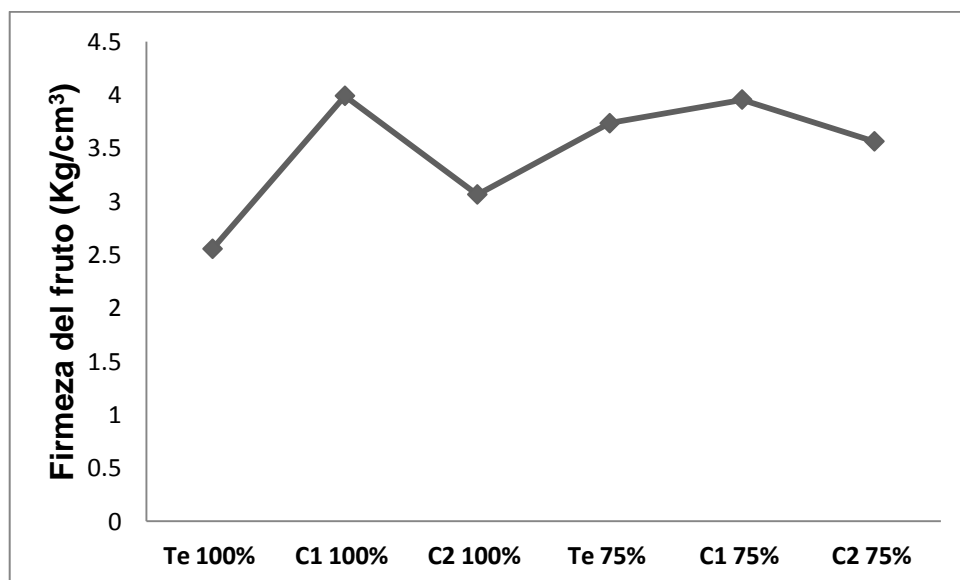


Figura 6. Firmeza de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico- quitosan con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.- testigo, C1.- complejo 1 y C2.- complejo 2.

Esto pudo haber sido provocado por el mismo efecto de la enfermedad y la aplicación del complejo 1 (200,000) ya que al tener el estrés biótico causado por la cenicilla polvorienta y a que el quitosan provoca el endurecimiento o fortalecimiento de la paredes celulares en el fruto (Rabea, *et al.* 2003)

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 no coincide con los resultados encontrados en el experimento para el caso de esta variable debido a que los tratamientos con restricción de agua se encuentran en niveles similares a los tratamientos en donde no se les restringió el agua.

4.5 Sólidos Solubles Totales (° Brix)

Los °Brix medidos a los frutos, no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente el tratamiento T5 (Q de PM= 200,000 riego al 75%) muestra el mayor contenido de °Brix con un valor de 11.225 °Brix, seguido el T4(testigo y riego al 75%) con un valor de 11.075 °Brix. El tratamiento que mostro el más bajo contenido de °Brix fue el tratamiento T3 (Q de PM= 8,000 y riego al 100%) con un valor de 8.125 °Brix. Estos resultados no coinciden con Pérez (2012) quien encontró un incremento en el contenido de ° Brix cuando aplica solamente el Q de PM= 8,000 obteniendo un valor de 14.75 °Brix; por lo que parece influir la presencia del PAA que forma parte del complejo que se aplico (Complejo 2).

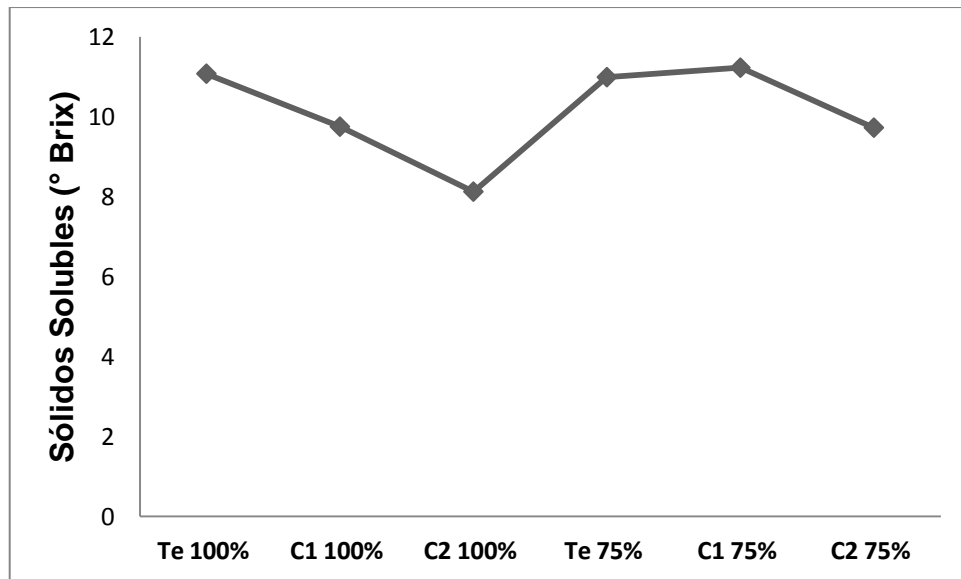


Figura 7. Contenido de SST (°Brix) de frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.

El resultado obtenido para esta variable pudo haber sido causado por la restricción de agua que provocó que los tratamientos T4, T5, en la etapa de maduración concentrara mayor cantidad de SST (° Brix). (Valadez, 1994).

Las normas federales que especifican un mínimo de 11% de sólidos solubles (CCI). Por lo que para esta variable los valores obtenidos con las aplicaciones de los complejos se encuentran en promedio por debajo de los 11 °Brix.

4.6 pH de frutos

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de PH no muestran diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente el tratamiento T1 (Testigo y riego al 100%) mostro un pH de 9 siendo este el valor más alto. El valor más bajo lo mostro el tratamiento 2 con la aplicación del complejo 1 y sin restricción de agua con un valor de 8.6250.

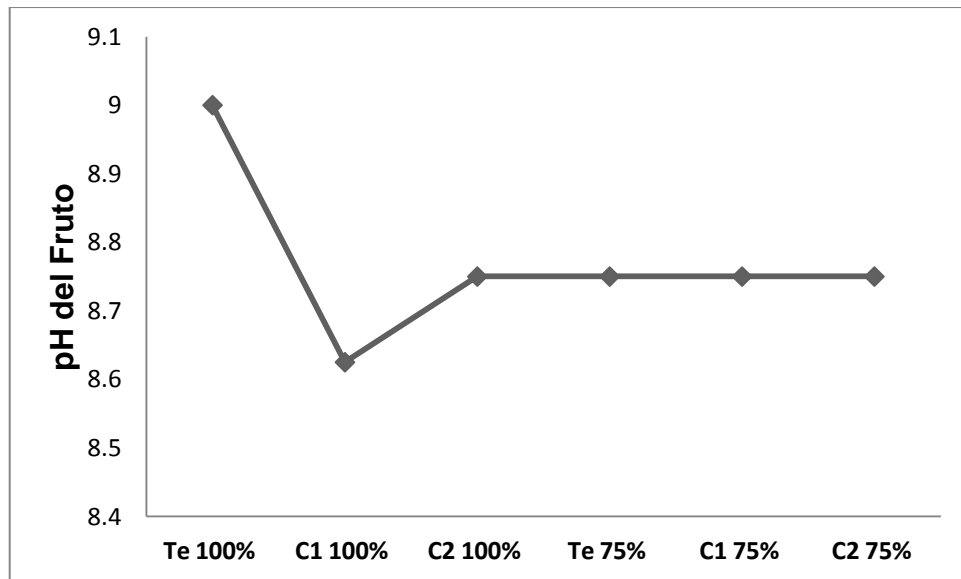


Figura 8. pH de los frutos de melón tratados con complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares aplicados vía foliar y con dos niveles de riego. Te.-testigo, C1.-complejo 1 y C2.-complejo 2.

Los resultados encontrados podrían tener relación con el contenido de °Brix encontrados en los frutos ya que a medida que avanza el estado de madurez el almidón presente en los frutos inmaduros se convierte en azúcar mejorando las características organolépticas (Núñez, et al. 2002) se nivela el crecimiento y ocurre un aumento gradual de los SST, junto con una rápida disminución de la acidez total (AT) presente en los frutos inmaduros (Reuther y col, 1969; Davies y Albrigo, 1994).

En las condiciones de sequía que atraviesa la zona melonera del estado de Coahuila y las demás entidades federativas del norte de la república, la experimentación y observación del comportamiento de estos complejos de quitosán podrían ser una alternativa para incrementar la tolerancia al estrés hídrico en el cultivo del melón.

V. CONCLUSIONES

- Al aplicar foliarmente el complejo 1 con quitosán de PM=200,000 y riego al 100% aumenta el diámetro polar, el diámetro ecuatorial y la firmeza de los frutos.
- El peso fresco de los frutos, sólidos solubles totales (°Brix) y el pH del fruto no aumentan o mejoran al aplicar los complejos 1 y 2 ya que los valores estuvieron por debajo del testigo.
- La mayoría de las variables medidas son mejoradas al aplicar foliarmente el complejo de poliácido acrílico-quitosán de PM= 200,000, lo que indica que el peso molecular del quitosán si es determinante en el efecto que provoca al aplicarlo a las plantas de melón con y sin restricción de agua.

VI. LITERATURA CITADA

- Azcon- Bieto, J., Talon, M. (2008) Fundamentos de fisiología vegetal. Capitulo 29: Fisiología de las plantas y el estrés (2nd ed.) Interamericana – McGraw Hill, Madrid, pp. 577-579.
- 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. Castellon de la plana, junio del 2010.
- ASERCA, 2000. El Melón Mexicano; Ejemplo de Tecnología Aplicada. Revista *Claridades Agropecuarias* # 84. México, D.F
- Blancard, D., Lecoq, H. y Pitrat, M. 2000. Enfermedades de las Cucurbitáceas. Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España.
- Benavides M. A. 2002. Ecofisiología y bioquímica del estrés de las plantas Ed. UAAAN. Buenavista Saltillo, México. Pp220.
- Benavides-Mendoza, A., H. Ortega Ortiz, A. Flores Olivas, H. Ramírez Rodríguez, L. Fuentes Lara, J. Hernández Dávila y V. Robledo Torres. 2004. Complejos de poliácido acrílico- quitosán como inductores de tolerancia al estrés en tomate, lechuga y cebolla. *Agrofaz* 4: 599-605.
- Benavides-Mendoza, A., J. Romero-García, A. S. Ledesma-Pérez, J. M. Raygoza-Castro. 2001. La aplicación foliar de quitosano en acido acético aumenta la biomasa de la lechuga. *Biotam Nueva Serie* 12(3):1-6.
- Benavides-Mendoza, A.; Burgos-Limon, D.; Ortega-Ortiz, H.; Ramírez 2007, H. El acido benzoico y poliácido acrílico-quitosan en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana*, Vol. 25(3), 1-8.
- Benavides, M. A. 2002. Eco fisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. UAAAN. México. 1^a Edición. p. 32

- Blum, A. (1988) *Plan Breeding for Stress Environments*. CRC Press, Florida, p.223.
- Ceccarelli, S. (1989) Wide adaptation: How wide? *Euphytica* 40: 197- 205.
- Cornejo-Oviedo, E.: 2002, "Factores ambientales que originan el estrés. Ecofisiología y química del estrés en plantas", Departamento de agricultura/UAAAN,.
- Conde, Mónica. 2007. Las promesas de la quitina. El segundo polímero natural más abundante. *Revista ambiente Plástico*. www.ambienteplastico.com
- CONAZA: *Plan de acción para combatir la desertificación en México*, Sedesol-FAO, 1a. ed., 1994, p. 110.
- Cuellar D. G.; F. Montes; R. Vázquez y E. Olivares. 1997." Tipo de siembra y acolchado en el establecimiento, Crecimiento, producción y calidad del melón." *Ciencias agropecuarias FAUANL*. 7 (2) 23-32. Ediciones. Santiago, Chile.117 p.
- Cruz A, Rivero D, Martínez B, Ramírez MA, Rodríguez AT. 2004. Efecto de la quitosana sobre el crecimiento y desarrollo *in vitro* de *Sarocladium oryzae* Sawada. *Rev. Protección Vegetal*; 19(2):133-6.
- Dubery, I. A, L.G. Teodorczuk, A. E. Louw. 2000. Early responses in methyl jasmonato preconditioned cells toward pathogen-derived elicitors. *Mol. Cell Biol. Res. Commun.* 3:105-110.
- Díaz Isabel. Incidencia del orden de los tratamientos ácido y alcalino en la obtención de quitina de conchas de camarón. Trabajo especial de grado para obtener el título de ingeniero Químico, LUZ.2006.
- D.A. Bisognin (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciência Rural*, Volumen 32, Número 5.
- E. Onsoyen, O. Skaugrud, J. Chem., 1990. *Technol. Biotechnology.*, 49, 395 p.

- E. Krístkova, A. Lebada, V. Vinter, O. Blahousek (2003). Genetic resources of the genus *Cucumis* and their morphological description. *Horticultural Science* (Prague), Volumen 30, Número 1.
- FAOSTAT; AgMRC "Melon Profile"; "Burch Farms Lacks Audits, Traceability on Recalled Melons," *Food Safety News*.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO, 2008. Anuarios de Producción. Varios años. Roma, Italia. Pagina Web: www.fao.org.
- Fukusaki, E., Ta Watanabe, Te Watanabe, S. Kajiyama, A. Kobayashi. 1998. Expression analysis of a gene family in French bean (*Phaseolus vulgaris*) induced by carbohydrate elicitor.
- F. Ribas, M.J. Cabello, M.M. Moreno, A. Moreno, L. López- Bellido. 2000. Respuesta Fisiológica De Un Cultivo De Melon (*Cucumis melo* L.) A Distintas Dosis de Riego. Cent. De mej. Agr. El chaparrillo. Serv. De investigación y Tec. Agr. Alarcos, 21.13071 Ciudad real.
- Fry. S. C., S. Aldington, P. R. Hetherington, and J. Aitken. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. *Plant Physiol.* 103:1-5.
- Gil, J. A.; Montañó, N.; Khan, L.; Gamboa, A. y Narváez, E. 2000. Efecto de diferentes estrategias de riego en el rendimiento y la calidad de dos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.). *Bioagro* 12(1): 25-30.
- Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi-prensa. Madrid, 206 p.
- Hatfield J.L., Burk J.J., 1991. Energy exchange and leaf temperature behavior of there plant species. *Environmental and Experimental Botany* 31 (3), 295-302.
- Hidalgo L., W. Arguelles, Peniche. 1996. *Rev. Protección Vegetal.* 11 (1): 33.
- Hernández, D.J. 1994. Apuntes de fisiología de hortalizas. UAAAN. Buenavista. Saltillo, Coah. México.

- Hernández L. M., Bautista B. S., Montes B. R., Bravo L. L. y Bosquez M. E. 2001. Evaluación del quitosano y extracto de semilla de papaya en el control de *Colletotrichum gloesporioides* en el fruto de la papaya. Memoria de la Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas, p. 160.
- 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
- 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.
- I.M. El Tahir, M. Taha Y. (2004). Indigenous melons (*Cucumis melo* L.) in Sudan : a review of their genetic resources and prospects for use as sources of disease and insect resistance. *Plant Genetic Resources Newsletter*, Número 138
- IMPPA-AFIPA.2005. Manual Fitosanitario 2006-2007. Santiago, Chile.
- Jolliet O., 1993. Modelling of water uptake, transpiration and humidity in greenhouses, and of their effects on crops. *Acta Hort.* 328, 69-78.
- Janouidi 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.
- J. de J. Espinoza Arellano, M. G. López Robledo y J. Ruiz Torres., 2010. Factibilidad técnica y económica del establecimiento del cultivo del melón con riego por goteo en el municipio de mapimí, Durango, México. *Rev. Chap.* Vol.9. Núm. 2.91-97.
- Kabanov, V. A. and A. B. Zezin. 1984. Soluble interpolymeric complexes as a new class of synthetic polyelectrolytes. *Pure Appl. Chem.* 56: 343-354.
- Kabanov, V. A., A. B. Zezin, V. A. Kasaikin, A. A. Yaroslavov, and D. A. Topchiev. 1991. Polyelectrolytes for ecology. *Usp. Khim.* 60: 595-601.

- Kramer, P.J.: "Drought Tolerance and Water Efficiency", en: *Water Relations of Plants*, Nueva York, *Academy Press*, 1983, pp. 390-415 p.
- 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.
- Larcher, W.: *Physiological plant Ecology*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlang, 1995, p. 506.
- Larez, Cristóbal. 19 de Noviembre 2008. "Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica". UDO Agrícola, pág. 1-22. Venezuela.
- Leñado, F. 1978. Hortalizas de fruto ¿Cómo? ¿cuánto? ¿dónde?. Manual de cultivo maduro. Traducción del suizo. Editorial Vecchi. Barcelona, España.
- Hernández, D.J. 1994. Apuntes de fisiología de hortalizas. UAAAN. Buenavista, Saltillo coah. México.
- 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 *Commelina communis*. *Plant Physiol.* 121:147-152.
- Larez Cristóbal. 2003. Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. *Revista Iberoamericana de polímeros* Volumen 4 (2) 91-109.
- Mavarez, O. 1997. Necesidades hídricas de los cultivos sembrados en el Valle de Quíbor. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. p. 14.
- 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.

- 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., Diaz 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.27, numero 002. *Sociedad mexicana de fitogenetica*, A. C. Chapingo, Mexico. Pp. 201-209.
- Marmol Zulay, Gutiérrez Edixon, Páez Gisela, Ferrer José, Rincón Marisela. 2004. Des acetilación termoalcalina de quitina en conchas de camarón. *Rev. Multiciencias*. Vol.4, N° 2. 91-95.
- Martínez. G, M. Sánchez-Chávez y E.L. Madruga. 1999. Preparación y aplicación de poliácidos acrílicos y poliacrimidas. *Rev. De plásticos Modernos*, Vol.77 Numero 513.
- Marco, M.H.1969. El melón. Economía, producción y comercialización. Traducción del Francés. Editorial acriba. Zaragoza.
- Maroto. B.J.V.1989.Horticultura herbácea y especial. Ediciones Mundi-prensa. Tercera edición revisado y ampliado impreso en España.
- Onsoyen, E. and O. Skaugrud. 1990. Metal recovery using chitosan. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 49:395-404.
- 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.
- 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.

- 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
- Ortega, O. H., Benavides, M. A., Ramírez, H., Mendoza, V. R., Hernández, DJ., Robledo, T.V. 2003 a. Respuesta morfológica y bioquímica del *Agave tequilana* a la fertilización con diferentes balances Na/K y aplicación de inductores de tolerancia. Memoria de la XV semana internacional de agronomía. FAZ-UJED. pp. 606-611.
- Pugnaire, F.; L.S. Endolz y J. Pardos: *Constrains by water stress on plant growth*. In. *Handbook of plant and crop stres*, Nueva York, Basel, Honk Kong, M. Pasarakli, ed., Marcel Dekker, Inc., 1994.
- Purser, J.1993. Usin plastics Mulch and Row Covers to produce Vegetables in Alaska. *Plasticultures*. Pp.11-13
- Pastori, G. M. and C. H. Foyer. 2002. Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of “redox” and abscisic acid-mediated controls. *Plant Physiol*. 129:460-468.
- Pérez, D.E. 2012. Aplicación de oligómeros de Quitosan con diferente Peso Molecular en el Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.) Bajo restricción Hídrica. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Pergushov D.V., V.A. Izumrudov, A.B. Zezin and V.A. Kabanov.1996. Third International Conference in Intelligent Materials and Third European Conference on Smart Structures and Materials. Lyon, France.
- Pearcy R.W., Schulze E.D., Zimmermann R., 1991. Measurement of transpiration and leaf conductance. *Plant physiol. Ecol.* Ed. Chapman and Hall, 457 pp.
- Ryals, J.S. Uknes, and E. Ward. 1994. Systemic acquired resistance. *Plant Physiol*.104:1109-1112.Fry. S. C., S. Aldington, P. R. Hetherington, and J. Aitken. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. *Plant Physiol*. 103:1-5.

- Rayón, E., S. Alonso, D. Ramírez, H. Ortega, H. Ramírez, A. Benavides, J. Romero. 2001. Aplicación de un complejo de poliácido acrílico y quitosan para modificar las respuestas al estrés de plantas. Memorias del Primer Congreso Estudiantil de Polímeros y Especialidades Químicas Relacionadas. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, México del 1 al 5 de octubre del 2001
- Ramones, E., Páez, G.: Marmol, Z.; Ferrer, J.; M. Rincón. 1997. Producción de Quitinasa extracelular de *serratia marcescens* QMB1466 utilizando quitina del desecho de conchas de camarones. *Revista Técnica de la Facultad de ingeniería*, Univ. Zulia, Vol.20, N°3, 215-222.
- Rabea, E.I., Badawy, M. Stevens, C V., Smaggehe, guy. And Steurbaut, W.2003. Chitosanan antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*. 4, 1457-1465.
- Rathke T. D., S. M. Hudson. 1994. Review of chitin and chitosan as fiber and film formers. *Rev. Makromol. Chem. Phys.* 34C (3): 375.
- Rodríguez, J., D. y Matus, F. 2001. La fertilización de los cultivos. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 117 p.
- Roughan, P. G., R. Holland, and C.R. Slack. 1979. Acetate is the preferred substrate for long-chain fatty acid synthesis in isolated spinach chloroplasts. *Biochem. J.* 184:565-569.
- Roller, S., and N. Covill. 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *Int. J. Food Microbiol.* 47:67-77.
- Rodríguez. J, Pinochet, D. y Matus, F. 2001. La fertilización de los cultivos. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 117 p.
- Roby, D., A. Gadelle, A. Toppan. 1987. Chitin oligosaccharides as elicitors of chitinase activity in melon plants. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 143:885-892.
- Steiner, A.A., 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. *International Society for Soilless Culture (ISOSC)*. Proceedings Fifth

- International Congress on Soilless Culture, Wageningen, The Netherlands. 83-96.
- Saito H. and R. Tabeta. 1987, Resolution Solid-Satte CNMR Study of Chitosan and Its Salts with Acids: Conformation Characterization of Polymorphs and Helical Structures as Viewed From the Conformation-Dependent Chemicals Shifts. *Macromolecules*. 20:2424
- Salvador L., S. Miranda, N. Aragón, V. Lara 1999. Recubrimiento de quitosan en aguacate. *Rev. De la sociedad Química de México*. 43:18-23 (1)
- Servicio de Información Y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) SAGARPA. 2008. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. México, D.F.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA-Laguna. 2008. Delegación Federal en la Comarca Lagunera. Anuarios Estadísticos 1980-2007.
- Sistema Producto Melón Región Lagunera, 2005. Diagnostico. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (Siap). 2012. <http://www.siap.gob.mx>
- Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterraneo en un mundo cambiante. Paginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Noriega Editores. México, D.F.
- Valadez, A. 1994. Producción de Hortalizas. Uthea, Noriega Editores D.F. Mexico.298 p.
- Y. Lemus I., J.C. Hernández S. (2003). Situación actual del mejoramiento genético del melón para la resistencia al Mildiu pulverulento de las cucurbitáceas. *Temas de ciencia y tecnología*, Volumen 7, Número 19.

Zabaleta, M. 1999. *Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas terra latinoamericana*, 17(3), 201-207.

Zapata, M., Cabrera, P., Bañón, S., Roth, P. 1989. El Melón. Ediciones Mundi-Prensa. 174 p. España.

Zapata N. M.; P. Cabrera F.; S. Bañón A.;P. Roth M. 1989. El melón, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p.48

Páginas de internet consultadas.

Internet 1. <http://apps.fao.org/faostat> Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional del melón. (13/03/2013. 12:08 pm.).

Internet 2.

http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/melon/P_CONS.pdf (13/03/2013. 5:32 pm.)

Internet 3. Sistema Producto Melón Región Lagunera, 2005. Diagnostico. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea:

http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/MelIn/Attachments/6/pr_rl.pdf (13/03/2013 6:14 pm).

Internet 4. Inifap- Chihuahua

<http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=browse&id=932659&pageid=55> (23/03/ 2013. 2:34 pm).

Internet 5. <http://www.google.com/earth/index.html> (8/04/2013 12:16 pm.).

Internet 6. <http://www.sakata.com.mx/es/oro-duro.html> (8/04/2013. 11:45 am).

VIII. APENDICE

Tabla 1. Comparación de medias de la variable Peso de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Tratamiento	Media	Nivel de significancia
1	611.25	A
2	577.72	A
3	608.70	A
4	645.07	A
5	557.46	A
6	542.80	A

Comparación de por el método de Duncan. Medias con la misma literal no son significativamente diferentes.

Tabla 2. Comparación de medias de la variable Diámetro polar de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de

Tratamiento	Media	Nivel de significancia
1	11.825	A
2	15.948	A,B
3	11.375	A,B
4	13.8	A,B
5	13.475	A,B
6	12.425	A,B

poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Comparación de medias por el método de Duncan. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 3. Comparación de medias de la variable Diámetro Ecuatorial de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Tratamiento	Media	Nivel de significancia
1	12.7075	A
2	12.9	A
3	11.7	A
4	12.725	A
5	12.625	A
6	12.225	A

Comparación de medias por el método de Duncan, medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 4. Comparación de medias de la variable Firmeza de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Tratamiento	Medias	Nivel de Significancia
1	11.075	A
2	9.75	A,B
3	8.125	A,B
4	10.988	A,B
5	11.225	A,B
6	9.725	A,B

Agrupamiento de las medias para la variable Firmeza en los frutos de melón mediante comparación de medias por Duncan, medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 5. Comparación de medias de la variable SST (° Brix) de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Tratamiento	Media	Nivel de significancia
1	2.555	A
2	3.999	A
3	3.065	A
4	3.733	A
5	3.955	A
6	3.563	A

Comparación de medias por el método de Duncan, medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 6. Comparación de medias de la variable pH de los frutos, en el cultivo del melón mediante aplicaciones foliares de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Tratamiento	Media	Nivel de significancia
1	9	A
2	8.625	A
3	8.75	A
4	8.75	A
5	8.75	A
6	8.75	A

Comparación de medias por el método de Duncan, medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 7. Análisis de varianza de la variable peso de frutos de melón (*Cucumis melo* L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F- Valor	Pr > F
Modelo	9	15.27651667	1.69739074	0.80	0.6225
Error	14	29.67141667	2.11938690		
Total correcto	23	44.94793333			

Coef Var **PES Media**
 16.15735 590.4971

Tabla 8. Análisis de varianza de la variable diámetro polar de frutos de melón (*Cucumis melo* L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F-Valor	Pr- F
Modelo	9	60.348708	6.7053190	1.26	0.3364
Error	14	74.4533917	5.3180994		
Total correcto	23	134.8012625			

Coef Var **DIP Media**
 17.54856 13.14125

Tabla 9. Análisis de varianza de la variable diámetro Ecuatorial de frutos de melón (*Cucumis melo* L.) tratados con oligómeros de quitosan de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F- Valor	Pr- F
Modelo	9	110302.0423	12255.7825	1.35	0.2980
Error	14	127439.4806	9102.8200		
Total correcto	23	237741.5229			

Coef Var **DIE Media**
 10.83492 12.48042

Tabla 10. Análisis de varianza de la variable Firmeza de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F- Valor	Pr > F
Modelo	9	12.37383750	1.37487083	0.75	0.6598
Error	14	25.59985833	1.82856131		
Total correcto	23	37.97369583			

Coef Var FIR Media
41.87377 3.476667

Tabla 11. Análisis de varianza de la variable SST (° Brix) de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F- Valor	Pr > F
Modelo	9	44.77927083	4.97547454	1.77	0.1632
Error	14	39.35812500	2.81129464		
Total correcto	23	84.13739583			

Coef Var BX Media
16.52252 10.14792

Tabla 12. Análisis de varianza de la variable pH de frutos de melón (Cucumis melo L.) tratados con oligómeros de quitosán de diferente peso molecular mediante aplicación foliar de complejos de poliácido acrílico-quitosán con dos diferentes pesos moleculares.

Fuente	DF	SC	CM	F- Valor	Pr > F
Modelo	9	2.42708333	0.26967593	1.47	0.2487
Error	14	2.56250000	0.18303571		
Total correcto	23	4.98958333			

Coef Var pH Media
4.877834 8.770833