

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Estudio del quitosán como posible inductor del crecimiento y
rendimiento de melón

Por:

Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Estudio del quitosán como posible inductor del crecimiento y
rendimiento de melón

Por:
Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

TESIS

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

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Aprobada

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Asesor Principal

Dr. Luis Ibarra Jiménez
Asesor Externo

Dra. Hortensia Ortega Ortiz
Sinodal

M.C. María Elizabeth Galindo Cepeda
Sinodal

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 2008

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme dado la capacidad y la sabiduría para terminar mi carrera.

A mi "**Alma Terra Mater**" por haberme formado profesionalmente.

A **todos mis maestros de la Universidad**, a quienes agradezco infinitamente por transmitirme sus conocimientos y experiencias que son la base de mi formación profesional.

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)** por haberme abierto sus puertas y el apoyo económico para la realización de mi tesis.

Al **Dr. Luis Ibarra Jiménez**, por todo el apoyo brindado al facilitarme los medios para realizar el trabajo de investigación, además de brindarme todo su apoyo, conocimientos y su amistad incondicionalmente que me ha brindado siempre. Muchas gracias.

Al **Dr. Víctor Manuel Reyes Salas**, por su valiosísima amistad y apoyo que siempre me ha brindado incondicionalmente tanto hacia mi persona como a los amigos de generación. Además de compartir sus conocimientos y experiencias con nosotros.

A la **M.C. Elizabeth Galindo Cepeda**, por su valiosísima colaboración, disposición y cooperación para formar parte del comité de asesoría.

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

Al **M.C. Eduardo Alfonso Treviño López**, por su valioso apoyo en el campo para poder llevar a cabo el experimento.

DEDICATORIAS

A mis padres **Imelda Melgoza López y Alfredo Gordillo Utrilla** Por darme la vida, por quererme, apoyarme, por confiar en mí y sobre todo amor y afecto que siempre me han dado. Gracias por ser mis padres.

A mis hermanos, **María Cecilia, Rosa, Héctor Alfredo, Imelda y Lourdes**. Por la comprensión, apoyo económico y moral que siempre me han brindado para poder concluir mis estudios y formación profesional.

A mis sobrinos, **Raúl, Oscar, Enrique, Rafael, América**. La alegría de la familia.

A mi cuñado, **Oscar Gutiérrez** Por su apoyo moral y económico para terminar mis estudios profesionales.

En especial a **María Concepción Zamora Cifuentes**, por traer tranquilidad, paz, dicha a mi vida y darme su cariño, comprensión sinceridad, apoyo, confianza, honestidad y sobretodo de haberme soportado, **gracias Conchi** por ser como eres.

A la **Sra. Ernestina Solís Rangel**, Por sus sabios consejos que me sirvieron en mi estancia en la universidad.

A mis amigos que compartieron mi estancia en Saltillo y la Universidad, **Héctor Juan Velázquez Gabriel, William Alexander Escalante Pérez, Oscar Munive Martínez, Ramiro Rodríguez Hernández, David Miceli Rincón, Lucerito Carrasco, Maritza Azucena García González**.

A todos que de alguna u otra forma participaron gracias.

De todos los animales de la creación, el hombre es el único que bebe sin tener sed, come sin tener hambre y habla sin tener nada que decir. Por eso es mejor forjar el alma que amueblarla.

Autor: *Txus*

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen	4
Clasificación taxonómica	4
Requerimientos edafoclimáticos	5
Acolchado plástico	5
Acolchado negro	6
Concepto de enfermedad	6
Mildiu de las cucurbitáceas (<i>Pseudoperonospora cubensis</i> Berk & Curt)	6
Interrelación entre los nemátodos y otros fitopatógenos	7
Cubiertas epidermales	7
Quitosán	8
Actividad antimicrobiana del quitosán	9
Mecanismo	9
Factores que afectan la actividad antimicrobiana	9
Peso molecular	10
Determinación del peso molecular	10
Grado de desacetilación (GD)	11
pH	11
Aplicación en la agricultura	12
Análisis de crecimiento	14
Parámetros del análisis de crecimiento	15
Antecedentes del empleo de la técnica de análisis de crecimiento	16

III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
Localización del experimento	18
Experimento 1. Quitosán aplicado a la semilla de melón bajo condiciones de invernadero	18
Metodología para el experimento 1	18
Preparación de las charolas	18
Preparación del quitosán	18
Siembra	19
Riego	19
Parámetros evaluados con quitosán aplicado a la semilla de melón bajo condiciones de invernadero.	19
Peso seco de raíz, tallo, hoja y planta	20
Experimento 2. Tratamientos de quitosán más fungicidas en plantas de melón a campo abierto	20
Metodología para el experimento 2	20
Preparación del terreno	20
Perforación del plástico	21
Siembra	21
Trasplante	21
Riego	21
Aplicación de los tratamientos	21
Preparación del quitosán	21
Labores culturales	22
Fertilización	22
Control de plagas y enfermedades presentes	23
Parámetros evaluados en el experimento a campo abierto	24
Área foliar	24
Peso seco de tallo, hoja y planta	24
Rendimiento	25
Análisis de crecimiento	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26

Experimento 1. Efecto del quitosán aplicado a la semilla en plántulas de melón bajo condiciones de invernadero	26
Peso seco de la raíz	26
Peso seco del tallo	27
Peso seco de la hoja	27
Peso seco de planta	28
Experimento2. Efecto de las aplicaciones de quitosán más fungicida a campo abierto.	29
Área foliar	29
Peso seco del tallo	30
Peso seco de la hoja	31
Peso seco de la planta	32
Análisis de crecimiento	33
Tasa de asimilación neta (TAN)	33
Tasa relativa de crecimiento (TRC)	35
Rendimiento	36
V. CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA	39
APÉNDICE	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
2.1	Quitosán natural contra hongos	13
3.1	Tratamientos de semillas de melón con quitosán en condiciones de invernadero.	18
3.2	Aplicación de tratamientos fungicida más quitosán en diferentes dosis.	22
3.3	Fertilización complementaria, foliar y vía riego.	23
3.4	Tipos de insecticidas comerciales aplicados.	23
3.5	Tipos de nematocidas utilizados.	24
4.1	Acumulación de peso seco de raíz en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.	26
4.2	Acumulación de peso seco de tallo en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.	27
4.3	Acumulación de peso seco de la hoja en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.	28
4.4	Acumulación de peso seco en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.	29
4.5	Acumulación de área foliar en plantas de melón por efecto de la aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.	30
4.6	Acumulación de peso seco de tallo en plantas de melón por efecto de la aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.	31
4.7	Acumulación de peso seco de hoja en plantas de melón por efecto de aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.	31
4.8	Acumulación de peso seco en plantas de melón por efecto de aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.	32
4.9	Tasa de asimilación neta en el cultivo de melón. CIQA 2007.	34
4.10	Tasa relativa de crecimiento en el cultivo de melón. CIQA 2007.	36
4.11	Comparación de medias del rendimiento de melón. CIQA 2007.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
2.1	Estructura del quitosán.	9
3.1	Medidor de área foliar (LI-COR, modelo LI -3100).	24
4.1	Peso seco de la planta en cuatro fechas de evaluación. CIQA 2007.	29
4.2	Tasa de asimilación neta de los diferentes tratamientos.	35
4.3	Tasa relativa de crecimiento de los diferentes tratamientos.	35

RESUMEN

En México, el melón es una hortaliza importante, ya que es el tercer producto agrícola en captación de divisas por exportación, además de que es generadora de empleos. Las aplicaciones agrícolas de la quitina y de sus derivados está en las áreas siguientes: bioestimulación del crecimiento vegetal; protección de la planta contra hongos, bacterias y virus; y protección favorable en poscosecha.

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada, en el cultivo de melón híbrido Cruiser F₁, se realizaron dos experimentos: Experimento 1. Efecto del quitosán en la semilla de melón influye en el crecimiento en plántula bajo condiciones de invernadero con diferentes concentraciones en ppm: 1250 Q, 1000 Q, 750 Q, 500 Q, 250 Q y Testigo. Se uso un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron peso seco de raíz, tallo, hoja y planta. El quitosán de 250 Q originó los mayores valores de peso seco por planta lo que indica que el quitosán tiene un efecto positivo en la inducción del crecimiento, pero después de que ha pasado el estado óptimo de trasplante. En el Experimento 2 se estudió el efecto del quitosán como promotor de crecimiento y rendimiento, además se examinó la aplicación de diferentes concentraciones de quitosán con fungicidas en diferentes dosis para controlar el mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt) en melón, bajo condiciones de campo abierto. Los tratamientos fueron fungicidas más quitosán en porcentajes de 100% Quitosán (100Q), 100% Fungicida (F), 75F25Q, 50Q50F y Testigo. Se uso un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El quitosán indujo el crecimiento del área foliar, el peso seco de tallo, de hoja y de planta obteniéndose los mayores valores con el tratamiento 50F50Q, parece ser que a concentraciones por arriba o por debajo de la indicada de quitosán no tienen un efecto positivo. El tratamiento de quitosán 100Q presentó el mayor rendimiento por planta respecto al resto de los tratamientos.

En este trabajo se encontró que, no fue posible el control de mildiu de las cucurbitáceas mediante la aplicación de quitosán de peso molecular alto a las concentraciones estudiadas.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del melón a nivel mundial se expresa en la cosecha de un poco más de un millón 150 mil hectáreas y la producción se estima en aproximadamente 21 millones de toneladas. China y Turquía lideran actualmente la producción internacional. México en 2003 se sembraron 30 mil ha y una cosecha superior a las 500 mil toneladas (Sagarpa, 2003).

Actualmente el melón mexicano ha tomado mucha importancia en el mercado internacional por su calidad. Este producto hortícola se sitúa como el tercer producto agropecuario en la captación de divisas por exportación. Una ventaja competitiva para nuestro país, es que la cosecha del melón se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado debido a su ubicación geográfica. Además, México es el proveedor más importante de Estados Unidos.

De gran importancia económica es la utilización de una gran cantidad de mano de obra en las regiones donde se desarrolla el cultivo, principalmente en la cosecha, ya que los cortes se realizan cada dos a tres días y aún diariamente durante la época cálida, posteriormente le prosigue el traslado, la clasificación y el empaque.

Las principales regiones productoras de melón en México, se concentran, en el caso de Michoacán en los municipios de Nueva Italia, El Aguaje, Pucután, Las Cruces y Tepalcatepec; en Sonora en la Costa de Hermosillo; en Jalisco en el Distrito de Tomatlán, en Colima en Ixtlahuacán y en Durango y Coahuila en la Comarca Lagunera (Sagarpa, 2003).

Por lo tanto en la búsqueda de un mayor o igual rendimiento a lo que actualmente se ha obtenido con un promedio entre 25 – 30 ton/ha, con el uso de fertilizantes, con las nuevas utilizaciones de polímeros de origen orgánico,

como el quitosán recientemente utilizados para estimular el crecimiento de la planta, así como también aplicaciones en plántulas para que este se desarrolle con mayor vigor y que pueda resistir las condiciones de estrés que será sometido al momento del trasplante.

El uso indiscriminado de fungicidas químicos ha propiciado que patógenos sean más resistentes y a su vez se necesiten mayor número de aplicaciones para su control, pero con las nuevas tendencias de inocuidad alimentaría para la exportación y además no solo para este apartado si no que también para el consumo nacional, con el uso de polímeros orgánicos a base de quitosán como fungicida, este es una de las alternativas de muchas que se conocen para el control y prevención de enfermedades del melón, además de un bajo costo.

Objetivo

Examinar si la aplicación de diferentes concentraciones de quitosán mas fungicidas en diferentes dosis controla el mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt), en melón (*Cucumis melo* L.). Híbrido Cruiser F₁.

Determinar el efecto del quitosán como promotor de crecimiento, así como también sobre el rendimiento del melón.

Determinar si la aplicación de diferentes concentraciones de quitosán en la semilla de melón influye en el crecimiento de la plántula.

Hipótesis

La aplicación de quitosán controla el mildiu (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt) en melón.

El uso de quitosán es promotor de crecimiento, así como también en el rendimiento del melón en campo abierto.

El uso de quitosán promueve el crecimiento en plántulas de melón en invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El centro principal de desarrollo del melón fue Persia (Irán) y áreas adyacentes, y de ahí pasó al Cáucaso, originándose un centro secundario incluyendo el noreste de la India y Afganistán (Aggie Horticultura, 2000).

El supuesto registro del melón se remota a un cuadro egipcio alrededor del 2400 A. C. en una ilustración de ofrendas funerarias de ese tiempo aparece una fruta que algunos expertos han identificado como melón (Aggie Horticultura, 2000).

Los primeros frutos de melón aparecieron en el año 1500 A. C. en las cortes de los faraones egipcios y según las crónicas de esa época provenían de las regiones irrigadas del norte de África y de Asia donde se cultivaban rústicamente. Desde estas tierras cálidas, los cultivares de melón se extendieron hacia el oriente y después al continente europeo, y fue hasta el año 1500 D. C. cuando el melón fue traído a América para cultivarse en las costas tropicales de México, Guatemala y Honduras (Martí-Fernández, 1997).

Clasificación taxonómica

Según USDA (2004), el melón (*Cucumis melo* L.) taxonómicamente se puede clasificar de la forma siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Cotiledóneas)

Subclase: Dilleniidae

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucumis*

Especie: *melo*

Requerimientos edafoclimáticos

El melón se adapta a una gran gama de tipos de suelos, sin embargo, prefiere los de textura areno-arcillosa, con buena fertilidad, con un buen contenido de materia orgánica, bien drenados y con pH entre 5.8 y 7.2. Aunque tolera suelos ligeramente calcáreos (Sabori *et al.*, 1998).

El melón requiere calor para su desarrollo. Las temperaturas para su desarrollo deben oscilar entre 18 a 25 °C como óptimas, 32 °C como máxima y 10 °C como mínima.

El melón requiere para su óptimo desarrollo: temperatura alta, baja humedad relativa y suficiente agua en los períodos de mayor crecimiento y durante la maduración de los frutos (García, 1994; Valadez, 1994).

Acolchado plástico

Permiten cambiar el microclima del cultivo comparados con los cultivos que no tienen acolchados, las variables que se afectan son la temperatura del suelo, cantidad y calidad de luz reflejada desde la superficie de los acolchados (Lamont, 1993).

Hernández (1992) atribuye al acolchado plástico las siguientes características: a) el proceso fotosintético se optimiza debido a una mayor apertura estomática, b) el crecimiento de las plantas se ve favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas, c) la temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general, y d) se promueve la elongación y el crecimiento celular debido a una mayor presión de turgencia en el interior de las células.

Acolchado negro

La opacidad del plástico negro con respecto a algunos valores de radiaciones visibles impide la fotosíntesis de las malas hierbas, provocando que no se desarrollen (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El acolchado plástico negro absorbe el 95%, refleja el 5% y casi no hay transmisión de radiación solar, debido a que la conductividad térmica del suelo es relativamente más alta que la del aire. Una gran proporción de energía absorbida por el plástico negro puede ser transferida al suelo por conducción, si hay un buen contacto entre el plástico y la superficie del suelo (Ramírez, 1996).

El plástico negro, absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta, las longitudes de onda visible e infrarrojos de la radiación solar y reirradia en forma de calor la energía absorbida. El acolchado negro no permite el crecimiento de malezas, no transmite la radiación visible comprendida entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, por lo que no se realiza la fotosíntesis, con la consecuente ausencia de malezas (Ibarra, 1994).

Concepto de enfermedad

Las plantas presentarán enfermedad cuando una o varias funciones sean alteradas por los patógenos o por determinadas condiciones del medio ambiente. Los procesos específicos que caracterizan las enfermedades varían según causal y a veces según la misma planta (Agrios, 1998).

Mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt).

Uno de los factores que limitan su producción es el mildiu de las cucurbitáceas, inducido por *Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt. La enfermedad se manifiesta con manchas café amarillentas irregulares en el haz de las hojas; con el tiempo se tornan color café. En época de lluvias y nublados constantes en el envés, las lesiones son de color oscuro con algodoncillo

ligeramente púrpura. Este parásito presenta micelio cenocítico con haustorios globosos que a veces se ramifican digitadamente, esporangióforos en grupos de uno a cinco ramificados entre dicotómica y monopódicamente. Los esporangios son grises a purpúreos de ovoides a elípticos, papilados, germinan indirectamente y liberan zoosporas biflageladas. *P. cubensis* requiere de altas humedades relativas, así como temperaturas entre 8-30°C con óptimas de 15-27°C, siempre y cuando prevalezcan rocíos y neblinas (Mendoza, 1996).

Interrelación entre los nemátodos y otros fitopatógenos

En la mayoría de los casos se produce una asociación entre los nematodos y algún patógeno. Los nematodos forman entonces parte de un complejo etiológico que da origen a un potencial patogénico combinado mucho mayor que la suma del daño que pueden producir los patógenos por separado.

Se conocen varias interacciones de la enfermedad hongos-nematodos. La marchitez de varias plantas por *Fusarium ssp* aumenta en severidad e incidencia cuando las plantas son infectadas también por los nematodos lesionador, picador, reniforme, barrenador del achaparramiento de las plantas o por el del nódulo de la raíz. También efectos similares en interacciones de la enfermedad que incluyen a los nematodos y a la marchitez por *Verticillium ssp*, el ahogamiento de las plántulas por *Pythium ssp*, la pudrición de la raíz por *Rhizoctonias ssp*, y *Phytophthora ssp*. y en algunos otros casos. En ninguno de estos casos el nematodo transmite el hongo (Agrios, 1998).

Cubiertas epidermales

Se ha demostrado que las características de las superficies de las plantas pueden ser determinantes en la adherencia de las esporas, su germinación, crecimiento del tubo germinativo y penetración en el proceso infectivo de muchas enfermedades fungosas. Mediante la aspersión foliar de polímeros, tales como aceites, ceras, politerpenos, alcoholes y silicones (cubiertas epidermales originalmente utilizadas como antitranspirantes) se

puede interferir en el proceso de penetración, al proteger a los órganos de la planta contra microorganismos invasores y disminuir la severidad de ciertas enfermedades (Ziv y Frederiksen 1983, 1987; Hang, 1990; Zekaria-Oren y Eyal, 1991). Los polímeros, al ser asperjados sobre la superficie, forman una película o membrana continua que permite la difusión de oxígeno y bióxido de carbono pero inhibe el paso del agua, son biodegradables y pueden permanecer intactos hasta por 15 días y no son fácilmente lavados por la lluvia.

Algunos hongos controlados con el uso de estos polímeros son: *Glomerella cingulata*, *Alternaria solani*, *Septoria lycopersici*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Colletotrichum lagenarium*, *Pyricularia oryzae*, *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*, *Peronosclerospora sorghi*, *Colletotrichum gramminicola*, *Eserohilum turcicum* y *Erysiphe cichoracearum* (Ziv y Frederiksen, 1983, 1987; Kamp, 1985; Hang, 1990).

Quitosán

El quitosán es un polisacárido de cadena lineal poco frecuente en la naturaleza y que se obtiene mediante la desacetilación extensiva de la quitina un homopolímero β -(1 \rightarrow 4) enlazado de la N-acetil-D-glucosamina, presente en el exoesqueleto de los crustáceos, moluscos, en la cutícula de los insectos y como constituyente de las paredes celulares de muchos tipos de hongos. La quitina es el segundo polisacárido en abundancia. La quitina es estructuralmente similar a la celulosa en cuanto a su naturaleza de polisacárido.

El método más utilizado para la obtención de quitosán es mediante tratamiento químico que consiste en la desacetilación alcalina de la quitina, y en un medio ácido se produce una fuerte hidrólisis de la cadena de la quitina (Peniche, 2001).

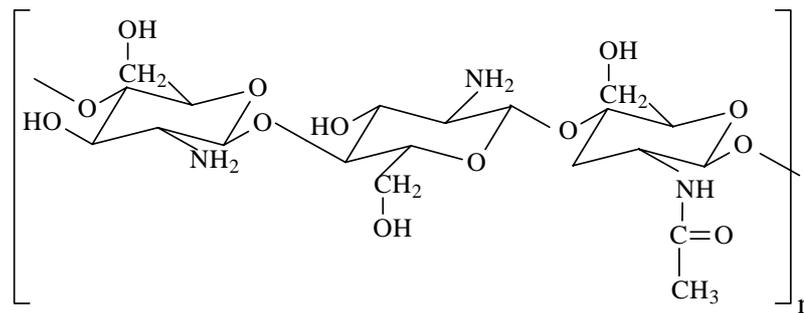


Figura 2.1. Estructura del quitosán.

Actividad antimicrobiana del quitosán

Mecanismo

La actividad antimicrobiana del quitosán contra varias bacterias y hongos es bien conocida, y ha sido reportada por numerosos autores. Esta propiedad es debida a la naturaleza policatiónica del quitosán, facilitando su aplicación en una gran variedad de campos, incluyendo bromatología, agricultura, medicina, farmacia y textiles.

Han sido propuestos diferentes mecanismos para explicar la inhibición microbiana por el quitosán, pero el mecanismo exacto es desconocido. El más aceptado explica la interacción de la carga positiva del quitosán con la carga negativa en la superficie de las células de muchos hongos y bacterias, el cual causa alteraciones extensivas en la superficie celular y altera la permeabilidad celular. Esto causa la filtración de sustancias intracelulares, igual que de electrolitos, proteínas, aminoácidos, glucosa y lactato deshidrogenasa. Como resultado el quitosán inhibe el metabolismo normal de los microorganismos y finalmente lleva a la muerte éstas células (Lim y Hudson, 2003).

Factores que afectan la actividad antimicrobiana

El grado de acción del quitosán como agente antimicrobiano es influenciado por factores intrínsecos y extrínsecos tales como peso molecular, grado de desacetilación, pH, temperatura, etc. Esto es necesario para alcanzar una aplicación efectiva del quitosán como agente antimicrobiano.

- **Peso molecular**

Hirano y Nagao (1989) examinaron la relación entre el grado de polimerización del quitosán y la inhibición del crecimiento de varios fitopatógenos. Observaron que al aumentar el peso molecular del quitosán es mayor el número de hongos inhibidos. La inhibición más fuerte se observó con el quitosán de peso molecular bajo y el más débil fue observada con el quitosán de peso molecular alto. En este caso fue explicado por la dificultad del quitosán de peso molecular alto para difundirse dentro del agar que contiene el organismo probado debido a su viscosidad alta.

Kendra y Hadwiger (1984) examinaron el efecto antifúngico en los oligómeros de quitosán en *Fusarium solani* f. sp. *pisi* y *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Se encontró que la actividad antifúngica aumenta cuando el tamaño del polímero aumenta. Las unidades monoméricas y el dímero no muestran actividad antifúngica a una concentración de 1000 g/ml.

La evaluación de la dependencia de la actividad antimicrobiana solamente con el peso molecular requiere muestras de quitosán de un amplio rango de peso molecular con el mismo grado de desacetilación y la misma distribución de pesos moleculares. Esto es casi imposible obtener porque el quitosán es un polímero natural donde hay variaciones de un lote a otro y las propiedades del quitosán son muy sensibles al grado de desacetilación y a la distribución de pesos moleculares. Por lo cual, es difícil determinar cual es el peso molecular óptimo para obtener la máxima actividad antimicrobiana. La selección del peso molecular del quitosán será dependiente de su aplicación.

Determinación del peso molecular

El peso molecular del quitosán se puede determinar por viscosimetría en un viscosímetro Ubbelohde utilizando un baño de temperatura a 30°C y como disolvente una solución de ácido acético 0.2M/ acetato de sodio 0.1M en el

sistema. Los cálculos de peso molecular se hacen en base a la ecuación de Marck-Houwink:

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

Donde η es la viscosidad intrínseca (viscosidad extrapolada a concentración cero), M es el peso molecular viscosimétrico, k y α son constantes determinadas experimentalmente para el sistema polímero solvente. Para el quitosán se consideraron los valores de $k = 1.81 \times 10^{-3}$ y $\alpha = 0.93$

- **Grado de desacetilación (GD).**

La actividad antimicrobiana del quitosán es directamente proporcional al grado de desacetilación del quitosán (Lim y Hudson, 2003). Al aumentar el GD se incrementa el número de grupos amino en el quitosán. Como resultado, el quitosán tiene un mayor número de grupos amino protonados en un medio ácido y disuelto completamente en agua, lo cual permite que haya mayor interacción entre el quitosán y las cargas negativas de las paredes celulares de los microorganismos.

Uno de los métodos más utilizados para la determinación del grado de desacetilación es el de Domzy a partir del análisis de espectroscopia del infrarrojo. Con este método es posible determinar el grado de desacetilación tomando en cuenta los valores de absorbancia de la banda amida, alrededor de 1650cm^{-1} y comprobándolo con la banda de absorbancia hidroxilo alrededor de 3450cm^{-1} de dicho material, de manera que:

$$\% \text{ N-ácetil} = (A_{1650}/A_{3340})(100/1.33)$$

$$\% \text{ de desacetilación} = 100 - \% \text{ N-acetil}$$

- **pH**

La actividad antimicrobiana del quitosán es fuertemente afectada por el pH. Tsai y Su, (1999) examinaron la actividad antimicrobiana del quitosán (GD 0.98) a diferentes valores de pH y encontraron que la actividad más grande fué

observada a pH 5.0. La actividad disminuye con el aumento del pH y el quitosán tiene poca actividad antibacteriana a pH 9.0. Otros investigadores reportaron que el quitosán no tiene actividad antimicrobiana a pH 7.0 debido a la deprotonación de los grupos amino y a la baja solubilidad en agua a pH 7.0. Este descubrimiento sugiere que la actividad del quitosán proviene de la naturaleza catiónica del quitosán.

Aplicación en la agricultura

Se ha demostrado que el quitosán reduce el crecimiento de un amplio rango de hongos y bacterias, además, induce mecanismos de defensa, tales como la producción de fitoalexinas y aumento en la actividad de quitinasas. Sin embargo, la funcionalidad y la actividad del quitosán dependen de sus características físicas como el peso molecular y el grado de acetilación.

Su uso podría ser una alternativa viable a los métodos de conservación, debido a sus características de biocompatibilidad y biofuncionalidad, aunado a sus propiedades de viscosidad. Además de ser completamente biodegradable y no tóxico (Shahidi *et al.*, 1999).

Se estudio la actividad de quitosán y oligo-quitosán en varias plagas y patógenos. El quitosán fue activo contra lepidópteros e insectos homopteros, la mortalidad fue del 80%. La actividad insecticida del quitosán a *Plutella xylostella* L. fue mayor que a la de *Spodoptera exigua*. La mortalidad de los seis tipos de pulgones fue generalmente del 60-80%, y la más alta fue de 99,7%. Algunas actividades fungicida por oligoquitosán se observó en 12 patógenos de las plantas. El efecto de inhibición de oligoquitosán a patógenos de las plantas se mejoró con el aumento de la concentración oligomérica. La mayor Tasa de inhibición (80%) estaba en contra de *Phomopsis asparagi* (sacc.a) Bubak (95%) y la Tasa de inhibición contra *Fusarium oxysporum* f. (Schl.) Sp. *Cucumernum* Owen, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium oxysporum* (Zhang yTan., 2003).

Experimento realizado con híbrido de tomate (Elpida F₁ menos susceptible) bajo invernadero empleando de manera integrada tres diversas estrategias probadas (híbrido, enmienda del suelo y tratamiento foliar) puede ser altamente eficaz contra el desarrollo del moho polvoriento *Leveillula taurica*. En este caso, la aplicación foliar con un intervalo de siete, el tratamiento de Milsana+quitosán conjuntamente con la enmienda del suelo con quitosán sobre un híbrido menos susceptible, era igualmente eficaz al azufre del control químico (Dafermos *et al.*, 2007).

El quitosán tiene efectos antimicrobianos cuando esta en contacto directo con el microorganismo debido a su acción sistémica, ya que al aplicarlo sobre pedúnculos de tomates fue posible inhibir el desarrollo de *Alternaria alternata* (Readdy *et al.*, 2000).

El quitosán al 1.5% disminuyó hasta en un 75% el desarrollo de *Colletotrichum gloesporioides* en el almacenamiento en papaya (Hernández *et al.*, 2001).

En el Cuadro 2.1 se presentan los resultados de varios autores sobre la concentración mínima inhibitoria de diferentes hongos en quitosán.

Cuadro 2.1. Quitosán natural contra hongos (Liu *et al.*, 2001).

Hongo	MIC (ppm)
<i>Botrytis cinerea</i>	10
<i>Fusarium oxysporum</i>	100
<i>Drechstera sorokiana</i>	10
<i>Micronectriella nivalis</i>	10
<i>Piricularia oryzae</i>	5000
<i>Rhizoctonia solani</i>	1000
<i>Trchophyton equinum</i>	2500

MIC= mínima concentración inhibitoria.

La utilidad de la quitina y de sus derivados en aplicaciones agrícolas está en las áreas siguientes: bioestimulación del crecimiento vegetal; protección de

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

Benavides (2001), aplicó foliarmente en plantas de lechuga a campo abierto preparaciones de quitosán al 0.25% disuelto en ácido acético las plantas presentaron mayor biomasa.

El quitosán promueve el crecimiento de brotes y raíz en el rábano *Raphanus sativus* (Raygoza, 2001). Acelera el tiempo de floración en la pasiflora (*Pasiflora edulis* Sims (Kinai, 1998). El quitosán promueve el crecimiento *in vitro* de callos de repollo *Brassica oleracea* var. Capitata L. (Hirano, 1989).

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

Para algunos productos hortícolas y ornamentales, el quitosán incremento el rendimiento de cosechas (Bautista 2006).

Análisis de crecimiento

Todos los organismos vivos son capaces de aumentar en tamaño, número y diferenciarse en diferentes fases de su vida, cuando las condiciones internas y de medio ambiente son las adecuadas. Estos tres procesos están íntimamente relacionados y el término “crecimiento” puede ser aplicado a cualquiera de ellos o a su conjunto (Quero, 1997).

La definición más precisa de crecimiento consiste en la acumulación de biomasa en términos generales (Brondo, 1997).

El crecimiento se define como un incremento constante en el tamaño de un organismo, que está acompañado de 2 procesos: morfogénesis y diferenciación; el primero es el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano y el segundo, es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (Taiz y Zeiger, 1991). Ambos procesos se pueden medir mediante la tasa absoluta de crecimiento, en función de la cantidad de materia seca en crecimiento presente y la tasa de funcionamiento de esta, en relación con la influencia del ambiente (Milthorpe y Moorby, 1982).

Parámetros del análisis de crecimiento.

Con los valores de peso seco y área foliar en diferentes períodos de tiempo, se pueden calcular las siguientes medidas de crecimiento.

Tasa de asimilación neta (TAN).

Este parámetro es uno de los más importantes dentro de un análisis de crecimiento, porque mide en forma indirecta la fotosíntesis realizada por la planta a intervalos de tiempo. Junto con la tasa foliar unitaria, miden el aumento neto en el peso seco de la planta por área foliar unitaria. La TAN mide la ganancia neta de carbono sólo durante el período de luz y se expresa en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ (Beadle, 1988).

La eficiencia fotosintética de las plantas se expresa en términos de la TAN, que es la cantidad de materia seca producida por unidad de hoja y por unidad de tiempo (Verhagen *et al.*, 1963).

Tasa de crecimiento relativo (TCR).

Se define en cualquier instante de tiempo (t) como el incremento del material vegetal presente y es el único componente del análisis de crecimiento

que no requiere el conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio (Beadle, 1988).

La tasa de crecimiento relativo proporciona una integración conveniente del desarrollo combinado de varias partes de la planta. Este es útil especialmente cuando las necesidades se incrementan para comparar especies y diferentes tratamientos sobre bases uniformes. La TCR se expresa en $g \cdot g^{-1} \cdot día^{-1}$.

Antecedentes del empleo de la técnica de análisis de crecimiento.

La técnica de análisis de crecimiento es una herramienta muy útil para evaluar el comportamiento de una planta como respuesta a determinados factores y ha sido utilizado por diversos autores para diversos fines (Quero, 1997).

Causton (1991) trabajó el análisis de crecimiento para observar la variabilidad de la TRC en diferentes especies, sus resultados mostraron que en la col de bruselas y girasol la TRC no cambió a través del tiempo pero, en tomate y trigo la TRC declinó con el tiempo.

Esta técnica fue utilizada en el efecto del acolchado plástico y cubiertas flotantes en el desarrollo y rendimiento de melón (*Cucumis melo* L.) (Quero, 1997), análisis de crecimiento en tres variedades de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) (Martínez, 2003).

Hernández (2003) al trabajar con cilantro *Coriandrum sativum* L., los índices TCC, TAN y DAF mostraron tendencia creciente a través del tiempo hasta alcanzar un valor máximo y luego su valor disminuyó. La TRCF y la RAF mostraron tendencias decrecientes a través del tiempo.

Varela (2004), en cuanto a los índices fisiotécnicos TRC, TAN los mejores resultados los obtuvo en acolchados con plásticos de colores azul y negro metalizado en cultivo de melón.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La presente investigación se realizó en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado en el noreste de Saltillo, Coahuila, con las coordenadas geográficas: 25° 27' latitud norte y 101° 02' longitud oeste con una altitud de 1520 msnm.

Experimento 1. Quitosán aplicado a la semilla de melón bajo condiciones de invernadero

Los tratamientos estudiados se encuentran en el Cuadro 3.1.

Se utilizó semilla de melón híbrido Cruiser F₁.

Cuadro 3.1. Tratamientos de semillas de melón con quitosán en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Producto	Concentración en ppm
T1	Quitosán	250 Q
T2	Quitosán	500 Q
T3	Quitosán	750 Q
T4	Quitosán	1000 Q
T5	Quitosán	1250 Q
T6	Testigo	0

Metodología para el experimento 1

Preparación de las charolas

Las charolas utilizadas fueron de 200 cavidades, previamente desinfectadas, el sustrato usado fue peat moss previamente húmedo.

Preparación del quitosán

Biopolímero comercial marca Marine Chemicals, caracterizado en el CIQA: peso molecular determinado por viscosimetría de 205,000 g/mol y grado de desacetilación de 90 % determinado por IR.

Se prepara una solución de quitosán al 0.125% en ácido acético al 10%. Para que el quitosán sea soluble en agua, es necesario disolverlo en algún ácido orgánico como el ácido acético, ácido fórmico, ácido cítrico, etc. o inorgánicos como el ácido clorhídrico.

Para preparar 5 litros de quitosán en un vaso de precipitados con agua caliente y 40 ml de ácido acético concentrado, se agregan poco a poco 20 g de quitosán en polvo agitando constantemente hasta tener una consistencia homogénea de color amarillo. Aforar con agua hasta los 5 litros, este proceso puede tardar 3 h en promedio.

Siembra

La semilla se humedece con solución de quitosán a la concentración correspondiente para cada tratamiento, siendo éstas concentraciones de 250, 500, 750, 1000 y 1250 ppm, se incluye el testigo, sin tratamiento de quitosán. Posteriormente se deja secar la semilla a temperatura ambiente por 15 minutos en promedio. Después los tratamientos fueron colocados en tres charolas de 200 cavidades cada una, con 25 semillas por tratamiento con cuatro repeticiones, 100 semillas por tratamiento, un total de 600 semillas para el experimento. La siembra se realizó el 5 de mayo 2007, colocando una semilla por cavidad a unos 3 cm de profundidad, después se trasladó a un invernadero tipo capilla.

Riego

Se hizo automatizado por aspersión con una duración aproximada de diez minutos por cada hora.

Parámetros evaluados con quitosán aplicado a la semilla de melón bajo condiciones de invernadero.

Para la evaluación de las variables se llevaron a cabo cuatro muestreos

a los 15, 20, 25 y 30 días después de la siembra, cosechando cuatro plántulas por tratamiento y por repetición.

Las plántulas cosechadas tenían las mismas condiciones de humedad y competencia entre ellas.

Al ser cosechadas las plántulas se tomaron las siguientes mediciones:

Peso seco de raíz, tallo, hoja y planta

Las muestras fueron colocadas en unas bolsas de papel, etiquetadas y separadas, se dejaron deshidratar y luego se secaron en una estufa de aire caliente a 70°C durante 48 horas, para posteriormente tomarles el peso seco de cada una de las muestras en una báscula digital.

Los tratamientos se analizaron en un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

Experimento 2. Tratamientos de quitosán más fungicidas en plantas de melón a campo abierto

Metodología para el experimento 2

Preparación del terreno

La preparación del terreno se hizo en forma mecánica, realizando las principales actividades como el barbecho, rastra, así como la formación de camas. Después de hacer las camas se procedió a la colocación de manera mecánica del plástico como acolchado, conjuntamente con la cinta de riego marca T-Tape de ocho milésimas de pulgadas de espesor con emisores espaciados a 20 cm y un gasto de 0.98 L h⁻¹ gotero⁻¹, colocando una cinta de riego por hilera de plantas por cama.

Perforación del plástico

La perforación del plástico se hizo con un tubo caliente de 2 pulgadas de diámetro a una distancia de 25 cm entre perforaciones.

Siembra

La siembra se hizo en charolas de 200 cavidades el día 28 de junio de 2007.

Trasplante

El trasplante se realizó el día 13 julio de 2007. Los tratamientos usados fueron 5, descritos previamente, con 4 repeticiones, aplicando un gramo de quitosán en polvo en cada lugar donde se colocaron las plántulas.

Riego

Al inicio del cultivo se dieron dos horas de riego cada tercer día con una lámina de riego de 5.4 mm, y tres horas diarias al iniciar el engrosamiento de los frutos con una lámina de riego de 8.16 mm, y cinco horas diarias desde el inicio de la formación de la red del fruto hasta el final de la cosecha con una lámina de riego de 13.6 mm.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos indicados se hizo con una mochila de aspersión de 25 litros.

Preparación del quitosán

La preparación de la solución de quitosán fue igual que para el Experimento 1.

Cuadro 3.2. Aplicación de tratamientos fungicida más quitosán en diferentes dosis.

Fungicidas	Tratamientos	1a aplicación			53.3 m ² por surco
Quitosán 100% 75% Tecto 60 + 50% Tecto 60 + Tecto 60 100%	100Q 75F25Q 50F50Q 100F	18-07-07	Foliar	1.5 L 1.125 g + 375 ml 0.75 g + 750 L 1.5 g	
2a aplicación					
Quitosán 100% 75% Tecto 60 + 50% Tecto 60 + Tecto 60 100%	100Q 75F25Q 50F50Q 100F	27-07-07	Foliar	1.5 L 1.125 g + 375 ml 0.75 g + 750 L 1.5 g	
3a aplicación					
Quitosán 100% 75% Cupravit + 50% Cupravit + Cupravit 100%	100Q 75F25Q 50F50Q 100F	05-08-07	Foliar	2 L 7.95 g + 500 ml 5.3 g + 1L 10.6 g	
4a aplicación					
Quitosán 100% 75% Folpan 80 + 50% Folpan 80 + Folpan 80 100%	100Q 75F25Q 50F50Q 100F	19-08-07	Foliar	3 L 5.96 g + 750 ml 3.97 g + 1.5 L 7.95 g	
5a aplicación					
Quitosán 100% 75% Ridomil + Quitosán 50% Ridomil + Quitosán Ridomil 100%	100Q 75F25Q 50F50Q 100F	02-09-07	Foliar	4 L 1.5 g + 1 L 1 g + 2 L 2 g	

Labores culturales

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

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

Fertilización

Durante el ciclo del cultivo la dosis de fertilización aplicada fue 100-60-60 de NPK, se incorporó en el agua de riego durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Cuadro 3.3. Fertilización complementaria, foliar y vía riego.

Fertilizante	Fecha	Aplicación	Cantidad	Adherente bionex
Urea 46-00- Foltron	20-07-07 23-07-07	Vía riego Foliar	700g/80L agua 192 ml/15L agua	30 ml
Urea – map Poliquel	25-07-07 23-07-07	Vía riego Foliar	695g urea - 525g map/80L 192 ml/15L agua	30 ml

Control de plagas y enfermedades presentes

El control de las plagas presentes en el experimento fue realizado con los productos comerciales que se presentan en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Tipos de insecticidas comerciales aplicados.

Plagas	Fecha	Producto	Aplicación	Cantidad	Adherente bionex
Minador de la hoja <i>Liriomyza spp</i>	23-07-07	Vydate	Foliar	128 ml/ 15L	30 ml.
	30-07-07	Vydate	Foliar	128 ml/ 15L	30 ml.
Diabrotica <i>Diabrotica spp</i>	02-08-07	Metamidofos	Foliar	96 ml/20 L	40 ml.
Rayado del pepino <i>Acalymma spp</i>	08-08-07	Vydate	Foliar	128 ml/ 25L	40 ml.
	23-08-07	Metamidofos	Foliar	96 ml/20 L	40 ml.
Barrenador del fruto <i>Diaphania spp.</i>	06-09-07	Permetrina	Foliar	38 ml/25 L	50 ml.
	07-09-07	Furadan	Vía riego	640 ml/80 L	50 ml.
	08-09-07	Furadan	Foliar	128 ml/25 L	50 ml.
	11-09-07	Azocroc	Foliar	96 ml/25 L	50 ml.

El control de enfermedades se realizó de manera preventiva con las aplicaciones de cada tratamiento a la dosis correspondiente. Pero a los 72 días después de siembra se realizó una aplicación curativa con la mezcla de los siguientes fungicidas: Ridomil + mancozeb para controlar un complejo de hongos (*Fusarium oxysporum*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Erysiphe cichoracearum*, *Alternaría ssp.*), asociados con nematodos (*Meloydogine incognita*), identificados en el departamento de Parasitología de nuestra universidad.

El control del nematodo (*Meloydogine incognita*), en el sitio del experimento se realizó de la siguiente manera:

Cuadro 3.5. Tipos de nematicidas utilizados.

Actividad	Fechas	Aplicación	Cantidad
Quitosán (0.05%)	28-06-07	Vía riego	10L Q/50L agua
Quitosán (0.05%)	13-07-07	Vía riego	12L Q/50L agua
Nematrol	17-07-07	Vía riego	640ml/80L agua
Nematrol	27-07-07	Vía riego	640ml/80L agua
Nematrol	14-08-07	Vía riego	640ml/80L agua

Parámetros evaluados en el experimento a campo abierto

Área foliar

Las plantas se seccionaron en partes separando hojas y tallos (excluyendo raíz, flores y frutos). El área foliar se determinó con un equipo medidor de área foliar (LI-COR, modelo LI -3100).



Figura 3.1. Medidor de área foliar (LI-COR, modelo LI -3100).

Peso seco de tallo, hoja y planta

Esta variable se tomó para las mismas plantas a las que se les determinó el área foliar, para esto se colocaron las hojas y los tallos en bolsas de papel etiquetando de acuerdo a cada uno de los tratamientos, secándose luego en la estufa de aire caliente a 70°C durante 48 horas, para posteriormente tomar el peso seco en una báscula digital.

Rendimiento

Se realizó seleccionando 10 plantas que tuvieran las mismas condiciones de competencia y se les cosechó todos los frutos por tratamiento y repetición. La cosecha se realizó una sola vez, a los 82 días después de la siembra.

Análisis de crecimiento

Los datos de área foliar y peso seco utilizados para realizar el análisis de crecimiento fueron tomados a los 30, 50 y 70 días después de la siembra. Los índices de crecimiento se calcularon de la siguiente forma:

TAN = Tasa de asimilación neta.

$$\text{TAN} = \frac{(PS_2 - PS_1)}{(AF_2 - AF_1)} * \frac{(InAF_2 - InAF_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^2 * \text{día}}$$

TRC= Tasa de crecimiento relativo.

$$\text{TRC} = \frac{(InPS_2 - InPS_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{\text{g}}{\text{g} * \text{día}}$$

Donde:

- ❖ PS_1 y PS_2 . Se refiere a los pesos secos de la planta (g) a los 30, 50 y 70 días después de la siembra, respectivamente.
- ❖ AF_1 y AF_2 . Valores de área foliar (cm^2) a los 30, 50 y 70 días después de la siembra, respectivamente.
- ❖ T_1 y T_2 . Se refiere al tiempo a los 30, 50 y 70 días después de la siembra.

Se uso un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por un surco de 10 m de longitud, 1.8 m entre surcos y 0.25 m entre plantas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la interpretación de los resultados obtenidos, cabe mencionar que los datos fueron tomados de plantas representativas de cada unidad experimental, en las cuales se consideró que estuviesen totalmente sanas tanto de enfermedades como de daños mecánicos. Los cuadros de resultados de las variables estudiadas y los cuadrados medios de los análisis de varianza se encuentran en el apéndice.

Experimento 1. Efecto del quitosán aplicado a la semilla en plántulas de melón bajo condiciones de invernadero

Peso seco de la raíz

En la comparación de medias se observó que no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$), respecto a la producción de materia seca de raíz promedio de las cuatro evaluaciones. (Cuadro 4.1). Sin embargo, a los 25 y 30 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente.

Cuadro 4.1. Acumulación de peso seco de raíz en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de la raíz (g)				
	15dds	20dds	25dds	30dds	Promedio
1250 Q	0.480	0.500	0.593bc	0.610b	0.548
1000 Q	0.485	0.498	0.600ab	0.610b	0.548
750 Q	0.490	0.493	0.590c	0.610b	0.548
500 Q	0.480	0.498	0.593bc	0.608b	0.545
250 Q	0.475	0.503	0.605a	0.623a	0.550
Testigo	0.483	0.498	0.598abc	0.623a	0.550
DMS	ns	ns	0.009	0.008	ns

dds= días después de la siembra; Q= ppm de Quitosán; DMS= diferencia mínima significativa; ns= no significativo.

Las aplicaciones de quitosán no tuvieron en promedio una influencia positiva en la expresión del crecimiento radical. Lo anterior puede indicar que quizá el quitosán no induce a la acumulación de masa seca de raíz.

Los resultados anteriores no coinciden con lo encontrado por Hadwiger (1992) quien desarrolló un método para tratar semillas de cereales con quitosán, donde comprobó que de las semillas tratadas se obtuvieron plantas con un mayor desarrollo radicular, lo que aumentó significativamente los rendimientos. Dicho autor no indica con precisión el cultivo, la concentración de quitosán aplicada y los intervalos de aplicación.

Peso seco del tallo

En la comparación de medias (Cuadro 4.2) se observó que no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$) a los 15 y 20 dds. A los 25 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente, siendo los tratamientos 250 Q y 1000 Q de quitosán los que presentan mayores valores. A los 30 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente, el tratamiento más sobresaliente estuvo representado por 250 Q que fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Al promediar los cuatro muestreos los tratamientos 1250, 1000 y 250 Q tendieron a presentar los mayores valores.

Cuadro 4.2. Acumulación de peso seco de tallo en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco del tallo (g)				
	15dds	20dds	25dds	30dds	Promedio
1250 Q	0.473	0.510	0.610b	0.640b	0.560a
1000 Q	0.475	0.500	0.620a	0.630c	0.555ab
750 Q	0.465	0.498	0.593d	0.623d	0.545c
500 Q	0.485	0.500	0.598cd	0.618d	0.550bc
250 Q	0.473	0.508	0.615ab	0.648a	0.560a
Testigo	0.470	0.503	0.603c	0.633c	0.553b
DMS	ns	ns	0.006	0.006	0.007

dds= días después de la siembra; Q= ppm de Quitosán; DMS= diferencia mínima significativa; ns= no significativo.

Peso seco de la hoja

En el Cuadro 4.3 se observa que los tratamientos estudiados tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente en los cuatro muestreos realizados.

Aunque no existe una clara tendencia de los tratamientos en la acumulación de masa seca de hoja, se observa que el tratamiento de 250 Q fue muy consistente a través del tiempo ya que tendió a presentar los mayores valores de peso seco de hoja en los cuatro muestreos. Lo anterior se sustenta mejor en el peso promedio de los cuatro muestreos donde dicho tratamiento registró el mayor valor de peso seco de hoja con 0.72 g/planta siendo superior a los demás tratamientos estudiados.

Cuadro 4.3. Acumulación de peso seco de la hoja en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de la hoja (g)				
	15dds	20dds	25dds	30dds	Promedio
1250 Q	0.527ab	0.60b	0.73b	0.87c	0.68c
1000 Q	0.533a	0.59b	0.77a	0.87c	0.69bc
750 Q	0.515b	0.57c	0.69c	0.84cd	0.66d
500 Q	0.523ab	0.57c	0.70c	0.83d	0.66d
250 Q	0.528ab	0.61a	0.75ab	0.99a	0.72a
Testigo	0.530ab	0.59b	0.74b	0.93b	0.70b
DMS	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01

dds= días después de la siembra; Q= ppm de Quitosán; DMS= diferencia mínima significativa; ns= no significativo.

Peso seco de planta

El Cuadro 4.4 muestra el peso seco por planta, donde se indica que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes. El peso seco por planta mostró una tendencia similar al peso seco de hoja ya que el tratamiento 250 Q tendió a presentar cuantitativamente los mayores valores de peso seco por planta con valores 1.62, 1.97 y 2.26 g/planta a los 20, 25 y 30 dds. Al analizar el promedio de los cuatro muestreos se observa que dicho tratamiento superó estadísticamente en producción de masa seca/planta al resto de los tratamientos incluidos, los valores variaron de 1.75 a 1.83 g/planta.

Hidalgo *et al.*, 1996, aplicó quitosán al 1% en ácido acético acuoso al 1% a la semilla de tomate var. I-17 y se comportó como un bioestimulante logrando mayor masa seca de planta al igual que en este estudio.

Cuadro 4.4. Acumulación de peso seco en plántulas de melón por efecto de aplicaciones de quitosán a las semillas. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de la planta (g)				
	15dds	20dds	25dds	30dds	Promedio
1250 Q	1.48	1.60ab	1.94b	2.12c	1.79b
1000 Q	1.49	1.59abc	1.99a	2.11cd	1.80b
750 Q	1.47	1.56c	1.88c	2.07de	1.75c
500 Q	1.48	1.58bc	1.89c	2.06e	1.75c
250 Q	1.47	1.62a	1.97a	2.26a	1.83a
Testigo	1.48	1.59abc	1.94b	2.18b	1.80b
DMS	ns	0.03	0.03	0.04	0.02

dds= días después de la siembra; Q= ppm de Quitosán; DMS= diferencia mínima significativa; ns= no significativo.

El peso seco de la planta (Figura 4.1) muestra que el crecimiento se ajusta a una ecuación cuadrática.

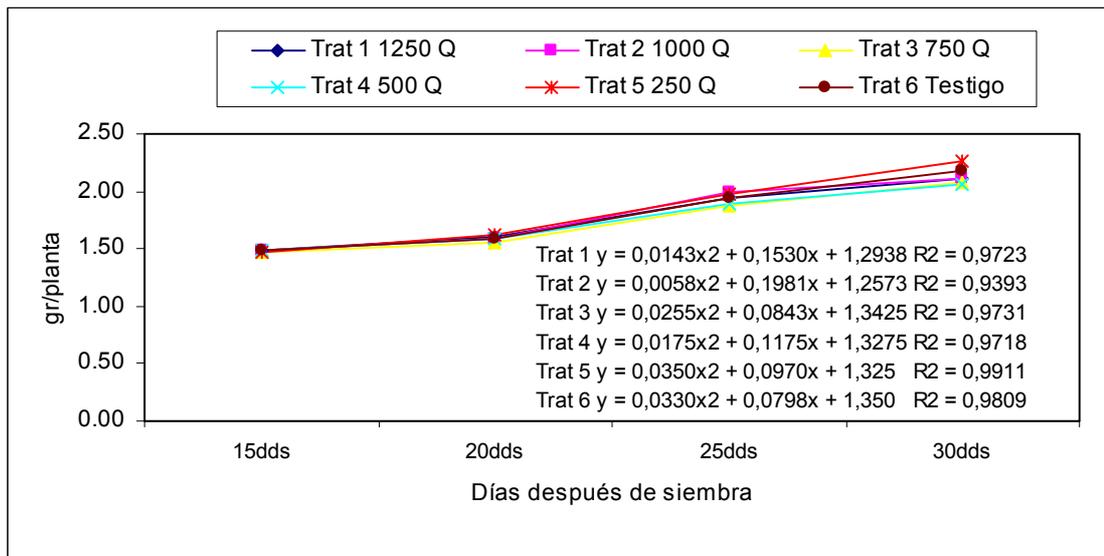


Figura 4.1. Peso seco de la planta en cuatro fechas de evaluación. CIQA 2007.

Experimento 2. Efecto de las aplicaciones de quitosán más fungicida a campo abierto.

Área foliar

En la comparación de medias (Cuadro 4.5) se indica que no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$) a los 30 y 50 dds. Sin embargo, a los 70 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente,

el tratamiento 50F50Q fue superior al resto de los tratamientos mostrando el valor mayor de área foliar con un valor de 16,506 cm²/planta. Al promediar el área foliar de los tres muestreos los tratamientos que presentaron mayor área foliar fueron los tratamientos 50F50Q y 100Q con valores promedio de 8,525 y 8,402 cm²/planta. Sin embargo, dichos tratamientos fueron estadísticamente similares a 75F25Q y 100F.

Cuadro 4.5. Acumulación de área foliar en plantas de melón por efecto de la aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.

Tratamiento	Área foliar (cm ²)			
	30dds	50dds	70dds	Promedio
100Q	182.3	10741.5	14284.0b	8402.5a
75F25Q	162.8	9589.5	14384.0b	8045.5ab
100F	157.3	9154.0	14630.5b	7980.5ab
Testigo	156.0	9490.8	12981.8c	7542.8b
50F50Q	134.3	8936.8	16506.5a	8525.8a
DMS	ns	ns	1229.6	772.8

100Q=100% Quitosán, 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán, 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán, 100F= 100% fungicida, DMS= diferencia mínima significativa; dds= días después de siembra; ns= no significativo.

Peso seco del tallo

En la comparación de medias (Cuadro 4.6) se indica que no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$) a los 30 y 50 dds. Sin embargo, a los 70 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente, el tratamiento 50F50Q fue superior al resto de los tratamientos, mostrando el valor mayor de masa seca de tallo con un valor de 93.8 g/planta. Lo anterior se hace evidente también al promediar el peso seco de tallo de los tres muestreos, el tratamiento 50F50Q fue el que presentó mayor producción de masa seca de tallo con valores promedio de 43.1 g/planta.

Cuadro 4.6. Acumulación de peso seco de tallo en plantas de melón por efecto de la aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de tallo (g)			
	30dds	50dds	70dds	Promedio
100Q	1.9	39.0	80.3b	40.4ab
75F25Q	1.9	33.4	78.0b	37.8b
100F	1.9	32.7	82.1b	38.9b
Testigo	1.9	34.3	58.6c	31.6c
50F50Q	1.9	33.8	93.8a	43.1a
DMS	ns	ns	6.0	3.8

100Q=100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida; DMS= diferencia mínima significativa; dds= días después de siembra; ns= no significativo; g= gramos.

Peso seco de la hoja

En la comparación de medias (Cuadro 4.7), se indica que no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$) a los 30 y 50 dds. Sin embargo, a los 70 dds los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente. El tratamiento 50F50Q y 100F registraron los mayores valores de masa seca con valores de 143.2 y 130.4 g/planta. Lo anterior se confirma al promediar el peso seco de la hoja de los tres muestreos, donde los tratamientos que presentaron mayor masa seca de hoja fueron los tratamientos 50F50Q y 100F con valores promedio de 64.8 y 59.5 g/planta. Los resultados del presente estudio no son suficientes para indicar porque la aplicación de fungicida solo tendió a presentar los mayores valores de peso seco de hoja.

Cuadro 4.7. Acumulación de peso seco de hoja en plantas de melón por efecto de aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de hoja (g)			
	30dds	50dds	70dds	Promedio
100Q	2.7	53.8	95.7b	50.7b
75F25Q	2.5	47.2	90.1b	46.6bc
100F	2.5	45.7	130.4a	59.5a
Testigo	2.5	49.2	63.8c	38.5c
50F50Q	2.4	48.7	143.2a	64.8a
DMS	ns	ns	20.0	8.8

100Q=100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida; DMS= diferencia mínima significativa; dds= días después de siembra; ns= no significativo; g= gramos.

Peso seco de la planta

En el Cuadro 4.8 se muestra el peso seco por planta donde se indica que en los primeros dos muestreos (30 y 50 dds) los tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí. Sin embargo, a los 70 dds los tratamientos se comportaron de manera diferente siendo el mejor en producción de masa seca por planta el tratamiento 50F50Q con un valor de 237.1 g/planta.

En el peso promedio de los tres muestreos se confirma que el tratamiento 50F50Q fue el que tendió a producir mayor valor de materia seca con un valor de 107.9 g/planta, sin embargo, el tratamiento 100F presentó estadísticamente un valor similar con 98.4 g/planta.

El análisis de correlaciones entre el área foliar y el peso seco por planta no muestra algún grado de asociación. En cultivos de melón utilizando otros inductores de masa seca y área foliar se ha observado una correlación positiva con el rendimiento, a diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio. Es posible que al estudiar el quitosán como inductor del crecimiento estén influyendo otros factores en la expresión del rendimiento.

Cuadro 4.8. Acumulación de peso seco en plantas de melón por efecto de aplicación foliar de quitosán más fungicida. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de planta (g)			
	30dds	50dds	70dds	Promedio
100Q	4.6	92.8	176.0c	91.1bc
75F25Q	4.4	80.5	168.1c	84.3c
100F	4.4	78.4	212.4b	98.4ab
Testigo	4.4	83.4	122.3d	70.1d
50F50Q	4.3	82.5	237.1a	107.9a
DMS	ns	ns	24.0	12.0

100Q=100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida; DMS= diferencia mínima significativa; dds= días después de siembra; ns= no significativo; g= gramos.

Análisis de crecimiento

Tasa de asimilación neta (TAN)

La producción de la eficiencia fotosintética de las plantas registra los incrementos en gramos de materia seca por cm^2 por día y se denomina tasa de asimilación neta.

La tasa de asimilación neta es la variable de crecimiento que involucra más componentes para su cálculo, tales como peso seco, área foliar y un período de tiempo, que en este caso se consideraron 30, 50 y 70 dds (Figura 4.2).

En el Cuadro 4.9 se observa que los tratamientos estudiados tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente. La tasa de asimilación neta a los 50 dds, el tratamiento 50F50Q fue el que tendió a presentar valores mayores de TAN con $0.0019 \text{ g/cm}^2\cdot\text{día}$, aunque los tratamientos 100Q y Testigo, presentaron estadísticamente un valor similar y valores de TAN de $0.0017 \text{ g/cm}^2\cdot\text{día}$. Así mismo a los 70 dds los tratamientos se comportaron de manera diferente, donde la TAN decrece a través del tiempo, esto se debe quizá porque la planta aumenta su respiración y disminuye su capacidad fotosintética a través del tiempo para producir masa seca, los tratamientos 50F50Q y 100F, fueron estadísticamente similares con 0.00063 y $0.00059 \text{ g/cm}^2\cdot\text{día}$ de TAN, respectivamente. Al promediar la TAN de los dos muestreos el tratamiento que presentó mayor TAN fue el tratamiento 50F50Q con valor promedio de $0.00125 \text{ g/cm}^2\cdot\text{día}$. Lo que indica que el tratamiento 50F50Q fue el más consistente en su capacidad fotosintética a través del tiempo.

Medina *et al.*, (1993) reportan que la TAN declina en algunas especies, especialmente cuando la importancia relativa de la respiración aumenta durante la producción de nuevas hojas, para descender durante la época de proliferación de tallos florales. Lo anterior es de esperarse en las diferentes especies hortícola ya que las plantas al madurar sus frutos tienden a engrosar,

convirtiendo su gasto de energía a la formación del fruto, por lo que se considera que a partir de esta etapa la producción de la TAN tiende a decrecer.

Solórzano *et al.*, (1982) realizaron un análisis de crecimiento de seis colecciones de haba (*Vicia faba L.*) y concluyeron que la TAN decreció rápidamente a través del tiempo (de la etapa nodal 5 a la 21) con valor inicial de 7.14 g m⁻² día⁻¹, valor intermedio de 4.3 g m⁻² día⁻¹ y en la última etapa se presentaron menores valores a los citados. La TAN se ajustó a una ecuación cuadrática.

Hernández (2003) al trabajar con cilantro *Coriandrum sativum L.*, indica que la TAN mostró tendencia creciente a través del tiempo hasta alcanzar un valor máximo y luego su valor disminuyó.

Cuadro 4.9. Tasa de asimilación neta en el cultivo de melón. CIQA 2007.

Tratamiento	Tasa de asimilación neta g/cm ² *día (TAN)		
	50dds	70dds	Promedio
100Q	0.0017ab	0.00034b	0.00102c
75F25Q	0.0016b	0.00037b	0.00101cd
100F	0.0016b	0.00059a	0.00113b
Testigo	0.0017ab	0.00018c	0.00095d
50F50Q	0.0019 a	0.00063a	0.00125a
DMS	0.0002	0.0001	0.0001

100Q= 100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS (P ≤ 0.05); ns= no significativo.

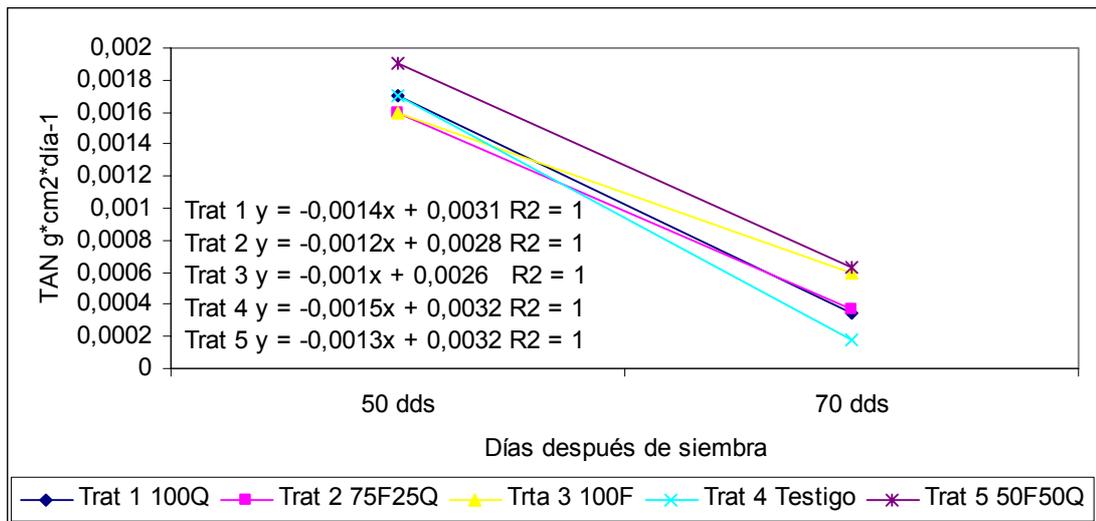


Figura 4.2. Tasa de asimilación neta de los diferentes tratamientos.

Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La tasa relativa de crecimiento nos indica el incremento en gramos de materia seca por día, y en la Figura 4.3, se pueden observar de manera general las curvas de tendencia de los tratamientos evaluados, registrando al inicio una mayor eficiencia, la cual fue disminuyendo a través del tiempo, lo que coincide con lo reportado por Hernández (2003) en cilantro donde la tasa relativa de crecimiento es alta en las primeras evaluaciones y va disminuyendo conforme pasa el tiempo.

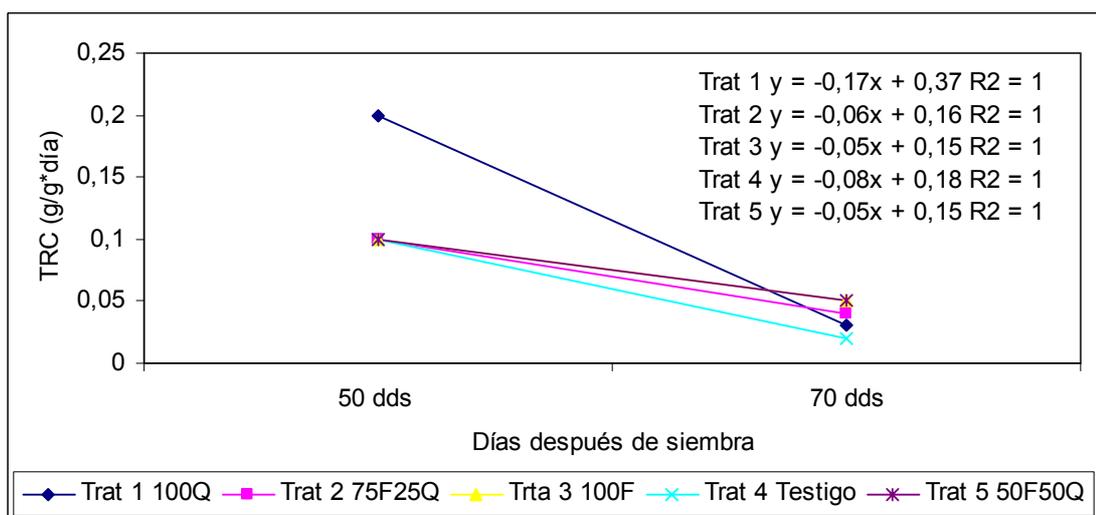


Figura 4.3. Tasa relativa de crecimiento de los diferentes tratamientos.

La tasa relativa de crecimiento (Cuadro 4.10), en el primer muestreo (50 dds) los tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí. Sin embargo, a los 70 dds los tratamientos se comportaron de manera diferente, siendo los tratamientos más sobresalientes 50F50Q y 100F que fueron estadísticamente similares con mayor tasa relativa de crecimiento con valor de 0.05 g/g*día. Al promediar la TRC de los dos muestreos el tratamiento que presentó mayor TRC fue el tratamiento 50F50Q con valor promedio de 0.100 g/g*día. Los resultados del presente estudio no son suficientes para indicar que el fungicida sólo favorece el crecimiento.

Cuadro 4.10. Tasa relativa de crecimiento en el cultivo de melón. CIQA 2007.

Tratamiento	Tasa relativa de crecimiento g/g*día (TRC)		
	50dds	70dds	Promedio
100Q	0.2	0.03b	0.091c
75F25Q	0.1	0.04b	0.091c
100F	0.1	0.05a	0.097b
Testigo	0.1	0.02c	0.829d
50F50Q	0.1	0.05a	0.100a
DMS	ns	0.012	0.0023

100Q= 100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P \leq 0.05$); ns= no significativo.

Rendimiento

En el Cuadro 4.11, se muestra la variable frutos/planta, peso promedio por fruto y rendimiento por planta, cuyos tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente.

Los tratamientos que superaron de manera absoluta en frutos por planta al testigo fueron 100Q y 50F50Q.

En peso promedio por fruto los mayores valores correspondieron a 100Q y Testigo con valores de 1.43 y 1.38 kg/planta. El menor valor lo presentó el tratamiento 50F50Q con 1.05 kg/planta.

En el rendimiento por planta el tratamiento 100Q presentó el mayor valor con 3.467 kg/planta, superando en rendimiento a todos los tratamientos. Lo anterior concuerda con el autor Kinai, (1998) quien utilizó quitosán como acondicionador de suelo en Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var. *Edulis*), lo que provocó mayor número de flores, frutas cosechadas, mayor peso por fruta y producción, el acondicionamiento de suelo lo hizo en los ciclos 1993 y 1995. Sin embargo, Fornes *et al.*, 2003, comenta que el quitosán es un polisacárido de elevado peso molecular y, por tanto, difícilmente asimilable por la planta, también encontró que la aplicación de quitosán a plantas en estados fenológicos y de edad y tamaños muy diferentes provocó resultados similares.

Cuadro 4.11. Comparación de medias del rendimiento de melón. CIQA 2007.

Tratamiento	Frutos / planta)	Peso promedio por fruto (kg/ fruto)	Rendimiento por planta (kg/ planta)
100Q	2.425a	1.434a	3.467a
75F25Q	2.100ab	1.300b	2.737b
100F	2.125ab	1.158c	2.458b
Testigo	1.825b	1.387a	2.534b
50F50Q	2.225a	1.059d	2.364b
DMS	0.4	0.08	0.5

100Q= 100% Quitosán; 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán; 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán; 100F= 100% fungicida; kg= kilogramo.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P \leq 0.05$); ns= no significativo.

V. CONCLUSIONES

En plántulas de melón en condiciones de invernadero los resultados indican que el quitosán a 250 Q produjo los mayores valores de peso seco por planta lo que podría sugerir que el quitosán tiene un efecto en la inducción del crecimiento pero después de que ha pasado el estado óptimo de trasplante.

El quitosán indujo el crecimiento de área foliar, peso seco de tallo, peso seco de hoja y peso seco de planta obteniéndose los valores mayores con el tratamiento 50F50Q, parece ser que a concentraciones por arriba o por debajo de quitosán no tienen un efecto positivo.

En este trabajo se encontró que, no fue posible el control de mildiu de las cucurbitáceas *Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt, mediante la aplicación de quitosán de peso molecular alto a las concentraciones estudiadas.

El quitosán 100Q presentó el mayor rendimiento por planta respecto al resto de los tratamientos.

El estudio sugiere sea repetido una vez más para una mayor confiabilidad de los resultados, tomando en cuenta los mejores resultados en cuanto las concentraciones de quitosán usadas y dando un tratamiento previo al suelo para el control de patógenos existentes.

LITERATURA CITADA

- Aggie Horticultura. 2000. Reprinted as a special feature in the Plant answers section by permission of the National Geographic Society. The original publication of Our Vegetable Travelers by Victor R. Boswell appeared in the August, 1949 issue, Volume 96 (2) of National Geographic Magazine and is copyrighted by National Geographic Magazine.
- Agrios, G. N. Fitopatología. 1998. 2da. Edición. Editorial LIMUSA, S. A de C. V. México, D. F. Pág. 4, 743 y 744.
- Bautista, B. S., Hernández, A. N., Velásquez, M.G., Hernández, L., Ait, B., Bosquez, M. y Wilson. C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* February, 25 (2). 108-118.
- Beadle, C.L.1988. Análisis del Crecimiento vegetal. En: Coombs, J. O. O. Hall, S.P. Long y J. M. Scurlock (Editores). *Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. De México, México.
- Benavides-Mendoza, A.; J. Romero-García, A. S. Ledezma-Pérez y J. M. Raygoza-Castro. 2001. Aplicación foliar del quitosano en ácido acético aumenta la biomasa de la lechuga, *BIOTAM* 12(3), 1.
- Brondo, F. J. M. 1997. Comentario personal.
- Causton, D. R. 1991. Plant growth analysis: the variability of relative growth rate within a simple. *Annals of Botany* 67 (2): 137-144.
- Dafermos, N.G., Kasselaki, A.M., Malathrakis, N.E., Leifert, C. 2007. Integration of fertility management, cultivar selection and alternative spray treatments to optimize control of foliar diseases of greenhouse grown tomatoes. 3rd QLIF Congress, Hohenheim, Germany, March 20-23.
- Fornes F, Abad M, Carrión C, Belda R, Flors V, García-Agustín P, Noguera V. Dep. Biología Vegetal e Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, 14. 46022 Valencia. ffornes@bvg.upv.es. Dep. Ciencias Experimentales. Universitat Jaume I. Campus de Riu Sec. 12071 Castellón. Actas de horticultura N° 39. X congreso nacional de ciencias hortícolas. Pontevedra 2003.

- García V. M. A. 1994. Desarrollo y rendimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) híbrido "Laguna" con diferentes tratamientos de acolchado fotodegradables. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México.
- Hadwiger, L. A. 1984. Chitosan: natural regulator in plant-fungal pathogen interaction increases crop yields in chitin in chitosan and related enzymes, *Academic Press*, San Diego. 42-45.
- Hang, J.S. 1990. Use of antitranspirant epidermal coatings for plant protection in China. *Plant Disease* 74: 263-266.
- Harris Moran. 2004. <http://www.harrismoran.com/products/melon/table.htm>. Abril 2004.
- Henryk S. and Henryk P. 1997. Applications of Chitin and Chitosan, Ed. Mattheus F.A. Goosen, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster Pennsylvania. USA. Pp. 171-184.
- Hernández D., J. 2003. Crecimiento y desarrollo del cilantro *Coriandrum sativum* L. por efecto del fotoperíodo y la temperatura y su control con fitoreguladores. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, División de Estudios de Postgrado. Marín, N. L., México.
- Hernández, B. M. A. 1992. Análisis de las variables técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón de la Comarca Lagunera. Tesis Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 75 pp.
- Hernández L. M., Bautista B. S., Montes B. R., Bravo L. L. Y Bosquez M. E. 2001. Evaluación del quitosano y extracción de semilla de papaya en el control de *Colletotrichum gloesporioides* en el fruto de la papaya. Memoria de la Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas. Pp. 160.
- Hidalgo L., W. Argüelles, Peniche, C. 1996. Efecto del quitosán en tratamientos a la semilla de tomate, *Revista de Protección vegetal* 11 (1): 33.
- Hirano, S. y Nagao, N. 1989. Effects of Chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on growth of several phytopathogens. *Agric. Biol. Chem.* 53:3065-3066.
- [Http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anmelon.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anmelon.html). Octubre de 2007.
- Ibarra, J. L. y A. Rodríguez, P. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas 1ª. Edición. Editorial LIMUSA, S. A de C. V. México, D. F. páginas 19-22.
- Ibarra, J. L. 2004. Apuntes de la materia acolchado plástico de la Especialización en

- Agroplasticultura. CIQA, Saltillo, Coah. Trimestre enero-abril de 2004. 45 pp.
- Ibarra, V. E. J. 1994. Efecto de la humedad del suelo bajo condiciones de acolchado y riego por goteo (con cintilla). Tesis Ingeniero agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 74 p.
- Kinai, H. Utsunomiya, N. Matsui, Y. Takebayashi, T. 1998. The Effects of Chitosan Oligosaccharides Soil Conditioner and Nitrogen Fertilizer on the Flowering and Fruit Growth of Purple Passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. Vol.67; No. 4: 567-571.
- Kamp, M. 1985. Control of *Erysiphe cichoracearum* on *Zinnia elegans*, with a polymer-based antitranspirant. HortSci. 20: 879-881.
- Kendra, D. F.; Hadwiger, L. A. 1984. Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formation in *Pisum sativum*, *Exp. Mycol.* 8, 276-281.
- Lamont, W. J. 1993. Plastics mulchs for the production of vegetable crops Hortechology. Jan-Mar, 3 (1). 35-38.
- Liu, X. F.; Guan, Y. L.; Yang, D. Z.; Li, Z.; Yao, K. D. 2001. *Appl. Polym. Sci.*, 79, 1324.
- Li, Q., Duna, E.T., Grandmaison, E.W., Goosen, M.F.A. 1992. Applications and properties of chitosan. *J. Bioact Compat. Polym.* 7:370-397.
- Lim, S. H. and Hudson, S. M. 2003. Review of Chitosan and Its Derivatives as Antimicrobial Agents and their Uses as Textile Chemicals, *J. Macromol. Sci. C43* (2), 223–269.
- Liu, X. F.; Guan, Y. L.; Yang, D. Z.; Li, Z.; Yao, K. D. J. 2001. *Appl. Polym. Sci.*, 79, 1324.
- Martínez, A. F., 2003. Análisis de crecimiento en tres variedades de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Medina, A. y R. Bolívar. 1993. Análisis de crecimiento y acumulación de nutrientes de *Gypsophila paniculata* cv. Perfecta bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. de Colombia. Santa Fé de Bogotá Colombia.
- Mendoza, Z. C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 30-33.

- Milthorpe F., Moorby J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. H. González (Trad.). Buenos Aires, Argentina. 259 p.
- Moharmed, Y. F.; M. Bardin; P. C. Nicot and M. Pitrat 1995. Causal agents of powdery mildew of cucurbits in Sudán. *Plant Diseases*. 9: 634-636.
- Peniche, C.; W. Argüelles, A. Gallardo, C. Elvira, J. San Román. 2001. Quitosano: un Polisacárido Natural Biodegradables y Biocompatibles con Aplicaciones en Biotecnología y Biomedicina, *Rev. de Plásticos Modernos*, Vol. 81: 535.
- Purser, J. 1993. Using plastics much and row covers to produce vegetables in Alaska. *Plasticulture*, pág. 11-13.
- Quero Sosa, G. 1997. Efecto del Acolchado Plástico y Cubiertas Flotantes en el Desarrollo y Rendimiento de Melón (*Cucumis melo* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez, V. J. 1996. El Uso de Acolchados Plásticos en la Horticultura. Primera edición VAS. Universidad Autónoma de Sinaloa. Departamento de Comunicación Educativa y Divulgación de la facultad de Agronomía, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Pág. 70.
- Raygoza, C. J. 2001. Efecto de la Aplicación Foliar de Quitosán y Acido Acético en la Biomasa de Plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Reddy Bhaskara M. V., Angers Paul., Castaige Francois and Arul Joseph. 2000. Chitosan Effects on Blackmold Rot and Pathogenic Factor Produced by *Alternaria alternata* en Postharvest Tomatoes. *American Society Horticultural Science* 125(6): 742-747. Quebec, Canada.
- Sabori. P. R., Grajeda, G. J, Chávez, C. M, Fu, C. A. A. 1998. Guía para la producción de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo, Sonora.
- Sagarpa 2003. www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2003/septiembre/B198.pdf Octubre 2007
- Shahidi, F., Kamil, J., Arachchi, V. y Jeon, Y.J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Food Sci. Technol.* 10: 37-51.
- Solórzano V., E.; C. J. Ortiz y O. I. Mendoza. 1982. Análisis de crecimiento en haba (*Vicia faba* L) *Agrociencia*, 103-106.

- Steward, F.C. 1969. Growth and organization in plants. Addison Wesley Publishing Company. 654 p.
- Taiz L., Zeiger E. 1991. Plant physiology. California. Benjamin Cummings. USA. 565 p.
- Torres de la Noval, W. 1984. Análisis de crecimiento de las plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba.
- Tsai G. -J., Su W.-H. 1999. Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Echerichia coli*, *J. food protect*, 62 (3), 239 – 243.
- USDA .2004. Unites States Department of Agriculture. Plants classification. <http://plants.usda.gov/index.html> . December 2006.
- Valadez L. A., 1994. Producción de hortalizas. Ed. Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. 4ª reimpresión. México, D. F.
- Varela Alderete R. J. 2004. Análisis de crecimiento y sendero en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) con acolchado de colores. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Verhagen, A. M.; Wilson, J. H. y Britten, E. J. 1963. Plant production in relation to foliage illumination. *Ann. Bot.* Pág. 627-640.
- Watson, D.J. 1952. The Physiological Basis of variation in yield. *Adv. in Agron.* 4, 101-144.
- Zhang, M. y Tan, T. 2003. Activities of Chitosan and Oligo-chitosan. Pp 391-400.
- Zekaria-Oren, J. y Z. Eyal. 1991. Effect of film-forming compounds on the development of leaf rust on wheat seedlings. *Plant Disease* 75: 231-234.
- Ziv, O. y R.A. Frederiksen. 1983. Control of foliar diseases with epidermal coating materials. *Plant Disease* 67: 212-214.
- Ziv, O. y R.A Frederiksen. 1987. The effect of film-forming antitranspirants on leaf rust and powdery mildew incidence on wheat. *Plant Pathology* 36: 242-245.

APÉNDICE

Cuadro 6.1. Análisis de varianza y cuadros medios de algunas variables en plántula de melón. CIQA 2007.

FV	GL	psr15dds	psr20dds	psr25dds	psr30dds	Promedio
Tratamiento	5	0.00010ns	0.00004ns	0.00013*	0.00020**	0.00001417ns
Repetición	3	0.00012ns	0.00003ns	0.00002ns	0.00002ns	0.00004861ns
Error experimental	12	0.00020	0.00010	0.00003	0.00003	0.00004
CV(%)		2.9	2.0	0.9	0.8	1.1

FV= fuente variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo; *= significativo; **= muy significativo; psr= peso seco raíz; dds=días después de la siembra.

Cuadro 6.2. Peso seco en raíz (gramos), en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento (ppm)	psr15dds	psr20dds	psr25dds	psr30dds	Promedio
1250 Q	0.480	0.500	0.593bc	0.610b	0.548
1000 Q	0.485	0.498	0.600ab	0.610b	0.548
750 Q	0.490	0.493	0.590c	0.610b	0.548
500 Q	0.480	0.498	0.593bc	0.608b	0.545
250 Q	0.475	0.503	0.605a	0.623a	0.550
Testigo	0.483	0.498	0.598abc	0.623a	0.550
DMS	ns	ns	0.009	0.008	ns

psr= peso seco raíz; dds=días después de la siembra; Q= Quitosán; ppm= partes por millón; DMS= diferencia mínima significativa.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P < 0.05$); ns= No significativo.

Cuadro 6.3. Análisis de varianza y cuadros medios de algunas variables en plántula de melón. CIQA 2007.

FV	GL	psh15dds	psh20dds	psh25dds	psh30dds	Promedio
Tratamiento	5	0.00016ns	0.00076**	0.0037**	0.0134**	0.0025**
Repetición	3	0.00019ns	0.00006ns	0.0003ns	0.0034**	0.0001ns
Error experimental	12	0.00013	0.00007	0.0002	0.0005	0.00008
CV(%)		2.2	1.4	1.9	2.6	1.3

FV= fuente variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo; *= significativo; **= muy significativo; psh= peso seco hoja; dds=días después de la siembra.

Cuadro 6.4. Peso seco de hoja (gramos), en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento (ppm)	psh15dds	psh20dds	psh25dds	psh30dds	Promedio
1250 Q	0.527ab	0.60b	0.73b	0.87c	0.68c
1000 Q	0.533a	0.59b	0.77a	0.87c	0.69bc
750 Q	0.515b	0.57c	0.69c	0.84cd	0.66d
500 Q	0.523ab	0.57c	0.70c	0.83d	0.66d
250 Q	0.528ab	0.61a	0.75ab	0.99a	0.72a
Testigo	0.530ab	0.59b	0.74b	0.93b	0.70b
DMS	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01

psh= peso seco hoja; dds=días después de la siembra; Q= Quitosán; ppm= partes por millón; DMS= diferencia mínima significativa.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P < 0.05$); ns= no significativo.

Cuadro 6.5. Análisis de varianza y cuadros medios de algunas variables en plántula de melón. CIQA 2007.

FV	GL	pst15dds	pst20dds	pst25dds	pst30dds	Promedio
Tratamiento	5	0.00018ns	0.00009ns	0.00045**	0.00049**	0.00014**
Repetición	3	0.00031ns	0.00018ns	0.00004ns	0.00014**	0.00004ns
Error experimental	12	0.00018	0.00021	0.00001	0.00002	0.00002
CV(%)		2.8	2.8	0.6	0.7	0.9

FV= fuente variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo; *= significativo; **= muy significativo; pst= peso seco tallo; dds=días después de la siembra.

Cuadro 6.6. Peso seco de tallo (gramos) en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento (ppm)	pst15dds	pst20dds	pst25dds	pst30dds	Promedio
1250 Q	0.47	0.51	0.61b	0.64b	0.56a
1000 Q	0.47	0.50	0.62a	0.63c	0.56a
750 Q	0.47	0.50	0.59d	0.62d	0.55b
500 Q	0.48	0.50	0.60c	0.62d	0.55b
250 Q	0.47	0.51	0.62a	0.65a	0.56a
Testigo	0.47	0.50	0.60c	0.63c	0.55b
DMS	ns	ns	0.01	0.01	0.01

pst= peso seco tallo; dds=días después de la siembra; Q= Quitosán; ppm= partes por millón; DMS= diferencia mínima significativa.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P < 0.05$); ns= no significativo.

Cuadro 6.7. Análisis de varianza y cuadros medios de algunas variables en plántula de melón. CIQA 2007.

FV	GL	psp15dds	psp20dds	psp30dds	psp25dds	Promedio
Tratamiento	5	0.00023ns	0.0016ns	0.0214**	0.0077**	0.0042**
Repetición	3	0.00119ns	0.0004ns	0.0056**	0.0004ns	0.0008**
Error experimental	12	0.00052	0.0005	0.0008	0.0004	0.0001
CV(%)		1.5	1.4	1.3	1.0	0.6

FV= fuente variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo; *= significativo; **= muy significativo; psp= peso seco planta, dds=días después de la siembra.

Cuadro 6.8. Peso seco en planta (gramos) en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento (ppm)	psp15dds	psp20dds	psp25dds	psp30dds	Promedio
1250 Q	1.48	1.60ab	1.94b	2.12c	1.79b
1000 Q	1.49	1.59abc	1.99a	2.11cd	1.80b
750 Q	1.47	1.56c	1.88c	2.07de	1.75c
500 Q	1.48	1.58bc	1.89c	2.06e	1.75c
250 Q	1.47	1.62a	1.97a	2.26a	1.83a
Testigo	1.48	1.59abc	1.94b	2.18b	1.80b
DMS	ns	0.03	0.03	0.04	0.02

psp= peso seco planta; dds=días después de la siembra; Q= Quitosán; DMS= diferencia mínima significativa.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS ($P < 0.05$); ns= No significativo.

Cuadro 6.9. Análisis de varianza y cuadrados medios de algunas variables de la planta de melón. CIQA 2007.

FV	GL	Área foliar				Fruto / planta	Peso promedio por fruto	Rendimiento por planta
		30dds		70dds	Promedio			
Tratamiento	4	1178.0ns	0.8**	6391822.5**	600545.6ns	0.19*	0.79**	0.8**
Repetición	3	221.4ns	0.2ns	314129.3ns	452162.5ns	0.02ns	0.17ns	0.2ns
Error experimental.	12	1145.2	0.1	636966.4	251611.7	0.1	0.102	0.1
CV(%)		21.4	13.8	11.8	6.2	11.1	11.8	11.8

FV= fuente variación, GL= grados de libertad, CV= coeficiente de variación, ns= no significativo, *= significativo, **= muy significativo, dds= días después de la siembra, kg= kilogramo.

Cuadro 6.10. Área foliar a los 30, 50 y 70 días después de la siembra, peso medio de fruto, numero de frutos por planta, rendimiento por planta en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento	Área foliar (cm ²)				Frutos / planta	Peso promedio por fruto (kg/ fruto)	Rendimiento por planta (kg/planta)
	30dds	50dds	70dds	Promedio			
100Q	182.3	10741.5	14284.0b	8402.5a	2.425a	1.434a	3.467a
75F25Q	162.8	9589.5	14384.0b	8045.5ab	2.100ab	1.300b	2.737b
100F	157.3	9154.0	14630.5b	7980.5ab	2.125ab	1.158c	2.458b
Testigo	156.0	9490.8	12981.8c	7542.8b	1.825b	1.387a	2.534b
50F50Q	134.3	8936.8	16506.5a	8525.8a	2.225a	1.059d	2.364b
DMS	ns	ns	1229.6	772.8	0.4	0.08	0.5

100Q=100% Quitosán, 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán, 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán, 100F= 100% fungicida, kg= kilogramo, DMS= diferencia mínima significativa.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS (P < 0.05); ns= No significativo.

Cuadro 6.11. Análisis de varianza y cuadrados medios de algunas variables de la planta de melón. CIQA 2007.

FV	GL	Peso seco de tallo				Peso seco de hoja				Peso seco de planta			
		30dds	50dds	70dds	Promedio	30dds	50dds	70dds	Promedio	30dds	50dds	70dds	Promedio
Tratamiento	4	0.0022ns	25.5ns	648.12**	73.7**	0.03ns	36.7ns	4112.7**	434.2**	0.05ns	121.4ns	7738.2**	822.8**
Repetición	3	0.0009ns	57.7ns	11.66ns	5.5ns	0.01ns	107.8ns	149.7ns	11.1ns	0.01ns	322.6ns	238.4ns	27.6ns
Error Experimental	12	0.00	24.4	15.1	5.9	0.04	48.2	167.7	32.7	0.06	138.8	242.5	60.9
CV(%)		2.7	14.3	5.0	6.4	7.5	14.2	12.4	11.0	5.4	14.1	8.5	8.6

FV= fuente variación, GL= grados de libertad, CV= coeficiente de variación, ns= no significativo, *= significativo, **= muy significativo, dds= días después de la siembra.

Cuadro 6.12. Tratamientos de quitosán solo, solo fungicidas o combinación de quitosán más fungicida en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento	Peso seco de tallo (g)				Peso seco de hoja (g)				Peso seco de planta (g)			
	30dds	50dds	70dds	Promedio	30dds	50dds	70dds	Promedio	30dds	50dds	70dds	Promedio
100Q	1.9	39.0	80.3b	40.4ab	2.7	53.8	95.7b	50.7b	4.6	92.8	176.0c	91.1bc
75F25Q	1.9	33.4	78.0b	37.8b	2.5	47.2	90.1b	46.6bc	4.4	80.5	168.1c	84.3c
100F	1.9	32.7	82.1b	38.9b	2.5	45.7	130.4a	59.5a	4.4	78.4	212.4b	98.4ab
Testigo	1.9	34.3	58.6c	31.6c	2.5	49.2	63.8c	38.5c	4.4	83.4	122.3d	70.1d
50F50Q	1.9	33.8	93.8a	43.1a	2.4	48.7	143.2a	64.8a	4.3	82.5	237.1a	107.9a
DMS	ns	ns	6.0	3.8	ns	ns	20.0	8.8	ns	ns	24.0	12.0

100Q=100% Quitosán, 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán, 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán, 100F= 100% fungicida, dds= días después de la siembra.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS (P < 0.05); ns= No significativo.

Cuadro 6.13. Análisis de varianza y cuadrados medios de algunas variables de la planta de melón. CIQA 2007.

FV	GL	Tasa relativa de crecimiento			Tasa de asimilación neta		
		50dds	70dds	Promedio	50dds	70dds	Promedio
Tratamiento	4	0.00003ns	0.0007**	0.00018**	3.01E-8 ns	1.37E-7**	5.51 E-8**
Repetición	3	0.00014ns	0.0002*	0.000004ns	4.61E-8*	2.52E-8*	4.49 E-9ns
Error experimental	12	0.00	0.00	0.000002	1.38E-8	6.19E-9	1.8 E-9
CV(%)		4.7	17.2	1.6	6.8	18.7	4.0

FV= fuente variación, GL= grados de libertad, CV= coeficiente de variación, ns= no significativo, *= significativo, **= muy significativo, trc= tasa de crecimiento relativo, tan= tasa de asimilación neta, trcf= tasa de crecimiento foliar relativo, raf= relación de área foliar

Cuadro 6.14. Análisis de crecimiento en el cultivo de melón, ciclo agrícola verano –otoño. CIQA 2007.

Tratamiento	Tasa de asimilación neta g/cm ² *día (TAN)			Tasa relativa de crecimiento g/g*día (TRC)		
	50dds	70dds	Promedio	50dds	70dds	Promedio
100Q	0.0017ab	0.00034b	0.00102c	0.2	0.03b	0.091c
75F25Q	0.0016b	0.00037b	0.00101cd	0.1	0.04b	0.091c
100F	0.0016b	0.00059a	0.00113b	0.1	0.05a	0.097b
Testigo	0.0017ab	0.00018c	0.00095d	0.1	0.02c	0.829d
50F50Q	0.0019a	0.00063a	0.00125a	0.1	0.05a	0.100a
DMS	0.0002	0.0001	0.0001	ns	0.012	0.0023

100Q=100% Quitosán, 75F25Q= 75% fungicida mas 25% quitosán, 50F50Q= 50% fungicida mas 50% quitosán, 100F= 100% fungicida, trc= tasa de crecimiento relativo, tan= tasa de asimilación neta, trcf= tasa de crecimiento foliar relativo, raf= relación de área foliar.

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, DMS (P < 0.05); ns= No significativo.

