

# TESIS CON CARACTER ABIERTO

**PROGRAMA:** MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

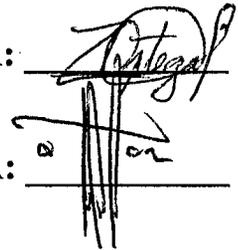
---

**AUTOR:** ALFREDO MONSERRAT LUCKIE NAVARRETE FIRMA 

**TITULO:** Evaluación de dos complejos de poliácido acrílico-quitosán como posibles promotores de crecimiento en melón (*Cucumis melo* L.) bajo dos diferentes niveles de humedad.

**ASESORES:** Dra. Hortensia Ortega Ortiz

FIRMA:



M.C. Eduardo A. Treviño López

FIRMA:

El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 18 de Diciembre de 2013



Sello de la Institución



Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández  
Director General del CIQA

**RECIBIDO**  
CENTRO DE INFORMACIÓN  
28 FEB 2014

**RECIBIDO**

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



## PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA

**“Evaluación de dos complejos de poliácido acrílico-quitosán como posibles promotores de crecimiento en melón (*Cucumis melo*L.) bajo dos diferentes niveles de riego”**

TESIS

Presentada por:

**ALFREDO MONSERRAT LUCKIE NAVARRETE**

Para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA**

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Diciembre, 2013.**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**

  
**CENTRO DE INFORMACIÓN**

**28 FEB 2014**

**RECIBIDO**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**

**Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura**

**TESIS**

**“Evaluación de dos complejos de poliácido acrílico-quitosán como posibles promotores de crecimiento en melón (*Cucumis melo* L.) bajo dos diferentes niveles de humedad”**

*Presentada por*

**ALFREDO MONSERRAT LUCKIE NAVARRETE**

*Para obtener el grado de:*

**Maestro en Ciencias en Agroplasticultura**

*Asesorada por:*

**Dra. Hortensia Ortega Ortiz  
M.C. Eduardo A. Treviño López**

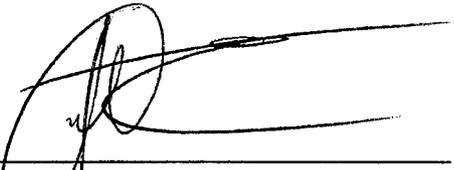


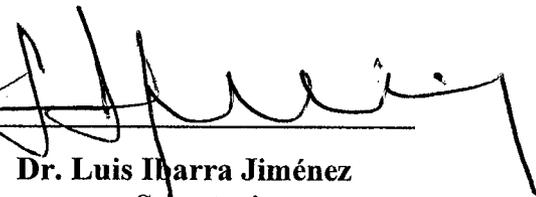
**CENTRO DE INFORMACIÓN**

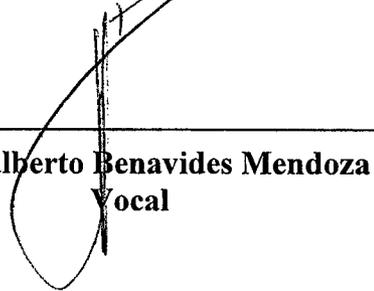
**28 FEB 2014**

**RECIBIDO**

**SINODALES**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Antonio Cárdenas Flores  
Presidente**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Luis Ibarra Jiménez  
Secretario**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Vocal**

**Saltillo, Coahuila**

**Diciembre, 2013.**

## DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la parte Experimental así como en la parte de Resultados y Discusiones de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 18 Diciembre de 2013.



ALFREDO MONSERRAT LUCKIE NAVARRETE



CENTRO DE INFORMACIÓN

28 FEB 2014

**RECIBIDO**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA  
ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO

DIRECCIÓN DE POSGRADO

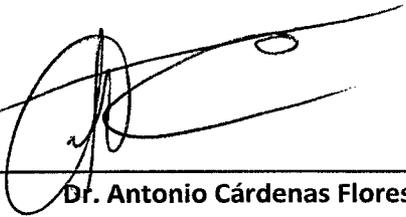
Saltillo, Coahuila a 20 de Febrero de 2014

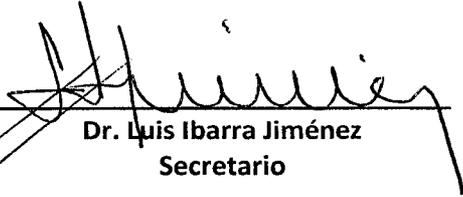
Coordinación de Posgrado  
Presente

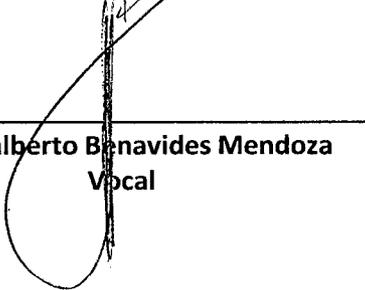
Por este conducto nos permitimos informar a esta coordinación que, el documento de tesis preparado por **ALFREDO MONSERRAT LUCKIE NAVARRETE** titulado "**Evaluación de dos complejos de poliácido acrílico-quitosán como posibles promotores de crecimiento en melón (*Cucumis melo L.*) bajo dos diferentes niveles de humedad**" el cual fue presentado el día 18 de Diciembre de 2013, ha sido modificado de acuerdo a las observaciones, comentarios y sugerencias, realizadas por el Comité Evaluador asignado. Por tal motivo, avalamos que el documento adjunto corresponde a la versión final del documento de tesis.

Atentamente,

SINODALES

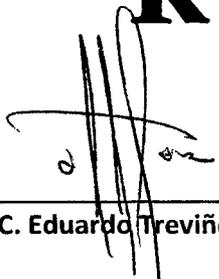
  
Dr. Antonio Cárdenas Flores  
Presidente

  
Dr. Luis Ibarra Jiménez  
Secretario

  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Vocal

Vo. Bo. de los ASESORES

  
Dra. Hortensia Ortega Ortiz

  
M.C. Eduardo Treviño López

  
CENTRO DE INFORMACIÓN

28 FEB 2014

**RECIBIDO**

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por la beca otorgada para mis estudios de posgrado, con lo cual me permitió realizar y concluir el presente proyecto de investigación.

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada** por brindarme la oportunidad de ingresar y así continuar con mi formación académica.

A la **Dra. Hortensia Ortega Ortiz** por darme la oportunidad de participar en su proyecto y el apoyo brindado en este trabajo de investigación a través del Proyecto CB80425.

Al **MC. Eduardo Treviño López** por los conocimientos compartidos, amistad y todo el apoyo brindado durante el transcurso de este proyecto.

Al **Dr. Marcelino Cabrera** por sus valiosas aportaciones durante el desarrollo de este proyecto.

A mis sinodales: **Dr. Luis Ibarra Jiménez, Dr. Antonio Cárdenas y al Dr. Adalberto Benavides Mendoza.**

A mis profesores, **Dra. Hortensia Ortega Ortiz, MC. Juanita Flores, MC. Rosario Quezada, Dr. Luis Ibarra Jiménez, Dr. Antonio Cárdenas, Dr. Juan Munguía, Dr. Marco Antonio Arellano García, MC. Adrián Méndez Prieto, Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, Dr. Hugo Lira** por su tiempo dedicado para mi formación profesional, también su valiosa amistad que siempre la tendré presente y por todo el apoyo brindado durante mi estancia en este Centro de Investigación.

Al **Lic. J. Alejandro Espinosa Muñoz** por su apoyo en la determinación de los micronutrientes de las plantas por ICP.

Al **Ing. Gerardo Ramos** por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este proyecto y también a todos los trabajadores que influyeron en mi formación académica: Ing. Felipe, Sr. Jacobo, Sr. Arturo y Sr. Francisco pertenecientes al departamento de Plásticos en la Agricultura.

## **DEDICATORIA**

**A DIOS**, Por darme la oportunidad de vivir y la luz para guiarme por el buen camino con sus bendiciones.

**A mis padres, Carmen Estela Navarrete García y Miguel Luckie Muciño.** Por darme la vida y alegría. A mi padre por sus sabios consejos y en especial a mi madre, por su apoyo en los momentos difíciles y sus oraciones.

**A mis hermanos**, como un ejemplo de superación personal: a Víctor Sebastián, Miguel Olegario, Sergio Luis, Felipe de Jesús y en especial a mi hermana Martha Reyna por su gran apoyo incondicional tanto emocional como económico, por su cariño y comprensión en los momentos difíciles de mi vida.

**A todos mis sobrinos**, en especial a que estuvieron cerca de mí a Jimena Valeria, Miguel Alejandro, Miguel Lisandro, Joseph Santiago y Jazmín por ser mi gran motivación y darle el mejor ejemplo a seguir.

**A todos mis familiares**, que de alguna forma influyeron en la culminación de mi carrera, en especial al Ing. Sergio Luis Luckie Navarrete quien con sus consejos me estuvo inculcando el interés de estudiar y por la oportunidad de brindarme trabajo durante la trayectoria de mi carrera.

**A mi novia**, Alicia Ramos Díaz de León por su gran amor, apoyo, confianza, fuerza, motivación, amistad, cariño con todas sus motivaciones y preocupaciones. Gracias por hacer mi vida feliz.

**A mis amigos**, Antonio Olvera Pantoja, Lehovvy Edwards Velázquez Díaz, Ramón Donovan Zaragoza Nieto, Josafat Alvarado Camarillo, Isaac Villareal, Efrén Torres, gracias por sus grandes consejos, orientación y estar siempre apoyándome a seguir estudiando así como también ser parte de mi vida.

En general a todas aquellas personas quienes de alguna manera influyeron durante mi formación profesional, a través de su cariño, su apoyo con sus sabios consejos y por todas las cosas que me han enseñado y que me han ayudado a salir adelante.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

**AGRADECIMIENTOS**

**DEDICATORIA**

**INDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE CUADROS**

1.1 Polímeros.....	1
1.1.1 Clasificación de los polímeros .....	1
1.2 Quitina.....	1
1.3 Quitosán .....	2
1.3.1 Obtención del quitosán .....	3
1.4 Propiedades químicas del quitosán y su diferencia con la quitina .....	4
1.5 Principales aplicaciones del quitosán.....	5
1.6 Aplicación del quitosán en la agricultura .....	6
1.6.1 Quitosán como estimulador del crecimiento en plantas .....	6
1.6.2 Quitosán como inductor de resistencia .....	7
1.6.3 Protección de frutos y vegetales frescos con recubrimientos de quitosán .....	8
1.6.4 Protección de plántulas.....	9
1.7 Oligómeros .....	10
1.7.1 Obtención de los oligómeros .....	10
1.7.2 Oligómeros de quitosán .....	11
1.8 Poliácido acrílico (PAA).....	13
1.9 Complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos .....	13
1.10 Cultivo de melón .....	14
<b>II. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 Hipótesis.....	26
3.2 Objetivo general.....	26
3.2.1 Objetivos específicos.....	26
<b>IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>27</b>
4.1 Materiales .....	27
4.1.1 Material genético .....	27
4.1.2 Materiales de fertirriego .....	27

4.1.3 Agroquímicos y reactivos .....	27
4.1.4 Materiales y equipo de laboratorio.....	28
4.2 Metodología .....	29
4.2.1 Sitio experimental .....	29
4.2.2 Preparación del terreno y siembra del cultivo.....	29
4.2.3 Fertiriego .....	29
4.2.4 Control de plagas y enfermedades.....	30
4.2.5 Cosecha .....	30
4.2.6 Complejos de poliácido acrílico-quitosán .....	30
4.2.7 Diseño experimental y análisis estadístico.....	31
4.2.8 Análisis de minerales.....	31
4.2.8.1 Nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ -N).....	32
4.2.8.2 Fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ - P).....	32
4.2.8.3 Potasio (K) .....	32
4.2.8.4 Sulfuro, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ - S) .....	32
4.2.9 Análisis de metales.....	33
4.2.10 Variables a evaluar .....	33
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
5.1 Cultivo de melón bajo dos diferentes niveles de riego, con aplicación foliar de poliácido acrílico-quitosán .....	34
5.1.1 Variables de crecimiento.....	34
5.1.2 Variables de producción.....	39
5.1.3 Variables de calidad .....	41
5.1.4 Concentración nutrimental .....	42
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Leyenda</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.1</b>	Estructura química de la quitina	<b>2</b>
<b>Figura 2.1</b>	Estructura química del quitosán.	<b>3</b>
<b>Figura 3.1</b>	Representación esquemática de un complejo.	<b>14</b>
<b>Figura 5.1</b>	Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, en plantas de melón (cv. Oro duro) tratadas con complejos de poliácido acrílico-quitosán (C1 yC2) vía foliar sobre el peso fresco a los 34 DDS.	<b>35</b>
<b>Figura 5.2</b>	Efecto de la interacción de los niveles de riego en el suelo, aplicando complejos de PAA-Quitosán vía foliar sobre peso seco de las plantas de melón (cv. Oro duro) a los 34 DDS.	<b>37</b>
<b>Figura 5.3</b>	Efecto de los niveles de riego aplicados al suelo, 100 y 75% sobre la concentración de Potasio en las plantas (hojas y tallos) de melón (cv. Oro) duro a los 76 DDS.	<b>44</b>
<b>Figura 5.4</b>	Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre la concentración de Potasio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.	<b>46</b>
<b>Figura.5.5</b>	Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre la concentración de Potasio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.	<b>47</b>
<b>Figura. 5.6</b>	Respuesta de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre el porcentaje de nitrógeno en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.	<b>48</b>
<b>Figura. 5.7</b>	Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre la concentración de nitrógeno en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.	<b>49</b>
<b>Figura. 5.8</b>	Respuesta de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76	<b>52</b>

DDS.

**Figura. 5.9** Respuesta de los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS. **52**

**Figura. 5.10** Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro) duro a los 76 DDS. **53**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Leyenda</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.1</b>	Principales aplicaciones del quitosán (Rinaudo, 2006).	<b>5</b>
<b>Cuadro 1.2</b>	Contenido de nutrimentos y la solubilidad de algunas materias primas comerciales utilizadas como fertilizantes.	<b>19</b>
<b>Cuadro 4.1</b>	Distribución de los tratamientos en campo en base a la riego y complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados.	<b>31</b>
<b>Cuadro 5.1</b>	Efecto sobre el peso fresco en gramos a través del tiempo en melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán (C1 y C2) vía foliar con diferentes porcentajes de riego.	<b>34</b>
<b>Cuadro 5.2</b>	Respuesta del melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán vía foliar a dos diferentes porcentajes de riego sobre el peso seco.	<b>36</b>
<b>Cuadro 5.3</b>	Efecto sobre el área foliar a través del tiempo en melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar con diferentes porcentajes de riego.	<b>38</b>
<b>Cuadro 5.4</b>	Respuesta de melón cv Oro duro con los diferentes porcentajes de riego y aplicación de los complejos de quitosán aplicados vía foliar, sobre los parámetros de calidad a los 76 DDS.	<b>40</b>
<b>Cuadro 5.5</b>	Influencia de los porcentajes de riego y aplicación de los complejos de quitosán aplicados vía foliar, sobre la calidad de fruto de melón cv Oro duro a los 76 días después de la siembra.	<b>41</b>
<b>Cuadro 5.6</b>	Concentración en porcentaje de macronutrientes contenidos en las hojas y tallos de la planta de melón (cv. Oro duro) expuestas a diferentes porcentajes de riego y aplicación foliar de los complejos de poliácido acrílico-quitosán.	<b>43</b>
<b>Cuadro 5.7</b>	Concentración de macronutrientes en frutos de melón (cv. Oro duro) expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán vía foliar.	<b>45</b>
<b>Cuadro 5.8</b>	Concentración en porcentaje de Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en hojas y tallos de melón (cv. Oro) duro expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar.	<b>50</b>
<b>Cuadro 5.9</b>	Concentración en porcentaje de Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en el fruto de melón (cv. Oro duro) expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar.	<b>51</b>

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Polímeros

Se determina a la formación o agrupación entre sí de monómeros o unidad repetitiva (fragmento de un polímero) de una o varias moléculas repetitivas que a su vez forman un macromolécula llamada Polímero, la unión de estas moléculas se logran por medio de enlaces covalentes (Beltran y Marcilla, 1998). A su vez se llaman oligómeros (con peso molecular no mayor a 20,000) a aquellas unión de monómeros que se encuentre por debajo de  $10^4$  de peso molecular (Hinojosa, 2013). Para obtener el número de moléculas de monómero disponible en esta secuencia determina el grado de obtención polimérica.

### 1.1.1 Clasificación de los polímeros

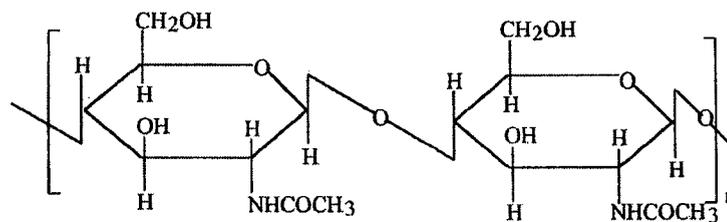
Para clasificar un polímero existen dos ramas principales que hacen alusión al tipo de origen, estas clasificaciones son naturales y sintéticos, los polímeros naturales o también comúnmente llamados biopolímeros que se componen por estructuras muy complejas como por ejemplo la celulosa, la quitina, lignina, el látex, el ácido desoxirribonucleico, el hule, caucho natural o las proteínas, los polímeros presentan gran importancia desde el punto de vista económico, normalmente contienen entre uno y tres tipos diferentes de unidades que se repiten sucesivamente, como son el polietileno, polícloruro de vinilo, nylon y el poliestireno entre otros. Por otro lado, los polímeros semisintéticos o seminaturales poseen algún porcentaje de polímeros naturales o sintéticos, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado son algunos ejemplos que pertenecen a este grupo.

## 1.2 Quitina

La quitina es considerado el segundo polímero natural más importante en el mundo, poli ( $\beta$ -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina), claro después de la celulosa, es un polisacárido natural de gran importancia, insoluble en solución acuosa, identificado por primera vez en 1884. Una enorme cantidad de organismos vivos sintetizan este biopolímero. La quitina se produce en la naturaleza, como microfibrillas cristalinas, que forman componentes estructurales en el exoesqueleto de los artrópodos o en los hongos y levaduras.

Es también producido con el finalidad de brindar funciones donde se necesita de refuerzo y la dureza son primordialmente obligatorios (Rinaudo, 2006). Cuando la quitina se somete al

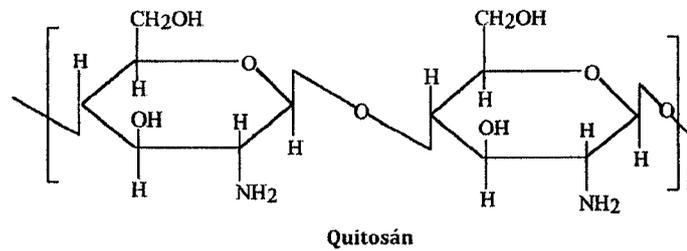
proceso de desacetilación se obtiene el quitosán, la quitina tanto como el quitosán tiene muchas aplicaciones en diferentes ramas. Sin embargo, como se ha venido realizando la producción a escala del quitosán se realiza principalmente de la cubierta de crustáceos y desechos de plantas procesados debido a que se pueden obtener con gran facilidad (Lárez, 2006).



**Figura 1.1** Estructura química de la quitina

### 1.3 Quitosán

El quitosán es un biopolímero de los residuos de glucosamina, del griego  $\chi\iota\tau\acute{o}\nu$  que significa coraza (Rinaudo, 2006). El principal sector encargado de proveer estos desechos es la industria de los mariscos (Wong, *et al.* 1992). Pero también es posible extraerlo a partir de algas, hongos, insectos, crustáceos y bacterias. Cabe resaltar que el quitosán tal cual, al obtenerse a partir de los crustáceos y hongos es ligeramente diferente: el quitosán producido a partir de la quitina de crustáceos presentes en los grupos acetilo que se distribuyen uniformemente a lo largo de la cadena polimérica, mientras que el quitosán obtenido a partir de las paredes celulares de los hongos presentan los residuos acetilo concentrados en diferentes puntos a lo largo del polímero (Pérez, *et al.* 2013). El quitosán por lo general contiene polisacáridos de alto peso molecular y fuerte red de enlaces de hidrógeno intermoleculares o intramoleculares (Huang, *et al.* 2007). La obtención más común es por desacetilación extensiva de la quitina y está constituida por dos tipos de unidades estructurales (N-acetil-D-glucosamina y D-glucosamina) que logran un acomodo al alzar a lo largo y ancho de la cadena, unidas entre sí por enlaces del tipo  $\beta(1 \rightarrow 4)$  (Figura 1.2).



**Figura 2.1.** Estructura química del quitosán.

### 1.3.1 Obtención del quitosán

La producción de quitina y quitosán actualmente se centra en la obtención de estos materiales a través de cangrejos y conchas de camarón desechados por las industrias conserveras en Oregon, Washington, Virginia y Japón y por distintas flotas de acabado en la Antártida, varios países poseen grandes recursos marinos de crustáceos explotados, por ejemplo, Noruega, México y Chile (Pérez, *et al.* 2013). Una de las principales vertientes en la investigación de quitosán se vuelcan a la preparación con diversos pesos moleculares MV (viscosidad estándar) y DA (grado de acetilación) de la quitina, la dependencia de sus propiedades de la solución en la DA, la preparación de derivados y aplicaciones. Esponjas, polvos y fibras pueden ser obtenidos por la regeneración de quitosán o sus derivados a partir de esas soluciones (Rinaudo, 2006). El quitosán y sus derivados no son tóxicos, son biodegradables y no perjudiciales con el medio ambiente, su producción generalmente es por la desacetilación de la quitina mediante un método alcalino. La quitina se trata con solución alcalina concentrada (40% - 45% de hidróxido de sodio (NaOH)) y temperatura de 120 °C/1-3 horas como reporta Kumar, en el año 2000. El proceso de obtención de quitosán se realiza con una serie de lavados alcalinos, ácidos y con agua suficiente. Sin embargo esta *N*-desacetilación no es totalmente completa y el quitosán es considerado como un derivado de la quitina parcialmente *N*-desacetilado. A todo esto existe una clara distinción entre la quitina y el quitosán proporcionado precisamente por el grado de *N*-desacetilación (Rabea, *et al.* 2003).

#### **1.4 Propiedades químicas del quitosán y su diferencia con la quitina**

El quitosán tiene un contenido alrededor de un 7% de nitrógeno, la distribución de los grupos aminos libres es regular ya que pueden ser protonados por ciertos ácidos, a este proceso reaccionan cargándose positivamente, lo que le da propiedades de polimerización de esta manera lo señala Glasser, 1997. Esta propiedad le permite responder al quitosán de una forma para enlazarse con sustancias cargadas negativamente tales como, proteínas, azúcares, lípidos entre algunas otras, a este efecto le confiere características adherentes, adsorbentes y floculantes son capacidades adicionales a las reacciones típicas de las aminas (Crini, 2005). Otra propiedad que cabe resaltar del quitosán que en su estructura rígida, que se caracteriza por contener numerosos enlaces por medio de puentes de hidrógeno la cual le confiere una enorme estabilidad térmica. Sugimoto (1999), señala que se descompone aproximadamente a 170°C y se degrada antes de fundir, lo cual es una característica de polisacáridos que poseen varios enlaces por puentes de hidrógeno. En cuanto al grado de acetilación se ha establecido, que la quitina con más de un 50% de desacetilación debe ser considerada quitosán e incluso algunos investigadores la definen como tal con un grado de desacetilación superior al 60%. El grado normal para el uso del quitosán se encuentra entre el 60 al 98%. Se ha comprobado que con el uso de quitosán con acetilos al 40% mejora la actividad biológica (Muzzarelli, 1977). El quitosán presenta muchas funciones diferentes, esto debido a las tres formas estructurales fundamentales en que se puede encontrar la molécula: la forma cristalina hidratada, la cristalina no hidratada y la no cristalina o amorfa esto se explica mayormente por su relación con la presencia de los grupos aminos libres en cada residuo monomérico de su molécula, estas funciones se deben (Rodríguez, *et al.* 2009). Existe una falta de respuesta al someterse a disolverse fácilmente en reactivos tales como el ácido acético en solución acuosa de las muestras de quitosán (Ogawa y Yui, 1993). La presencia de remanentes de alfa quitina y cristales de quitosán no hidratados, es detectada por la aparición de rayos X esto ocurre a medida que disminuye la desacetilación (Agüero, 1989). La desacetilación convierte a la quitina en un estado insoluble, a diferencia que en el quitosán se comporta soluble en soluciones ligeramente ácidas, por lo cual la principal diferencia entre la quitina y el quitosán se encuentra en su comportamiento ante la desacetilación. La solubilidad del quitosán se le atribuye a los grupos amino (-NH<sub>2</sub>) que contiene, los cuales al ser protonados después de su disolución a pH 6 o inferior forma

grupos catiónicos de amina ( $-\text{NH}_3^+$ ), lo que aumenta la repulsión eléctrica y da como resultado un polisacárido soluble policationico, con un gran número de grupos cargados. A diferencia del quitosán que este tiende a perder su carga a pH más altos, por lo que puede ser precipitado debido a la pérdida de protones (desprotonación) de los grupos amino (Singla y Chawla, 2001).

## 1.5 Principales aplicaciones del quitosán

**Cuadro 1.1** Principales aplicaciones del quitosán (Rinaudo, 2006).

Agricultura	Mecanismo de defensa de las plantas La estimulación del crecimiento de las plantas Recubrimiento de semillas, protección contra heladas Tiempo de liberación de fertilizantes y nutrientes en el suelo Formulaci3n de pel3culas
Tratamiento de Aguas y Residuos	Floculantes para aclarar el agua (potable agua, piscinas) La eliminaci3n de iones met3licos Pol3mero ecol3gica (eliminar pol3meros sint3ticos) Funciona para Reducir los olores
Alimentos y Bebidas	Alimentos no digeribles por el ser humano (la dieta de fibra) Atrapador de l3pidos (reducir el colesterol) Preservador Espesante y estabilizante para salsas Protecci3n, fungist3tico, antibacteriano recubrimiento de las frutas
Cosm3ticos y art3culos de tocador	Mantener humectada la piel Tratar el acn3, tono de la piel Mejorar la flexibilidad del pelo Reducir la electricidad est3tica en el cabello La higiene bucal (pasta de dientes, goma de mascar)
Biofarmacia	Inmunol3gico, antitumoral Hemostasia y anticoagulantes Curaci3n, bacteriost3tico

## **1.6 Aplicación del quitosán en la agricultura**

En América los primeros pobladores utilizaban preparaciones derivadas de hongos con el fin de disminuir el tiempo de cicatrización por otro lado en Asia primitiva se utilizaban quitina que era proveniente de la pluma de calamar para cumplir el mismo propósito (Goodman, 1989). La utilización del quitosán en el ámbito agrícola es reciente pero es un campo abundante y en crecimiento (Lárez, 2008).

### **1.6.1 Quitosán como estimulador del crecimiento en plantas**

Un primer aspecto de las propiedades biológicas de quitosán es que éste es un inductor de numerosas actividades cuando está en contacto ya sea con células animales o vegetales (Domard, 2011). En el caso de las células vegetales, el resultado depende del grado de acetilación y el peso molecular, sino también de la línea celular. Por lo tanto, cuando una solución de quitosán se sometió a una suspensión de células *Chararantusroseus*, se observó una producción de callosa. La respuesta fue dependiente de la dosis y se incrementó la distribución peso. También aumentó en la disminución del grado de acetilación. Estos resultados mostraron un mecanismo de exclusión hacia pesos moleculares muy elevados, debido a un efecto de barrera de la pared celular. En efecto, en el caso de protoplastos, no se observó límite en la distribución del peso. También reveló que las interacciones entre el quitosán y las células fueron reforzadas por la presencia de los grupos amino de los residuos de glucosamina. Así pues, se propone que este tipo de interacción podría llevarse a cabo con algunos fosfolípidos de carga negativa de la membrana, con una alteración de la fluidez de la membrana, especialmente el transporte de iones conocidos por estar asociados a la producción de callosa (Kauss, Jeblick, y Domard, 1989).

El quitosán que son procedentes de hongos, requirieron de menores dosis para la iniciación en la diferenciación de tejidos de plantas de orquídea, a diferencia de los oligómeros que proceden de caparazones de camarones (Nge, *et al.* 2006). En las propiedades fisicoquímicas del quitosán los aspectos fundamentales se deben en gran medida a la fuente de donde este proviene. La aplicación de quitosán en las plantas, ha demostrado efectos positivos en el crecimiento, como al estimular la germinación de las semillas, también se ha observado crecimiento en hojas, raíces y retoños. Se ha comprobado que la estimulación en la germinación de las semillas con tratamiento de quitosán, resulta en el

aumento en el porcentaje de germinación hasta llegar a niveles aprobados en certificación de semilla (Bhaskara, *et al.* 1999).

### **1.6.2 Quitosán como inductor de resistencia**

Años atrás se ha comprobado que el quitosán promueve reacciones de defensa en algunas plantas (Pearce y Ride, 1982), sensibilizándolas para responder más rápidamente al ataque de patógenos, esto se explica a que el quitosán se comporta como un patógeno del punto de vista de la planta, funciona como una vacuna. Según Laréz (2008) algunas sustancias cuya inducción responde a la presencia de quitina y/o quitosán, así como también muchos de sus derivados, se incluyen:

- Fitoalexinas: pisantina, risitina, orchinol, genistein, etc.
- Proteínas relacionadas a la patogénesis.
- Inhibidores proteicos
- Ligninas

Un detalle relevante con el manejo del quitosán es que es un inductor, esto además del peso molecular y su grado de acetilación. Los quitosanes completamente desacetilados no inducen respuestas defensivas, en su mayoría de los sistemas donde se han visto tratados, los resultados arrojados con materiales parcialmente acetilados son muchas veces dependientes del sistema estudiado, se piensa que se activan diferentes mecanismos en la inducción por esta razón actúan como excelentes inductores, (Lee, *et al.* 1999). Es por ello que se ha llegado a la conclusión que la actividad del quitosán como inductor se debe a sus regiones acetiladas.

Las plantas al ser expuestas a un ataque por microorganismos responden con los mecanismos de defensa, esta reacción inicia con el incremento en la activación de enzimas, tales como la fenilalanina amonioliasa (PAL), esta es clave en la síntesis de metabolitos defensivos necesarios de los cuales destacan las fitoalexinas, que constituyen compuestos altamente tóxicos al patógeno. Algunas enzimas de defensa que se activadas son:  $\beta$ -1,3 glucanasas, quitinasas, quitosanasas, por mencionar algunas así lo menciona Inui y colaboradores (1997). Los elicitores, que son las que moléculas del patógeno que al interactuar con los receptores de la planta son compuestos capaces de estimular estos mecanismos defensivos, estos pueden ser aplicados de forma preventiva o curativa

(Sathiyabama y Balasubramanian, 1998). El quitosán no sólo puede ser utilizado para proteger la planta, o como inductor de los patógenos, también se logró observar que es eficaz para aumentar el efecto producido de alguna sustancia que se esté utilizando para proteger a los cultivos, como ocurre en algunos casos con los metabolitos secundarios como por ejemplo del aceite esencial d-limoneno en algunos cítricos y el mentol en la menta (Lockwood *et al.*, 2007; Chang *et al.*, 1998).

### **1.6.3 Protección de frutos y vegetales frescos con recubrimientos de quitosán**

Desde la década de los setenta se ha estudiado que gracias a las propiedades bactericidas y antifúngicas de quitosán que se emplea para el recubrimiento de frutas y vegetales, esto por su gran capacidad para formar películas y poseer una toxicidad mínima en los seres vivos (Ghaouth, *et al.* 1991). La formación de películas protectoras que puede formar el quitosán ayuda a la preservación de los productos, esto se debe a modificación de la atmósfera interna y a la disminución de las pérdidas por transpiración, además de reducción en la interacción con gases degradantes como el etileno entre otros (Lárez, 2008).

Se ha observado que existe un efecto benéfico al recubrir con quitosán los productos en su vida en anaquel. Esta práctica se llevó a cabo al recubrir a las fresas con soluciones de quitosán, después de su aplicación al cuarto día se observaron efectos positivos en la preservación de la fresa (Devlieghere, *et al.* 2004).

Las principales observaciones en estos sistemas han sido las siguientes:

- Ante la aplicación del recubrimiento de quitosán, a medida que transcurría el tiempo se observaron mejoras en la textura y firmeza del fruto.
- Se observa un sabor amargo al inicio del tratamiento, pero conforme continúan las aplicaciones este sabor amargo se reduce y llega a desaparecer, no presenta cambios en sus propiedades organolépticas.
- Existió una carga microbiológica mayor en los tratamientos que se les aplicó quitosán a través del tiempo.

En la preservación de frutos y vegetales las medidas que se deben considerar al utilizar el quitosán como recubrimiento son:

- Procedencia del quitosán

- El grado de acetilación
- El peso molecular.
- El ácido usado para preparar las soluciones acuosas.
- El pH medio, cuidando de respetar el pH natural del producto a proteger.
- Temperatura de almacenamiento.
- La presencia de otros componentes en el producto a proteger, como por ejemplo azúcares, sales, proteínas, etc.

#### **1.6.4 Protección de plántulas**

El estado inicial de los cultivos la protección es fundamental para la obtención de un producto de calidad y altos rendimiento. En este sentido se comprobó que el quitosán es efectivo inhibiendo el crecimiento de *B. cinérea* en plántulas de uva, también se demostró que a su vez activa el mecanismo de defensa en contra de este patógeno (Barka, *et al.* 2004). Los resultados reportados en estudios afines, reportan resultados positivos en la inducción de resistencia hacia *Fusarium oxysporum* en tomate (Benhamou, *et al.* 1998).

Abundando en este tema de las propiedades de quitosán como promotor del crecimiento, antifúngico, como protector de semilla-planta-fruto, nos ha llevado a que sea altamente rentable y atractivo para la agricultura convencional y orgánica. Otras aplicaciones que han ido estudiado es la aplicación del quitosán como biocida, en el 2001 en los cultivos de fresa y uva se observaron buenos resultados como bioplaguicida, también se podría recomendar su uso en toronjas pepino y melón (Baron, 2001).

El Ghaouthy colaboradores 1992 realizo estudios antifungicos in vitro mientras que como in vivo Li y Yu, 2001, nuevamente Yu y colaboradores en 2007. El quitosán inhibe el número de especies de hongos, exceptuando, o siendo menormente efectivo con aquellas que lo poseen en sus paredes celulares (Roller y Covill, 1999), gracias a la película que forma. El quitosán contenido en las paredes celulares de algunos hongos, deben tener una menor respuesta a la aplicación de dosis normales de este biopolímero por dos razones:

a) No ejerce una resistencia ante microorganismos, por efecto del quitosán contenido en las paredes celulares.

b) “Las interacciones electrostáticas del quitosán añadido (exógeno), cargado positivamente, deberían verse menos favorecidas con paredes celulares que poseen quitosán endógeno que cuando éstas poseen material con cargas negativas”.

Todos estos estudios han dejado claro los principales requerimientos que deben satisfacerse para lograr una mayor efectividad fungicida del ante la aplicación de este compuesto.

## **1.7 Oligómeros**

Los oligómeros se nombran también polímeros monosacáridos, los más abundantes son los disacáridos. Los oligosacáridos tienen propiedades reductoras, esto es cuando uno de los hidroxilos anoméricos no está comprometido con el enlace glucosídico. Es el caso entre otros, de la maltosa, isomaltosa, celobiosa y lactosa (Peña, *et al*, 2004). Existen otros en los cuales están comprometidos los carbonos anoméricos por lo que carecen de poder reductor y de mutarotación entre estos se encuentran la sacarosa, la trehalosa y la rafinosa. Los oligosacáridos se componen de dos a diez residuos de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos que se hidrolizan rápidamente a sus monosacáridos, por ácidos o enzimas específicas. Por otro lado los oligosacáridos de quitina, conformadores en parte de polímero de 2 a 20 unidades de N-acetilglucosamina. Su tamaño mucho menor, les confiere propiedades químicas y biológicas diferentes al polímero original, tales como la solubilidad en agua, y como moléculas señalizadoras en asociaciones simbióticas en las plantas (Nakakuki, 2002).

### **1.7.1 Obtención de los oligómeros**

Primeramente se determinan los parámetros óptimos de la reacción de hidrólisis enzimática del quitosán de peso molecular alto en el laboratorio, esto es de gran importancia; (Ortega, *et al*. 2009) por lo que en base a estos parámetros se lleva a cabo la obtención de los oligómeros de quitosán a nivel planta piloto.

Las reacciones de hidrólisis enzimática se llevaron a cabo en un reactor de capacidad de 120 litros con agitación y control de temperatura agregando una solución buffer de acetatos de pH 4.5 a temperatura ambiente, posteriormente se aumenta la temperatura a 60°C y se va adicionando poco a poco la cantidad necesaria de quitosán para obtener una solución al 1% y hasta que el quitosán esté completamente soluble se estabiliza la temperatura a 40°C para

poder agregar una solución del complejo enzimático celulolítico Celobiridin (*Trichoderma viride*).

Según Ortega y colaboradores 2012 describen el método que parte en la preparación de la mezcla de reacción se deja en agitación y temperatura constante por 24 horas. Después de este tiempo se detiene la reacción agregando una solución de hidróxido de sodio desactivando así la enzima. Posteriormente se lava el producto hasta pH neutro y se filtra; por último se seca a 50°C en estufa con circulación de aire. Para obtener diferentes pesos moleculares se debe variar solamente la concentración de la enzima de 20 a 80 mg/m.

### **1.7.2 Oligómeros de quitosán**

Los oligómeros de quitosán son polímeros de hasta 20 monosacáridos o que no superan Mv de 20,000 Da, la unión tiene lugar mediante enlaces glucosídicos. Los oligómeros de quitosán se componen por aminoazúcares de bajo peso molecular. “Estos oligosacáridos son una mezcla de oligómeros de D-glucosamina con un grado de polimerización de 20.3 y un peso molecular de aproximadamente 2000 Da” (Park, 2002).

Los oligosacáridos de quitosán han ido incrementando mucho el interés debido a su alta estabilidad y a las propiedades biológicas que contienen, lo cual ha generado el desarrollo de diferentes métodos para producirlos en cantidades adecuadas que permitan caracterizarlos. Entre éstos desarrollos destacan los métodos físicos como la radiación y la ultrasonificación, los métodos químicos (hidrólisis ácida) y los métodos biológicos de los que se prefiere la degradación enzimática, ya que esta puede ser controlada por medio de pH, temperatura y tiempo de reacción. En el quitosán es susceptible a la degradación por proteínas por acción enzimática proveniente de diferentes fuentes (Muzzarelli, 1997), incluidas enzimas no específicas, tales como la lisozima presente en las lágrimas, saliva, sangre y leche (Varumet *al.*, 1997), quitinasas (Sikorskiet *al.*, 2005), celulasas, hemicelulasas, proteasas (papaína y pronasa) (Kumaret *al.*, 2005), lipasas, glucanasas, y por enzimas específicas como son las quitosanasas (Rivas, *et al.* 2000). Las enzimas quitosanasas (QuitosanoN-acetil-glucosamino-hidrolasa, EC 3.2.1.132) quienes son encargadas de atacar las partes desacetiladas de la quitina, “catalizando la endohidrólisis de los enlaces glicosídicos  $\beta$ -(1→4) entre los residuos de D-glucosamina (GlcN-GlcN) pro-

duciéndose oligosacáridos de diferentes grados de polimerización, entre ellos de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 unidades de D-glucosamina”.

La evaluación realizada por García en 2009 en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), demostró que existe un efecto al aplicar foliarmente dos oligosacarinas ya patentadas, en cuanto al rendimiento y calidad de tomate. Para el rendimiento se reportó un aumento del 22 y 40%, respectivamente a cada oligosacarinas, las características de calidad se vieron mejoradas notablemente en lo que respecta a acidez titulable, °Brix y en la firmeza del fruto. Estudios en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratada con oligómeros pépticos revelaron un aumento en el largo del entrenudo, número de tallos y calidad del jugo, sólidos solubles totales (Mariña-de la Huerta *et al.*, 2005).

#### **1.7.2.1 Determinación del grado de N-acetilación del quitosán**

Se han estudiado numerosos métodos para determinar el grado de N-acetilación del quitosán que se han formulado con diferentes técnicas. Entre estas técnicas, podemos resaltar la potenciometría (Muzzarelli, 1977), la espectroscopia de infrarrojo (Sannan, *et al.* 1978), la espectroscopia en UV (Muzarelli y Rocchetti, 1985), la conductimetría (Raymond, *et al.* 1993) y la espectroscopia de RMN (Inoue, 1997).

Debido a su simplicidad, la espectroscopia infrarroja es uno de los métodos más comúnmente empleados ya que las muestras se pueden preparar para su análisis en forma de películas o en pastillas de KBr (Valenzuela, 2006). Las películas se obtienen esparciendo una solución de quitosán del 3-4% (w/w) en ácido acético 0.1 Molar sobre una placa de vidrio y dejándola secar a temperatura ambiente durante 12 horas. Después, se sumerge en NaOH o también puede ser amoníaco en metanol para convertirla de sal ácida a la forma amina. Posteriormente, se lava abundantemente con agua y se seca a vacío. Se examinaron varias muestras de quitina y quitosán cubriendo un amplio espacio de grado de acetilación y una amplia variedad de materias primas resultando que la relación de las bandas de absorción a  $1320\text{ cm}^{-1}$  y a  $1420\text{ cm}^{-1}$  (banda de referencia) también pueden ser usadas para determinar el grado de desacetilación independientemente de la técnica usada y de la forma de preparación de las muestras (Brugnerotto, *et al.* 2001).

### 1.7.2.2 Determinación del peso molecular promedio del quitosán

Para determinar el peso molecular de quitina y quitosán, los métodos más usados son:

- La viscosimetría,
- La dispersión de la luz
- La cromatografía de premiación de gel

Se explica el método más comúnmente utilizado que es la viscosimetría, su principal ventaja está en su facilidad de obtención de la viscosidad intrínseca  $[\eta]$ , que está directamente relacionada con el peso molecular en la ecuación de Mark-Houwink-Sakurada:

$$[\eta] = KMv^\alpha \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde

$Mv$  = El peso molecular promedio viscosimétrico

$K$  y  $\alpha$  = Constantes que dependen de la naturaleza del polímero, del sistema disolvente utilizado y de la temperatura.

### 1.8 Poliácido acrílico (PAA)

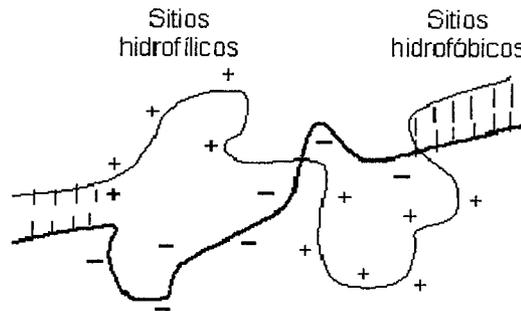
Por sus condiciones como espesante el PAA en un medio en su mayoría acuoso, forma productos en el intervalo de geles a líquidos al agregarle pequeñas cantidades del polímero (del orden de O. 1-2%). Algunos espesantes como el látex natural y sintético, esto como el fin de facilitar el recubrimiento e inmersión.

Aplicaciones del PAA se destacan principalmente área de Cosméticos (cremas, lociones, fijadores para cabello). Para espesar y suspender pigmentos, agentes de pulido y emulsiones. Su uso como adhesivo temporal ayuda a que los materiales cerámicos estén unidos antes de su cocción.

### 1.9 Complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos

Las características de ser solubles en agua y mejorar las propiedades de cada polímero son las principales ventajas de los complejos de poliácido acrílico quitosán (PAA-Q). Otra de sus ventajas son sus propiedades que al aplicarse al agua o suelo pueden quelatar metales de esta forma se inducen diferentes tolerancias tales como al estrés por aglomerar partículas

de suelo y no afecta a la planta por problemas de saturación o contaminación por sus propiedades de biodegradación (Benavides, *et al.* 2007).



**Figura 3.1** Representación esquemática de un complejo.

Se encontró adicionalmente un efecto promotor de crecimiento de los complejos de quitosán 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 presentara un efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de fruto tanto al aplicar el complejo de PAA-Q como con el ácido benzoico (Benavides, *et al.* 2007).

Los resultados más notables se lograron con el PAA-Q en cuanto a la calidad del fruto, la firmeza se mantuvo a medida que iba avanzando el tiempo. “El complejo de poliácido acrílico-quitosán (PAA-Q) con una composición igual a 2 y un pH igual a 4.5 se sintetizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada, usando poliácido acrílico de peso molecular 200 000 y quitosán marca Aldrich® con peso molecular 65 000, (Ortega-Ortiz, *et al.* 2003).

### 1.10 Cultivo de melón

El origen del melón se ha inferido su ubicación al sur de África o Asia, aunque la producción se extendió a los países mediterráneos y América. La producción mundial es de unas 19 millones toneladas al año.

China se ha posicionado como principal país productor de melón el mundo con el 63 por ciento de la producción mundial, Estados Unidos de América tiene una producción de un millón de toneladas mientras que en México se encuentra hasta el lugar número 11 a nivel

mundial con aproximadamente medio millón anual. El melón es un fruto de un alto consumo, a medida que el calor se ve favorecido su demandan se eleva por sus condiciones jugosas y succulentas. En México el melón ocupa el 3er lugar entre la familia de las cucurbitáceas solo después de la calabaza y la sandía y el 8vo lugar de interés entre las hortalizas, el tomate y pimiento son quienes encabezan este rankin que se cultivan en este país. La principal t, en segundo lugar el valenciano con 39,781 t y en tercero gota de miel con 137 t ([www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)).

El melón mexicano representa una fuerte fuente de ingresos en cada uno de sus procesos los cuales son el manejo, cosecha, empaque y transporte. Cultivo de ciclo anual, rastrera es su forma de crecer, si se le provén guías puede ser trepadora por estas equipada con zarcillos. El melón contiene un 90% de agua en lo que respecta al 10% sobrante compuesto por fibra dietética, energía, proteínas, vitaminas y minerales. Se consume comúnmente como fruta fresca en rebanadas en cocteles de fruta en compañía de otras frutas, gazpachos, energéticos (con yogurt y cereales), preparación de aguas frescas, helado, té, postres entre otros. Sobre el melón tipo cantaloupe se pueden percibir el melón chino, (rugoso o reticulado) las de tipo liso, donde destacan la variedad honeydew conocida como melón amarillo o gota de miel. Es un cultivo de climas cálidos, especialmente no excesivamente húmedos, esto es a causa de la vulnerabilidad a contraer algún tipo de hongo. Las condiciones a las que no se ve favorecido este cultivo son las regiones altamente lluviosas, por la reducción y alteración en la calidad del fruto o tendencias a pudrición del mismo. En lo que se refiere a edafología el cultivo no es muy exigente en cuanto a suelos, pero da mejores resultados si se planta en tierra con mucha materia orgánica, profunda, mullida y con buena aireación. Este cultivo en el tema de drenaje es muy exigente, porque al aparecer encharcamiento asfixian las raíces y hace que se pudran los frutos. Al realizarse una siembra directamente en la tierra, la temperatura mínima debe ser de 16°C. Al tener una semilla certificada se contempla una sola semilla por casa orificio, no debe ser enterrada a más de 3cm de profundidad, se recomienda cubrirla con material que no se compacte o endurezca a secarse la riego, como por ejemplo arena, humus o algún sustrato que cumpla estas condiciones.

Nacionalmente se cosechan alrededor de 27 mil hectáreas de melón, su rendimiento ronda los 600 mil toneladas y un rendimiento promedio de 20.82 ton/ha reporta el Centro de

Estadística Agropecuaria (1998). Los principales estados productores de esta hortaliza son: Durango, Guerrero, Michoacán, Sonora, Coahuila, Nayarit, Oaxaca, y Chiapas.

En el estado de Chihuahua se reporta un rendimiento promedio de 25.1 ton/ha (SAGARPA). Las condiciones climáticas de la región permite el establecimiento, adaptación y desarrollo de esta hortaliza, Además cuando las condiciones de mercado son favorables, éste cultivo resulta remunerativo, ya que su producto puede comercializarse en el mercado nacional durante los meses de julio y agosto, época en que otras zonas productoras del país carecen o tienen poca producción.

En México, la Comarca Lagunera es una importante región productora de melón, donde se cultiva particularmente el híbrido del melón Crusier, de alto rendimiento, precoz y con fruto de color excelente; se pretende introducir el melón Gold Eagle, debido a su alta resistencia a patógenos fúngicos como es la cenicilla (*Erysiphepolygoni*), quien es comúnmente la cual azota a este cultivo, el ciclo vegetativo es de carácter intermedio, así lo Harris Moran Seed. El manejo nutricional adecuado es indispensable, esto aunado a la utilización de acolchados, goteo dirigido, eliminación de malezas, se enfocan los resultados en la obtención de calidad y alto rendimiento de fruto. Las deficiencias nutricionales son capaces de reducir en 50% el rendimiento y en 70% la calidad del fruto (Pérez, *et al.* 2004). En cuanto a las variedades o híbridos evaluados los que mejor se han comportado son los siguientes por el campo experimental de Delicias en Chihuahua:

Melón Chino:

- Híbrido Laguna.

Diámetro ecuatorial de 14 a 18 cm

Diámetro polar de 25 a 29 cm.

Inicio de floración 54 y 62 días después de la siembra

El inicio de cosecha se realiza a los 95 y 105 días.

- Híbrido Laredo.

Diámetro ecuatorial de 12 a 16 cm

Diámetro polar de 23 a 27 cm

Inicio de floración 54 y 62 días después de la siembra

El inicio de cosecha se realiza a los 95 y 105 días.

Cabe mencionar que otros híbridos con buenos resultados son: Caravelle, Cruiser, Durango, Gold Rush, HyMark, Ovación, y SCC 30198.

Melón Liso:

- Variedad Honey dew green flesh.

Diámetro ecuatorial de 12 a 16 cm

Diámetro polar de 22 a 26 cm

Inicio de floración 54 y 62 días después de la siembra

El inicio de cosecha se realiza a los 95 y 110 días.

- **Clima y suelo**

En la extensión nacional existen gran variedad de microclimas según Köppen en la modificación realizada por Enriqueta González, esto arroja que se puede establecer casi cualquier cultivo agrícola que se maneja en otras partes del mundo. El calor es indispensable para la planta, le es perjudicial alta humedad por ser un factor que favorece a la aparición de hongos y pudrición de frutos, las bajas temperaturas colaboran a la caída de flores y aborto de frutos. La temperatura ideal para la germinación se encuentra entre 28°C y 32°C, para la floración entre 20°C y 23°C, y para el desarrollo entre 25°C y 30°C. La temperatura inferior a 13°C provoca el estancamiento del desarrollo vegetativo y a 1°C la planta se huela.

Es de conocimiento general que el melón tiene un efecto positivo a suelos franco-arenosos, con buen drenaje y contenido de materia orgánica. Pueden tener un desarrollo favorablemente en suelos ligeramente ácidos así como ligeramente salinos.

- **Acolchado**

La utilización del acolchado plástico acelera el crecimiento de las plantas, provee a la planta y el fruto protección ante el frío, incrementa la precocidad, conserva por más tiempo la humedad, reduce la competencia y presencia de malezas invasora y minimiza la incidencia de causada por plagas de acuerdo con Zapata y colaboradores (1989), el plástico utilizado tiene un ligero efecto repulsivo sobre los pulgones vectores. De hecho, la utilización de este material se considera la evolución más espectacular que se ha dado en este cultivo.

El acolchado es complemento del riego por goteo; control de plagas, humedad en el suelo, temperatura del suelo, fertilización, actividad microbiana, control de insectos, solo algunas ventajas que se logran apreciar (Ibarra, 1991).

- **Riego y fertilización**

La inyección de fertilizantes al sistema de riego se puede hacer utilizando un tanque de fertirrigación, un inyector tipo "venturi" o mediante el método de bombeo a presión. Comúnmente la aplicación de fertilizante se recomienda iniciarse una vez que ya se haya aplicado la mitad o tres cuartas partes del total del riego. Existe una gran posibilidad que al aplicar los fertilizantes en el primer cuarto del tiempo de riego se muevan los elementos fuera de la zona de las raíces en respuesta al movimiento lateral y vertical del agua a través del suelo. "Por el contrario, si lo aplicamos en el último cuarto corremos el riesgo de que algunas sustancias químicas no salgan del sistema y ocasionen problemas de obstrucción de las líneas al reaccionar con otros elementos o sales presentes en el agua" (Rivera, *et al*, 2001). Se debe evitar la formación de compuestos insolubles dentro del sistema, al restringir el uso de fuentes de fertilizantes que reaccionen de esta manera y podemos determinar la cantidad de nitrógeno presente en el agua de riego (principalmente nitratos). El sulfato de amonio, la urea, el nitrato de amonio y la formulación líquida 33-0-0, son las fórmulas más comúnmente utilizadas en el riego localizado, pero debido a las leyes vigentes sobre explosivos muchos de estos fertilizantes y reactivos que incluyen nitratos como fertilizantes, se sujetan a estas medidas por sus propiedades explosivas haciéndolos poco accesibles para los agricultores. A razón de esto las compañías de fertilizantes han buscado nuevas alternativas para poder aprovechar los beneficios de fuentes de fertilizantes nitrogenadas por su solubilidad y fácil utilización en el microriego. Se puede optar por una aplicación de fertilizantes convencionalmente usados en fórmulas generales, y sobre ellas realizar modificaciones según al cultivo (calidad, rendimiento, necesidades hídricas y objetivos buscados) análisis de agua, clima y suelo.

**Cuadro 1.2** Contenido de nutrientes y la solubilidad de algunas materias primas comerciales utilizadas como fertilizantes.

Material	Porcentaje promedio de nutrientes				Solubilidad aproximada en agua a temperatura ambiente - gramos en 1 litro de agua
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Otros	
<b>Nutrientes mayores</b>					
Nitrato de amonio	33	-			1,180
Sulfato de amonio	21	-		23 azufre (S)	710
Nitrato de calcio	15	-		21 calcio (Ca)	1,020
Fosfato di-amónico	21	26			430
Fosfato mono-amónico	11	24			230
Acido fosfórico	-	52-54	-		5,500
Superfosfato triple	-	46	-	13.8 calcio (Ca)	Muy baja solubilidad
Muriato de potasio			63	48 cloruro (Cl-)	350
Nitrato de potasio	14	-	47		130
Sulfato de potasio			50		120
Urea	45		-	18 azufre (S)	780
<b>Nutrientes secundarios y menores</b>					
Sulfato de magnesio			-	9.8 magnesio (Mg)	700
Sulfato magnésico-potásico (sul-po-mag)	-		21	10 magnesio (Mg)	
Sulfato de cobre				25 cobre (Cu)	220
Sulfato ferroso				20 hierro (Fe)	290
Sulfato de manganeso				25 manganeso (Mn)	1,050
Borato de sodio				11 boro (B)	50
Molibdato de sodio				40 molibdeno (Mo)	560
Sulfato de zinc				22 zinc (Zn)	750

Fuentes: Nakayama y Bucks, 1986; Beaton y Fox, 1976; Goyal, 1984.

- **Características de la instalación**

El uso de tubería, mangueras y goteros deben de cumplir los requerimientos de calidad. La Distancia entre los goteros se rige por la densidad de plantación, tipo de suelo (se recomienda franco-arenoso) y descarga del gotero que evite escorrentías y encharcamientos. La des carga máxima permitida por los emisores no debe ser superiores a 2 L/h. Pluviometría de la instalación (PI) entre 3 y 5 mm/hora: Es la descarga de la instalación en litros por hora y m<sup>2</sup> de superficie. Se calcula mediante la expresión:

$$PI = \frac{q_a}{d_1 \cdot d_2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo:

qa = descarga nominal del emisor

d1 = distancia entre emisores en la línea de riego

d2 = distancia entre ramales de riego

- **Necesidades hídricas del cultivo**

El primer paso para pensar en establecer un cultivo aparte de su ubicación, son las fuentes de agua y conocer sus necesidades hídricas, de esta manera se logra obtener una alta

eficiencia utilización de los recursos hídricos. Para zonas áridas y semiáridas como el noreste del país, las necesidades totales de agua del cultivo ( $N_t$ ) a aplicar están establecidas por los siguientes parámetros; El cociente entre la evapotranspiración máxima del cultivo ( $ET_c$ ) y la eficiencia de aplicación del riego ( $E_{fa}$ ), también se considera la lluvia presente durante la estadía del cultivo. La  $ET_c$  representa el uso de consumo y la  $E_{fa}$  la fracción de uso sin consumo (percolación no controlable y lixiviación de sales), esto en referencia a la  $N_t$ . La utilización de coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) determinados con riego por goteo.

- **Dosis de riego e intervalo entre riegos**

Prácticamente el riego diario, intervalos, duración depende de las necesidades totales, el suelo (permeabilidad, drenaje, capacidad de retención, tiempo de infiltración, entre otros), las características de la planta (área radicular, profundidad de la raíz y evapotranspiración) son datos necesarios para saber que dosis se aplicará. Las pérdidas al llevar esta agua al área de la raíz, esto aunado a las dosis deficitarias que conllevan a déficit hídrico y dosis en exceso producen a su vez pérdidas de agua y nutrientes fuera del alcance radicular por el exceso de agua alejando los elementos del objetivo que es la raíz, en cualquier escenario se tendrá un cultivo mermado en su crecimiento y producción. Para establecer dichas dosis e intervalos están en función de las necesidades totales de agua y la capacidad de almacenamiento del suelo, esto está dado por la siguiente formula:

$$D_p = N_t * i = N_n / E_{fa} * i = D_n / E_{fa} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

- $D_p$  = Dosis práctica de riego en mm
- $N_t$  = Necesidades totales de agua en mm/día
- $i$  = Intervalo de riego en días
- $N_n$  = Necesidades netas de agua en mm/día
- $D_n$  = Dosis neta de riego en mm/día
- $E_{fa}$  = Eficiencia de aplicación

Se debe realizar un ajuste en los intervalos de riego, dependiendo de la textura del suelo, variando desde un día (suelos de textura fina) a fracciones de día (suelos de textura gruesa).

- **Tiempo de riego ( $t_r$ )**

Es el tiempo necesario para aportar la dosis práctica de riego. Viene dado por la expresión:

$$t_r = \frac{D_p}{P_1} = \frac{D_p \cdot d_1 \cdot d_2}{q_a} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$D_p$  = dosis práctica de riego

$P_1$  = pluviometría de la instalación

$t_r$  = tiempo de riego en horas

$d_1$  = distancia entre emisores en el ramal de riego en m.

$d_2$  = distancia entre ramales de riego en m.

$q_a$  = caudal nominal de descarga del emisor en l/h

- **Programación del riego**

En el riego por goteo, el saber programar un riego responde principalmente para cualquier cultivo al cuándo regar y cuánta agua aplicar. El intervalo entre riegos contesta al cuándo y el cuanto responde a las necesidades hídricas. Se puede definir que la programación del riego está regida por tiempos y cantidades las cuales pueden ser programadas de manera automática.

- **Manejo del riego**

- a) Riego de agarre.
- b) Abastecimiento eficiente
- c) Forzado del sistema radicular de las plantas.
- d) Inicio de la programación de los riegos.
- e) Ajuste de la dosis de riego.
- g) Utilización de acolchados plásticos.
- h) Control de la humedad del suelo.

- **Agua de riego**

Esto se relaciona en buena manera con la conductividad eléctrica (CE) en dS/m, es decir, que a partir de que agua se debe utilizar esto se debe a que en el riego por goteo se debe tener una agua de alta calidad, aparte del problema evidente que es exponer el cultivo a altos niveles de salinidad, la tubería también se ve afectada por la acumulación de sales.

- **Cosecha**

Existen indicadores para saber si ya se puede realizar la cosecha de frutos y son:

a) Tiempo: Conocer la duración de cada estadio fenológico del cultivo, este está dado por la compañía que provee el híbrido o la semilla mejorada.

b) Manual: si el fruto se puede desprender con facilidad de su pedúnculo, nos da

c) Sonido. Se sabe por acción empírica 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. Aunque esto no es aplicable para todas las variedades ya que otras presentan estar listas a partir de un color verde en el fondo de la retícula formada del melón.

Los cortes pueden realizarse de 2 a 3 veces por semana. Cada planta puede producir de cinco a siete frutos comerciales en promedio.

- **Labores de cultivo**

Dependiendo del grado de infestación de malezas es como se podrá establecer el número y periodicidad de los deshierbes o limpiezas. Se recomienda estirar las guías en un solo sentido para que no tengan daños y se direccionen a un solo sentido al costado de la cama. En lo que respecta al volteado del fruto se recomienda realizarlo en intervalos de 3 a 5 días o cuando tengan una longitud de 10 a 15 cm, con la finalidad de evitar ablandamientos o decoloraciones de los mismos y en caso de ser melón del tipo que presenta una red, dar paso a la formación de la misma. Evitar el contacto del fruto con humedad o agua estancada, pueda ser con platos, charolas, plásticos o cartones, de ser redituable se recomienda una material que pueda aislar del contacto del agua lo más tecnológico una red plástica. Para el aumento de amarre de frutos es recomendable utilizar abejas, sugiriendo un promedio de 4 cajones/ha.

- **Plagas**

Los recorridos de campo enfocados principalmente a la detección de inestabilidad, síntomas y rastros que indique presencia de plagas o alguna posibilidad de aparición de enfermedades. El momento idóneo para realizar de 3 a 5 por semana es a partir de la floración. Se debe tener un especial cuidado de no afectar las poblaciones benéficas al aplicar agroquímicos estas poblaciones las componen las catarinitas y crisopas, en ocasiones se puede evitar el uso de estos químicos ya que estas poblaciones benéficas pueden controlar a las demás plagas.

- **Enfermedades**

La "marchitez por fusarium", es ocasionada por el hongo *Fusarium spp*, esta enfermedad es la que se presenta más comúnmente su manifestación es en la planta y penetra a través de la raíz. Se presenta al inicio del cultivo apareciendo una pudrición blanca y acuosa, la planta se observa mermada en el tamaño. En cultivos que se encuentran más avanzados en su crecimiento y desarrollo las plantas presentan una apariencia de falta de agua (acentuando más estos síntomas en horas con mayor calor registrado) y con frecuencia no llegan a producir y mueren. Una labor preventiva recomendada es la rotación de cultivos por lo menos durante cinco años, limpiar y lavar la maquinaria después de usarse en lugares infestados, utilización de una práctica llamada solarización para lograr una esterilización del suelo, riegos ligeros pero más frecuentes. También se pueden realizar aplicaciones preventivas de productos como Captán a razón de 2.0 kg/ha antes de establecer el cultivo.

Otra enfermedad muy comúnmente azota las cucurbitáceas es la "cenicilla polvorienta" (*Erysiphe cichoracearum*), sus sintomatología que presenta manchas de color blanco, parecida a polvo en las hojas, puede presentarse en el haz o en el envés, esta aparición afecta a la hoja disminuyendo su capacidad para fotosintetizar lo que va acompañado de una defoliación prematura de la planta. Prácticas de prevención recomendadas es la utilización de variedades o híbridos resistentes a esta enfermedad.

Al suscitar cualquier enfermedad en los primeros apreciaciones es recomendable eliminar las primeras plantas enfermas, realizar un control de malezas dentro de las parcelas y cercano al mismo. Por otra parte (Pérez, *et al.* 2013), menciona una incidencia severa de nemátodos, en el cultivo de melón, recomienda evitar sembrar en lotes infestados, utilizar

semilla certificada, realizar la práctica de solarización combinado con la aplicación de agroquímicos.

## II. JUSTIFICACIÓN

La actual y creciente demanda de productos hortícolas y agrícolas, requiere el crecimiento con menores recursos (agua, fertilización, espacio y tiempo), aunado a esto la escases de recursos hídricos se torna en un gran reto a superar en el abastecimiento de insumos de primer orden. La necesidad de dar una solución a este problema, es necesario hacer investigación de nuevas técnicas, métodos y alternativas que no empobrezcan o dañen al ambiente. La incursión en polímeros biodegradables, se ha venido estableciendo desde hace muchos años, como recubrimiento para incrementar la vida en anaquel, remplazando los acolchados plásticos para reducir los desechos, la aplicación de protectores a la planta para evitar el ataque de hongos y demás patógenos perjudiciales para el cultivo. De aquí la inquietud de la aplicación de quitosán como protector de la planta, buscando reducir su evapotranspiración de esta manera logrando llegar una eficiencia, que es lograr el crecimiento y desarrollo de la planta con menores cantidades hídricas.

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

#### **3.1 Hipótesis**

Se pueden lograr obtener efectos positivos en el crecimiento, diferencia de nutrientes o de metales en el cultivo del melón al aplicar complejos mezclados con poliácido acrílico-quitosán ante la aplicación de un menor nivel de humedad.

#### **3.2 Objetivo general**

Evaluar el efecto de los complejos interpolielectrolíticos de poliácido acrílico-quitosán como posibles inductores de crecimiento en el cultivo del melón y bajo condiciones de estrés hídrico.

##### **3.2.1 Objetivos específicos**

- Conocer si los complejos de poliácido acrílico-quitosán puedan ser promotores del crecimiento en el cultivo del melón a través de su aplicación vía foliar.
- Evaluar la acción de los complejos de poliácido acrílico-quitosán bajo condiciones de estrés hídrico en campo abierto.

## **IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Material genético**

Se optó por el material genético de las semillas de melón variedad Oro duro Muskmelon F1 Hybrid de la casa comercial SAKATAS.A de C.V.

#### **4.1.2 Materiales de fertirriego**

La utilización de los materiales adecuados, nuevos o en buenas condiciones son los que podrían ahorrarnos percances en el futuro a lo largo del ciclo del cultivo. Cualquier accidente ocasionado por una mala instalación, defectos de fábrica o utilización de material en mal estado, puede llevar al fracaso del experimento. Se provee de la lista del material utilizado:

- Cinta NETAFIM calibre 6000.
- Sistema Venturi. Wade MA. Rain
- Fertilizantes: Nitrato de calcio (Multi cal) Haifa
- Nitrato de magnesio (Magnisal) Haifa
- Sulfato de potasio (MultiSOP) Haifa
- PoliquelMulti (GBM)
- Ácido nítrico al 55% (Manuchar internacional S.A de C.V.);
- Ácido fosfórico agrícola 75% (Manuchar internacional S.A de C.V.).

#### **4.1.3 Agroquímicos y reactivos**

El manejo de todos los químicos ya sea con el objetivo de experimentación e investigación, producción, comercialización, transporte y almacenaje, contemplan un manejo con las normas de seguridad más altas, ya que podría no solo afectar a las personas que tratan directamente con estos químicos, sino también a terceras. Las casas comercializadoras proveen de un manual del manejo de agroquímicos, y en este apartado enlistamos los utilizados en este experimento ya que están recomendados y comprobados en sus resultados.

- Ácido nítrico 70% ACS; Fermont
- Carbón activado
- Dimetoato (Perfekthion; Basf), imidacloprid (Imidacrom; GBM) y productos a base de cobre (Cupetron; GBM).
- Reactivo FosVer 3 fosfato, HACH
- Reactivo NitraVer 5, HACH
- Reactivos Potasio 1, Potasio 2 y Potasio 3, HACH
- Reactivo SulfaVer 4, HACH

#### **4.1.4 Materiales y equipo de laboratorio**

Lo mismo sucede con los materiales y equipo de laboratorio, se deben cumplir los requerimientos de protección, una enorme atención a lo que se lleva a cabo y un manejo cuidadoso, para así evitar riegos al usuario, gastos a la empresa y siniestros a la sociedad.

- Balanza marca OHAUS®, modelo EP413
- Cinta métrica de 20 metros, marca Truper®
- Espectofotómetro HACH® DR/2000
- Espectofotómetro UV Génesis
- Estufa eléctrica
- Homogenizador OSTERIZER®
- Medidor de área foliar LI-COR® modelo 3100
- Medidor SPAD® 502
- Papel Whatman® No 1 y No 45
- Parrillas eléctricas
- Penetrómetro modelo FT 327; QASUPPLIES®
- Refractómetro manual, ATAGO®
- Vasos precipitados de 100 mL
- Vernier digital marca Truper® (CALDI-6MP)
- Vidrio tipo reloj

## **4.2 Metodología**

### **4.2.1 Sitio experimental**

El presente experimento se desarrolló en el ciclo Primavera-Verano del año 2012 en el campo experimental ubicado en las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en Saltillo Coahuila, correspondiendo a la latitud Norte: 25° 27' 39.6'' y longitud Oeste: 100° 58' 09.5'' meridiano de Greenwich y a una altura de 1600 msnm. De acuerdo al sistema de Köeppen modificado por Enriqueta García 2004, el clima del área de estudio es BSh estepas cálido, es decir clima semidesértico, seco con bajas precipitaciones en el verano. La temperatura media anual oscila entre los 17.5°C. La precipitación media anual corresponde a 250 mm.

### **4.2.2 Preparación del terreno y siembra del cultivo**

La preparación del terreno se realizó día 29 de febrero que consistió en el paso de la maquinaria con el arado y la rastra, se formaron las ocho camas que se utilizaron para el cultivo (3 camas al 100%, 3 camas al 75% de riego y dos para reducir el efecto de borde a ambos lados orientadas norte-sur), se colocó el acolchado plástico de forma manual, las horadaciones fueron realizadas una vez colocado el plástico, se eligió el color negro convencional, la distancia entre camas fue de 1.80 m y el ancho de cama fue de 0.60 cm. La siembra fue directa a campo abierto de forma manual, la una profundidad de siembra fue a 0.5 cm. pero por cuestiones del suelo no se logró una germinación al 100% por lo que se tuvo que remover el cultivo y así realizar otra siembra el día 20 de marzo, esta nueva siembra tampoco se lograron los resultados esperados. La siembra final se realizó el día 10 de abril del 2012, en la cual se cumplieron el porcentaje óptimo en porcentaje de germinación para poder realizar dicho experimento.

### **4.2.3 Fertiriego**

El sistema de riego utilizado fue con cintilla con un gasto por gotero de 0.91 L/h, el primer riego se aplicó al siguiente día después de la siembra (DDS) durante cuatro horas a todos los tratamientos. La fertilización fue de N, P, K, Ca, Mg, S según lo recomendado por Steiner (1984), los micronutrientes fueron aplicados con PoliquelMulti. El nivel de riego proporcionado a los tratamientos y la aplicación de los Complejos de quitosán vía foliar se

empezó a emplear cuando las plantas de melón tenían 15 días de estado fenológico. Para determinar la cantidad de agua necesaria a aplicar en cada riego se tomó como base el método indirecto de tensiómetros. La cantidad de agua aplicada en todo el ciclo del cultivo fue; Al 100% de riego aplicada con respecto a la capacidad de campo y el 75% de riego con respecto a la capacidad de campo.

#### **4.2.4 Control de plagas y enfermedades**

Se tuvo la precaución de aplicación de productos preventivos para contener el ataque principalmente de nemátodos, ya que se tenía historial de su presencia en el sitio del experimento.

#### **4.2.5 Cosecha**

La cosecha de los frutos se inició a los 62 días después de la siembra (DDS), se realizó la remoción de todo el cultivo el 17 de julio 2012, 76 (DDS), los tratamientos se cosecharon por separado para poder realizar los análisis de calidad al fruto (°Brix y firmeza).

#### **4.2.6 Complejos de poliácido acrílico-quitosán**

Los complejos de poliácido acrílico-quitosán utilizados en el experimento se prepararon a partir de poliácido acrílico de peso molecular 200,000, un quitosán comercial de alto peso molecular marca Marine Chemical de la India y un oligómero de quitosán obtenido en el CIQA por vía enzimática (Ortega y colaboradores (2013).

Complejo 1 (C1): poliácido acrílico-quitosán (Mv= 200,000 y grado de desacetilación del 98.1%) y Complejo 2 (C2): poliácido acrílico-oligómero de quitosán (Mv=8,000 y grado de desacetilación del 100%).

Se prepararon las soluciones de los quitosanos disolviéndolos en HCl al 0.1 N a una temperatura de 50°C por una hora y luego se aforó para obtener una solución al 0.02 M. Por otra parte se preparó el poliácido acrílico en solución acuosa al 0.02 M; posteriormente se hace la mezcla correspondiente de los polímeros para obtener una composición de 2 y estabilizando con una solución buffer de fosfatos de pH 7.2. Finalmente la solución de aplicación se hizo 1:10 en agua.

La primera aplicación de los complejos C1 y C2 fue a los 15 días después de siembra (DDS) y posteriormente las aplicaciones fueron a los 20, 34, 48, 62 y 70 DDS realizándose en total de cuatro aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

#### 4.2.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Este en el presente estudio se estableció con un diseño de parcelas divididas con bloques completamente al azar; donde las parcelas grandes fueron los diferentes porcentajes de riego (100% y 75%) y las subparcelas fueron los diferentes pesos moleculares viscosimétricos de los Poliacido acrílico con quitosán (Cuadro 2.1), el experimento tuvo en total 6 tratamientos, se contó con 4 repeticiones, tomándose una planta como unidad experimental, teniendo un total de 576 plantas en campo sería nuestra población. A lo que se logra tener 96 plantas cada unidad experimental. Para la realización de los muestreos fue de forma destructiva, tomando cuatro plantas por tratamiento, a lo que se refiere que en total se extrajeron 24 plantas del experimento. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico mediante análisis de varianza (procANOVA) y comparación de promedios de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4.1.** Distribución de los tratamientos en campo en base a la riego y complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados.

Riego al 100%			Riego al 75%		
Testigo	C1	C2	C1	C2	Testigo
C1	C2	Testigo	C2	Testigo	C1
C2	Testigo	C1	Testigo	C1	C2
Testigo	C1	C2	C1	C2	Testigo

Complejo 1 (C1).-Poliácido acrílico (PM=200,000)-Quitosán (PM = 200,000) y Complejo 2 (C2). Poliácido acrílico (PM=200,000)-Quitosán (PM = 8,000).

#### 4.2.8 Análisis de minerales

Al concluir la parte experimental en el campo se determinó el análisis de iones, el cual consistió en tomar la pulpa de los frutos de dos plantas por tratamiento. Con los frutos se realizó una muestra compuesta, la cual consistió en secar la pulpa de los frutos, para posteriormente molerlas en una licuadora, después se tomaron de 0.5 g de muestra,

agregándole 100 mL de agua destilada y carbón activado para decolorar la solución y finalmente filtrarla con papel Whatman No 1. Con el extracto filtrado se hicieron los análisis de minerales para  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P, K y  $\text{SO}_4^{2-}$ -S.

#### **4.2.8.1 Nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ -N)**

El nitrógeno se evaluó como  $\text{NO}_3^-$  usando la técnica de extracto acuoso con el reactivo en polvo NitraVer 5, que detecta un rango de 0-1.5% en base a una modificación del método de reducción de cadmio usando ácido gentísico en lugar de 1-naftilamina; el equipo que se utilizó fue el espectrofotómetro HACHDR/2000.

#### **4.2.8.2 Fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ - P)**

Se realizó utilizando el método de ácido ascórbico, usando el reactivo FosVer 3 fosfato, usando un espectrofotómetro UV Génesis a 890 nm para su lectura. El rango de detección es de 0-400%.

#### **4.2.8.3 Potasio (K)**

El método de tetrafenilborato fue el que se utilizó con los reactivos Potasio 1, Potasio 2 y Potasio 3 en un espectrofotómetro UV Génesis. El potasio reacciona con el tetrafenilborato de sodio para formar tetrafenilborato de potasio, un precipitado blanco. El aumento de la turbidez se mide para determinar la concentración de potasio. El tetrafenilborato de sodio se suministra en el reactivo Potasio 3. Las sales de amonio, magnesio y calcio interfieren en la precipitación y los reactivos Potasio 1 y Potasio 2 previenen estas interferencias. Este método tiene una sensibilidad de 0 al 7% de potasio.

#### **4.2.8.4 Sulfuro, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ - S)**

El método de extracto acuoso con el reactivo SulfaVer 4, fue el utilizado para determinar el azufre como sulfuro, sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$ -S en un rango de 0-0.45% en el espectrofotómetro HACHDR/2000.

Los iones de sulfatos de la muestra reaccionan con el bario del reactivo SulfaVer 4 formando una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato.

#### **4.2.9 Análisis de metales**

Al término del experimento se determinó el contenido de Mg, Cu, Mn, Fe y Zn en hojas de melón de dos plantas por tratamiento; que consistió en pesar 1 g de la muestra; previamente secadas y molidas, para posteriormente realizar la digestión de los tejidos con ácido nítrico, por espectrofotometría de emisión atómica, modelo IRIS ADVANGE, marca THERMOJARRELASH.

#### **4.2.10 Variables a evaluar**

Se realizaron cinco muestreos para las variables del crecimiento vegetativo (peso fresco, peso seco y área foliar), a los 20 días después de siembra (DDS), 34 DDS, 48 DDS, 62 DDS y 76 DDS, con respecto al fruto sólo dos muestreos fueron los que se realizaron a los 69 DDS y 77 DDS.

Área foliar. Esta variable se determinó con el medidor de área foliar. Consiste en pasar las hojas de las plantas por el medidor, para posteriormente darnos los datos en  $\text{cm}^2$ .

Biomasa. Se realizó al final del experimento, tomándose únicamente las hojas de la planta, secándose en una estufa a temperatura constante de  $60\text{ }^\circ\text{C}$  por 48 horas. Después de estar secas las muestras se pesaron en una balanza granataria electrónica.

Diámetro polar del fruto (DP): Se midió toda la circunferencia del fruto cuando se encontraba en estado de madurez con una cinta métrica para obtener los datos en cm.

Diámetro ecuatorial del fruto (DE): Se midió toda la circunferencia del fruto cuando se encontraba en estado de madurez con una cinta métrica obteniendo los datos en cm.

°Brix: Se toma una muestra del fruto de melón maduro y se exprimió hasta obtener una gota que se puso en el refractómetro para su lectura.

Dureza del fruto (DX): Se determinó con un penetrómetro en Kg, consistió en pelar la parte externa de fruto para posteriormente tomar su registro, se tomaron dos frutos por tratamiento a los cuales se les realizaron dos repeticiones por fruto para obtener un promedio.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Cultivo de melón bajo dos diferentes niveles de riego, con aplicación foliar de poliácido acrílico-quitosán

#### 5.1.1 Variables de crecimiento

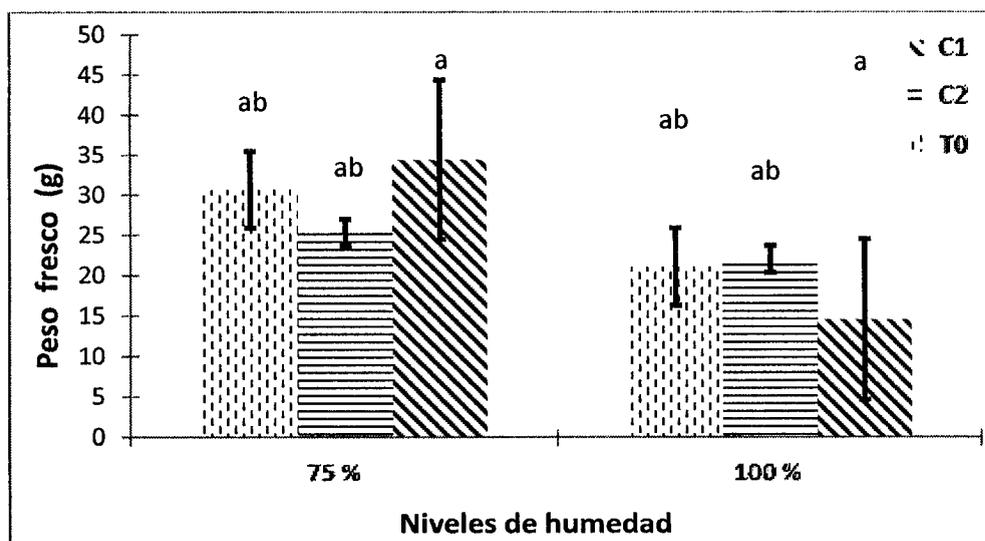
Para la variable de peso fresco se encontraron diferencias significativas entre los niveles de riego aplicados foliarmente al 100 y 75%, la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mostró mejor comportamiento con el 75% de riego para los primeros 34 DDS (Cuadro 5.1), de igual manera para la interacción riego al 75% con el Complejo (C1) se comportó mejor que los demás estadísticamente por otro lado arrojando resultados más bajos es la interacción al 100% de riego con C1, pero no existen diferencias entre los complejos usados, siendo el mismo resultado para el tratamiento T0 para cada nivel de riego.

**Cuadro 5.1.** Efecto sobre el peso fresco en gramos a través del tiempo en melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán (C1 y C2) vía foliar con diferentes porcentajes de riego.

Nivel de riego (%)	20 DDS	34 DDS	48 DDS	62 DDS	76 DDS
100	5.8 a	19.2 b	105.4 a	252.0 a	620.0 a
75	6.0 a	30.1 a	124.2 a	305.4 a	625.6 a
<sup>a</sup> NiS	NS	**	NS	NS	NS
P	0.828	0.004	0.372	0.327	0.955
<b>Complejos</b>					
C1	5.4 a	24.5 a	115.0a	233.4 a	621.9 a
C2	6.0 a	23.7 a	124.4a	277.8 a	679.8 a
T0	6.3 a	25.9 a	105.0a	324.8 a	566.7 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.7891	0.924	0.856	0.628	0.797
<b>Interacción</b>					
100% * C1	a	b	a	a	a
100% * C2	a	ab	a	a	a
100% * T0	a	ab	a	a	a
75% * C1	a	a	a	a	a
75% * C2	a	ab	a	a	a
75% * T0	a	ab	a	a	a
<sup>a</sup> NiS	NS	**	NS	NS	NS
P	0.932	0.039	0.864	0.447	0.761

Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . <sup>a</sup>Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; testigo.

Se obtienen diferencias significativas entre la interacción a los 34 DDS entre el C1 y el contenido de riego al 100%, pero esta diferencia es de manera negativa, ya que se obtuvo un 30.89% de peso fresco por abajo del testigo (T0) al 100% de riego. En relación a ello Benavides-Mendoza y col. (2004) concluyeron que la aplicación foliar del complejo de PAA15-Q ejerció un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) y cebolla (*Allium sativum* L.) bajo condiciones de estrés abiótico.



**Figura 5.1** Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, en plantas de melón (cv. Oro duro) tratadas con complejos de poliácido acrílico-quitosán (C1 y C2) vía foliar sobre el peso fresco a los 34 DDS.

Para la variable de peso seco (hojas y tallos) se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de riego al 100% y 75%, la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mostró mejor comportamiento para el 75% de riego a los 34 DDS (Cuadro 5.2).

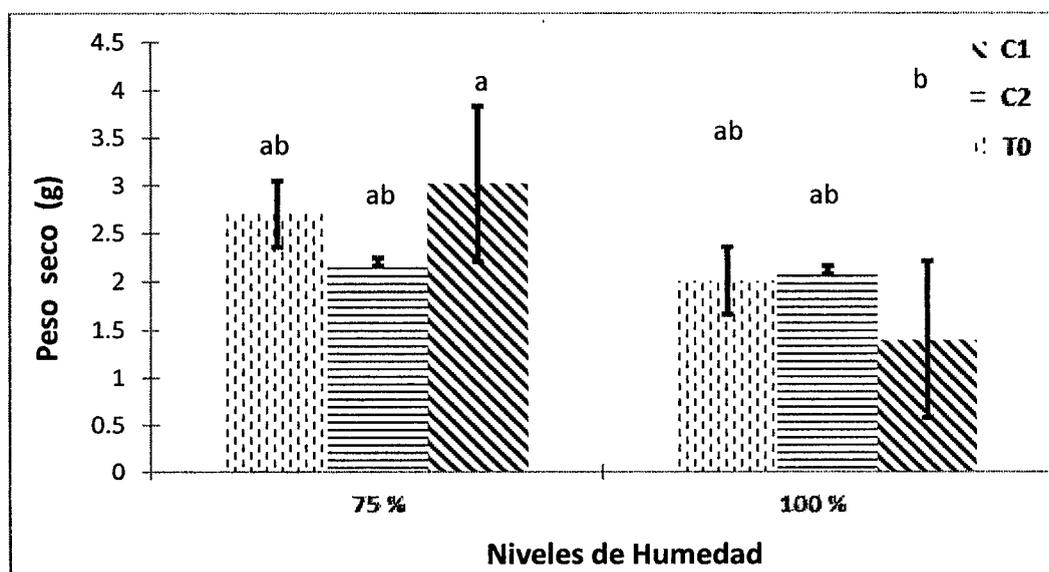
**Cuadro 5.2** Respuesta del melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán vía foliar a dos diferentes porcentajes de riego sobre el peso seco.

Nivel de riego (%)	20 DDS	34 DDS	48 DDS	62 DDS	76 DDS
100	0.5 a	1.8 b	9.9 a	29.1 a	82.2 a
75	0.5 a	2.6 a	12.4 a	36.9 a	80.3 a
<sup>a</sup> NiS	NS	**	NS	NS	NS
P	0.716	0.013	0.144	0.298	0.874
<b>Complejo</b>					
C1	0.4 a	2.2 a	10.6 a	22.8 a	75.00 a
C2	0.6 a	2.1 a	11.4 a	32.7 a	93.70 a
T0	0.5 a	2.3 a	11.5 a	43.5 a	75.05 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.6058	0.9128	0.9305	0.356	0.6002
<b>Interacción</b>					
100% * C1	a	b	a	a	A
100% * C2	a	ab	a	a	A
100% * T0	a	ab	a	a	A
75% * C1	a	a	a	a	A
75% * C2	a	ab	a	a	A
75% * T0	a	ab	a	a	A
<sup>a</sup> NiS	NS	*	NS	NS	NS
P	0.729	0.049	0.581	0.202	0.419

<sup>a</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P ; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligoemero de quitosán con peso molecular de 8,000 Mv, Unidades en gramos.

De igual manera para la interacción de riego al 75% con el complejo 1 (C1) se comportó mejor que los demás estadísticamente, por otro lado obteniendo resultados más bajos, es la interacción al 100% de riego con C1, pero no existen diferencias entre el complejo 1 y el complejo 2 usados, así como para el T0 (testigo). Pérez y colaboradores (2013), reporta para su mejor tratamiento en peso seco 95.06 g pasando los 90 DDS, en comparación a los datos obtenidos a los 76 DDS en este estudio que fue 103.14 g que corresponde al tratamiento con el complejo 1 (C1) al 100% de nivel de riego. Ambos resultados se obtuvieron al 100% de riego, por lo tanto a lo que se amerita este nivel de materia seca, es a la interacción con el complejo C2, con un Mv= 8,000.

Las diferencias significativas a los 34 DDS en la interacción nivel de riego con los complejos C1 y C2 presentando un mayor peso seco en gramos de materia seca el tratamiento con el complejo 1 (C1) al 75% de riego con un 11.65% más de peso, respecto a T0 al 75% de riego. Por otra parte, el tratamiento con el C1 al 100% de riego presenta un 30.74% menos peso en comparación al T0 al 100% que fue mayor, (Figura 5.2) no es normal que se tenga mayor peso seco en plantas con un menor nivel de riego aplicado, el aumento de materia puede deberse a las interacciones entre los complejos con el nivel de riego al 75%, ya que esta riego es un claro detonante de la respuesta de los complejos.



**Figura 5.2.** Efecto de la interacción de los niveles de riego en el suelo, aplicando complejos de PAA-Quitósán vía foliar sobre peso seco de las plantas de melón (cv. Oro duro) a los 34 DDS.

Con respecto a la variable de área foliar se encontraron diferencias significativas entre los niveles de riego aplicados al 100 y 75%, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) a los 34 DDS (Cuadro 5.3), aun así no existen diferencias entre los complejos C1 y C2 probados, dando el mismo resultado para el T0. Por otro lado para área foliar a lo largo del ciclo no mostraron interacción entre los niveles de riego con los complejos C1 y C2.

**Cuadro 5.3.** Efecto sobre el área foliar a través del tiempo en melón (cv Oro duro) tratado con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar con diferentes porcentajes de riego.

Nivel de riego (%)	20 DDS	34 DDS	48 DDS	62 DDS	76 DDS
100	72.3 a	284.5 b	1097.3 a	2602.2 a	5278.4 a
75	79.4 a	388.2 a	1478.5 a	2907.0 a	5307.2 a
<sup>a</sup> NiS	NS	*	NS	NS	NS
P	0.516	0.065	0.080	0.568	0.973
<b>Complejos</b>					
C1	71.5 a	299.4 a	1273.6 a	2416.5 a	5028.2 a
C2	75.5 a	358.6 a	1289.0 a	2806.1 a	6281.9 a
T0	80.7 a	351.2 a	1301.2 a	3041.2 a	4568.3 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.8744	0.7798	0.9967	0.783	0.5299
<b>Interacción</b>					
100% * C1	a	a	a	a	a
100% * C2	a	a	a	a	a
100% * T0	a	a	a	a	a
75% * C1	a	a	a	a	a
75% * C2	a	a	a	a	a
75% * T0	a	a	a	a	a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.740	0.265	0.449	0.689	0.383

<sup>a</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P ; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000, Unidades en centímetros cuadrados.

Esto contrasta a lo reportado con Pérez y colaboradores (2013), que evaluó oligómeros de quitosán como posibles promotores de crecimiento en plantas de melón (*Cucumis melo* L.) y liliis (*Lilium* sp.) bajo estrés hídrico, aplico 25,50,75 y 100% del nivel de riego, en el cual se realiza la comparación que a 75% de riego el tratamiento con quitosán de peso molecular viscosimétrico 8,000 superó al testigo por 2.21%, además el OQ2 (quitosán de peso molecular 12,000) y el T0 (tratamiento sin oligómero) produjeron más área foliar comparado con el OQ1 (quitosán de peso molecular 8,000) que fue con el que se obtuvo el valor más bajo para esta variable. Al proporcionarle al cultivo el 100% de agua durante todo su ciclo el OQ1 fue superior a los OQ2, OQ3 (Mv= 5,000) y al T0; siendo mayor por 40.82%, 114.51% y 130.25% respectivamente a los 91 y 96 días después de siembra.

Tratando de entender por qué se obtuvo este comportamiento de mayores crecimientos en cuanto a los tratamientos, los cuales se les aplicó el 75% del nivel de riego, en comparación a los tratamientos a los que se les regó con al 100% del nivel de riego independientemente del quitosán aplicado. El 75% de nivel de riego sobresale en todas las características, área foliar, peso seco y fresco. Nos ha llevado a que el nivel de riego pudo ser un exceso, lo cual limitó la absorción de nutrientes los cuales fueron desplazados a lugares donde la raíz tenía una mayor dificultad para absorberlos y así asimilarlos. Pero también sin menospreciar el efecto de tener un sobre nivel de riego en las plantas de melón. Se observó que las plantas de melón no produjeron un buen sistema radicular, esto se debe a que el riego localizado y no haber sometido la planta a bajos riegos al inicio del cultivo, este es otro motivo para afrontar que es muy posible que responda a esto los resultados obtenidos en cuestión de las variables de crecimiento.

### **5.1.2 Variables de producción**

En cuanto a los resultados obtenidos, en las variables de producción se observan que no se encontraron diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con respecto 75 y 100 (%) de riego, complejo y oligómero de quitosán (C1 y C2) aplicados vía foliar, evaluados para los parámetros de peso de fruto (gr), Diámetro polar y diámetro ecuatorial (cm) cuantificados a los 76 DDS. No se encontró interacción entre la riego C2 ni C1 utilizados en el experimento. Al respecto García, y col. (2009), evaluó en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) el efecto de la aplicación foliar de dos mezclas comerciales de oligosacarinas en el rendimiento y calidad postcosecha de los frutos, encontrando incrementos en los rendimientos de 22 y 40%, además mejoraron aspectos de calidad como la acidez titulable, sólidos solubles totales y firmeza.

**Cuadro 5.4** Respuesta de melón cv Oro duro con los diferentes porcentajes de riego y aplicación de los complejos de quitosán aplicados vía foliar, sobre los parámetros de calidad a los 76 DDS.

<b>Nivel de riego (%)</b>	<b>Pf</b>	<b>Dp</b>	<b>De</b>
100	999.3 a	12.7 a	12.1 a
75	999.4 a	12.7 a	12.4 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS
P	0.999	0.956	0.393
<b>Complejos</b>			
C1	948.9 a	12.1 a	11.9 a
C2	988.0 a	11.9 a	12.1 a
T0	1061.2 a	14.0 a	12.7 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS
P	0.789	0.368	0.507
<b>Interacción</b>			
100% * C1	a	a	a
100% * C2	a	a	a
100% * T0	a	a	a
75% * C1	a	a	a
75% * C2	a	a	a
75% * T0	a	a	a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS
P	0.451	0.192	0.472

<sup>a</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo. C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligoemero de quitosán con peso molecular de 8,000, para la expresión de unidades, el peso del fruto (Pf) esta en gramos, diámetro polar (Dp) y diámetro ecuatorial en centímetros.

No se obtuvieron diferencias significativas hablando estadísticamente en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en el peso de los frutos, pero al aplicarle el complejo 1 (Quitosán de Mv=200,000) con el 75% de riego, se obtuvo un peso medio de 1085.833 g, comportándose mejor que con el oligómero de quitosán (C2) y el testigo al mismo nivel de riego del 75%. Por otro lado, el tratamiento C1 a un nivel de riego en el suelo del 100%, demostró que se obtiene una reducción del peso en el fruto con un promedio de 812.00 g; lo que representa resultados por debajo, de cualquier tratamiento.

### 5.1.3 Variables de calidad

Los resultados arrojados (cuadro 5.5) se observan que no encontraron diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con respecto 75 y 100 (%) de riego, complejo y oligómero de quitosán aplicados vía foliar, evaluados para los parámetros de calidad de los frutos de melón (dureza y °Brix) cuantificados a los 76 DDS. No se encontró interacción entre la riego C2 ni C1 utilizados en el experimento, estos resultados no simpatizan con los publicados por Benavides-Mendoza, y col. (2007), quienes mencionan que el PAA-Q influyó positivamente en la firmeza y la vida de anaquel.

**Cuadro 5.5.** Influencia de los porcentajes de riego y aplicación de los complejos de quitosán aplicados vía foliar, sobre la calidad de fruto de melón cv Oro duro a los 76 días después de la siembra.

Nivel de riego (%)	°Brix	Dx
100	10.5 a	3.2 a
75	10.3 a	3.9 a
<sup>ab</sup> NiS	NS	NS
P	0.844	0.121
Complejos		
C1	10.4 a	4.4 a
C2	10.0 a	3.7 a
T0	10.6 a	2.9 a
<sup>ab</sup> NiS	NS	NS
P	0.845	0.427
Interacción		
100% * C1	a	a
100% * C2	a	a
100% * T0	a	a
75% * C1	a	a
75% * C2	a	a
75% * T0	a	a
<sup>ab</sup> NiS	NS	NS
P	0.799	0.252

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo, C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000 Mv las unidades con respecto a firmeza (Dx) se reportan en kg.

En comparación a los resultados obtenidos, Pérez y colaboradores (2013) reporta una media de 13 a 14 °Brix para todos los tratamientos, utilizando la misma variedad de cultivo, mientras que los datos que se muestran en este estudio se ubican medias de alrededor de 10°Brix, a esta comparación se debe tomar en cuenta que solo para el C2 presenta las mismas condiciones relacionadas con el estudio, también cabe resaltar que los frutos se les tomaron las muestras a diferentes fechas de estado de maduración por lo menos con un 20 días de diferencia, siendo más precoz los datos en este estudio.

Los datos con respecto a la variable dureza del fruto (Dx), obtuvimos un margen mayor al reportado por mismo autor, esto se pudo deber a las condiciones principalmente a las que se sometió el cultivo, en este estudio se realizó la siembra en abril, mientras que el antes mencionado ocurrió un mes antes, aprovechando los días con mayor temperatura, obteniendo mejores condiciones para el cultivo, volviendo a retomar la diferencia del estado de maduración el cual responde a que mayormente sea el nivel de maduración al momento del corte sea mayor la concentración de °Brix y una reducción de la Dx. Se realizó la toma de pH al fruto, pero se descartaron para tomarlos en cuenta de este estudio; ya que solo se pudieron tomar mediante papal indicador, lo cual nos arrojó datos básicos por encima de los descritos en la bibliografía consultada ya que son de carácter ácido, en lo que respecta a querer una alta confiabilidad y precisión se habría optado por la utilización de pH-metro lo cual no se pudo realizar dicha medición.

#### **5.1.4 Concentración nutrimental**

La concentración de nutrientes en el fruto al momento de la cosecha no presentó diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), se muestra en la Cuadro 5.6, donde la concentración de  $\text{NO}_3$  se encuentran por debajo de los rangos descritos como bajos por Piggott (1986) y por debajo de los resultados reportados por Rodríguez y Pire, 2004 además de Jones y colaboradores, 1991. Esta atmosfera se puede deber a la falta de riego durante 10 días, la inyección de nitrógeno por sus condiciones que responden a estar cerca del área radicular, esto se logra regando con solo agua la primera mitad del riego a falta de esta medida se aplicaba simultáneamente estos elementos con el riego, los cuales pudieron alejarse de la zona radicular. La concentración de potasio presente en los tallos y hojas se comportó de manera general dentro de los rangos.

Señala Locascio, los rangos en hojas activas, tallos y frutos no superan del 6% pero tampoco sean menor al 2.0%, por lo datos arrojado en este estudio K se comportó apenas por encima de estos rangos, la mitad de los tratamientos (que son 3 de 6 tratamientos), presentaron este comportamiento, aun así no se presentaron diferencias significativas cuando se realizó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) la cual no se mostraron diferencias significativas hablando estadísticamente. Hochmuth y colaboradores (2004), señalan que el rango adecuado de potasio oscila entre el 5 al 7%, lo cual se ajusta perfectamente con la media de tratamientos el cual es de 6.6% de concentración.

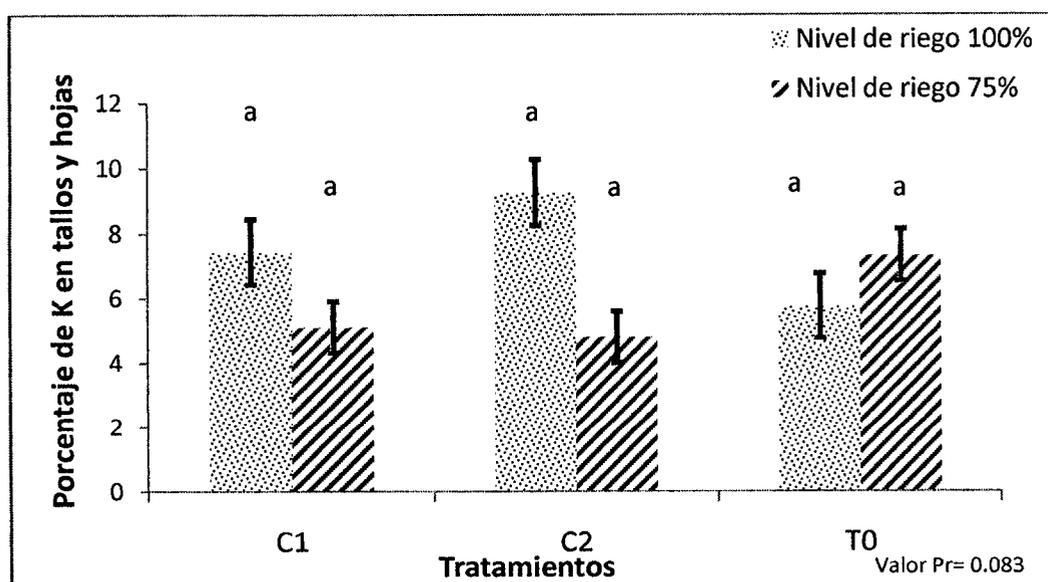
Para fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se encuentra dentro del rango, a excepción del tratamiento C1 al 100% de riego que presenta una media ligeramente por encima de Piggott (1986), pero no lo suficiente para superar a los rangos descritos por Jones (1991), Rodríguez y Pire, 2004.

**Cuadro. 5.6** Concentración en porcentaje de macronutrientes contenidos en las hojas y tallos de la planta de melón (cv. Oro duro) expuestas a diferentes porcentajes de riego y aplicación foliar de los complejos de poliácido acrílico-quitosán.

Nivel de riego (%)	$\text{NO}_3^- \text{ - N}$	$\text{PO}_4^{3-} \text{ - P}$	K	$\text{SO}_4^{2-} \text{ - S}$
100	0.937 a	0.260 a	7.4803 a	0.452 a
75	0.828 a	0.130 a	5.7488 a	0.432 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS
P	0.494	0.345	0.1013	0.788
<b>Complejos</b>				
C1	0.793 a	0.326 a	7.027 a	0.478 a
C2	0.995 a	0.133 a	6.544 a	0.418 a
T0	0.860 a	0.126 a	6.274 a	0.430 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS
P	0.739	0.645	0.7923	0.873
<b>Interacción</b>				
100% * C1	a	a	a	a
100% * C2	a	a	a	a
100% * T0	a	a	a	a
75% * C1	a	a	a	a
75% * C2	a	a	a	a
75% * T0	a	a	a	a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS
P	0.883	0.799	0.0829	0.424

<sup>a</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo, C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000.

Mientras que los resultados para  $\text{SO}_4^{2-}$  la mayoría de los tratamientos están en el rango de suficiente descrito por Jones y col. (1991). Estos valores bajos se pueden deber a que en frutos, el contenido de N desciende durante el ciclo de cultivo como consecuencia del efecto de dilución. A diferencia de Hochmuth y colaboradores (2004), estudios realizados en la universidad de florida los cuales describen a no ser mayor de 0.2% de concentración. Por lo que se observó, para la concentración de potasio en hojas y tallos, aún sin tener diferencia estadísticamente significativa ambos tratamientos en los cuales se les aplicó algún complejo, arrojó los mejores resultados en la concentración de potasio en tallos y hojas al aplicarle un 100% del nivel de riego, esto no sucedió en ambos testigos.



**Figura 5.3.** Efecto de los niveles de riego aplicados al suelo, 100 y 75% sobre la concentración de Potasio en las plantas (hojas y tallos) de melón (cv. Oro) duro a los 76 DDS.

**Cuadro. 5.7.** Concentración de macronutrientes en frutos de melón (cv. Oro duro) expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán vía foliar.

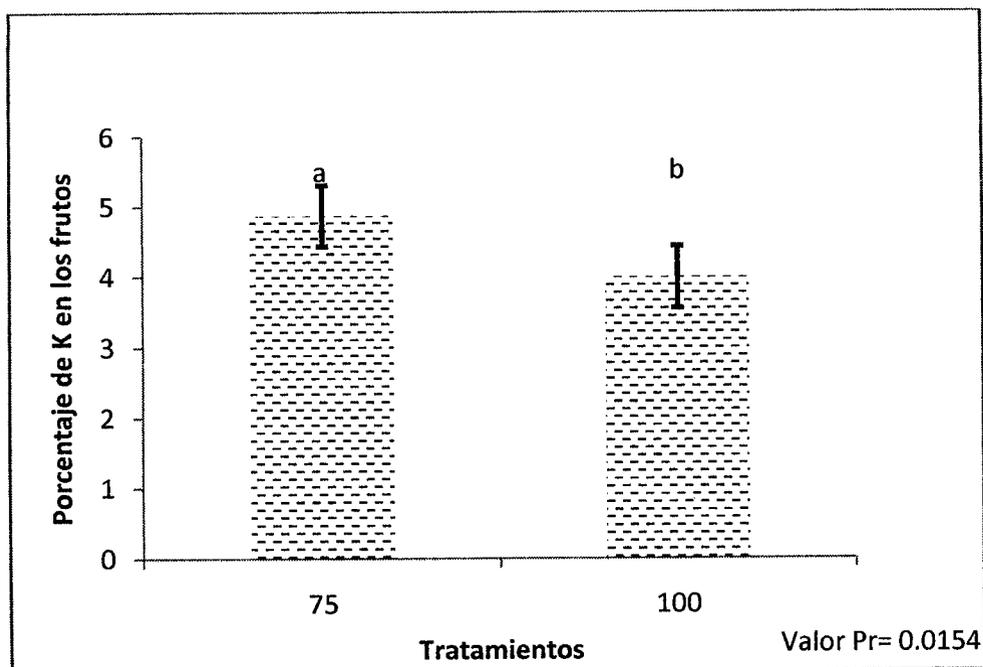
Nivel de riego (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	K	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - S
100	0.21 a	0.154 a	3.991 b	0.167 a
75	0.18 b	0.163 a	4.867 a	0.213 a
<sup>n</sup> NiS	**	NS	**	NS
P	0.014	0.786	0.0154	0.108
<b>Complejos</b>				
C1	0.205 a	0.126 a	3.818 b	0.200 a
C2	0.200 a	0.121 a	4.021 b	0.148 a
T0	0.180 a	0.229 a	5.448 a	0.223 a
<sup>n</sup> NiS	NS	NS	***	NS
P	0.174	0.022	0.0043	0.123
<b>Interacción</b>				
100% * C1	ab	a	b	a
100% * C2	a	a	b	a
100% * T0	b	a	b	a
75% * C1	ab	a	b	a
75% * C2	b	a	b	a
75% * T0	b	a	a	a
<sup>n</sup> NiS	**	NS	***	NS
P	0.012	0.105	0.0064	0.269

<sup>n</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo, C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000.

Cabe resaltar que los datos reportados por Pérez y colaboradores (2013) respecto al contenido de nutrientes en el fruto en porcentaje de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> son menores, mientras que PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> y K fueron más altos a los obtenidos en el presente trabajo de investigación para los niveles de riego y los complejos utilizados. Los resultados que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas fue con respecto NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K.

Para potasio se encontró diferencia significativa en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.0001$ ) en la aplicación de riego, al aplicarle los complejos, y al realizar una interacción entre ambas variantes. Los resultados al aplicarle diferentes riegos demostró que tuvieron mejores resultados al aplicarle un 75% del nivel de riego con un 0.876% por encima del 100% del

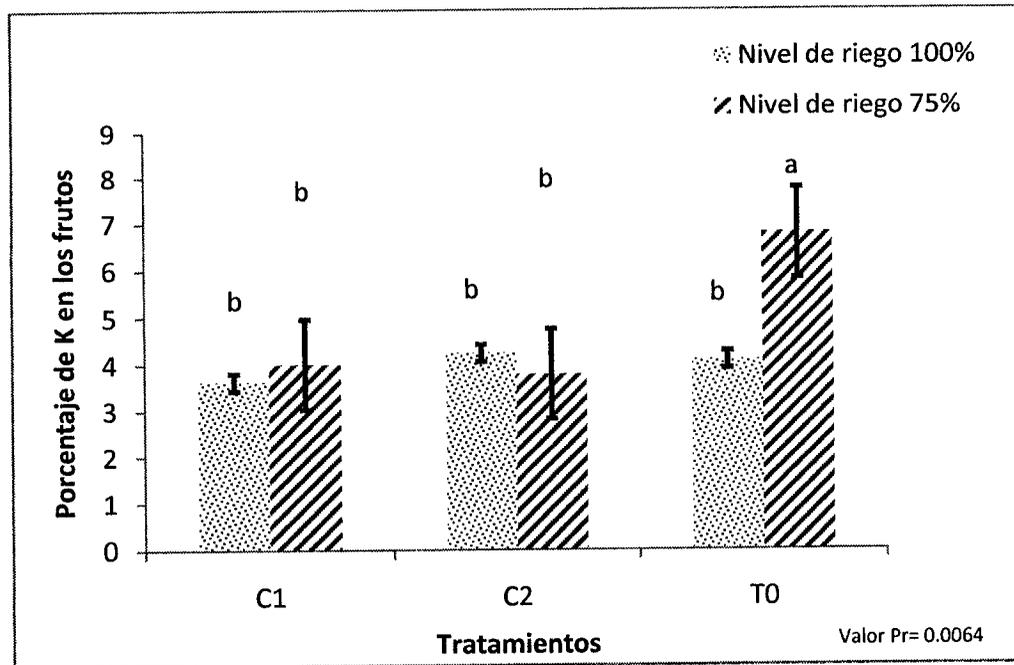
nivel de riego aplicado. Esto responde a que aplicando el 75% de recursos hídricos aumenta la presencia del contenido de potasio en materia seca del fruto. El K es vital para la translocación y almacenamiento de asimilados producto de la fotosíntesis. Los productos de la fotosíntesis (fotosintatos) deben ser transportados de las hojas a los frutos y el K promueve este transporte (principalmente carbohidratos y aminoácidos) a través del floema (Molina, 2006).



**Figura 5.4** Efecto de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre la concentración de potasio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.

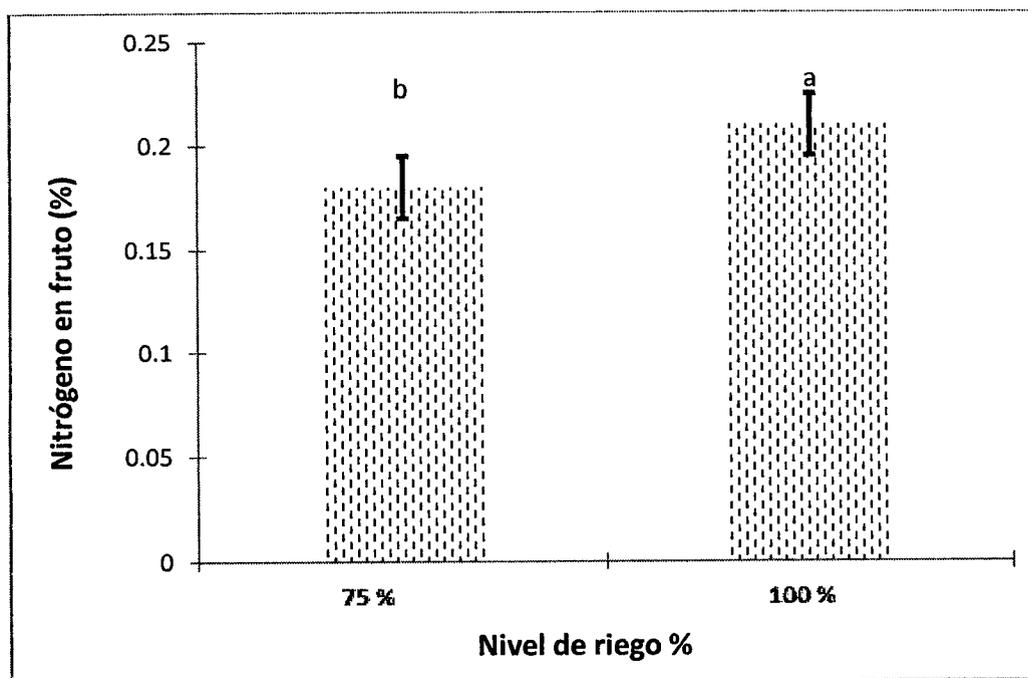
Para las diferencias encontradas con la aplicación de algún complejo se comportaron arrojando resultados por debajo del tratamiento al que no se les aplico algún quitosán. En lo que responde a la interacción de los niveles de riegos aplicados y los complejos no existió diferencia significativa a excepción del testigo (T0), el cual presentó los valores más altos al analizar la concentración de potasio en el fruto. El quitosán no resulto favorecer esta concentración de potasio en el fruto de melón, pero si el factor del riego aplicado, al abastecer de un 75% de riego mostró los valores más altos. Durante el crecimiento y maduración del fruto, la fertilización al suelo es a menudo insuficiente para satisfacer la demanda de K por la fruta, debido en parte a la pobre absorción radicular durante esa etapa.

El contenido de azúcares del melón está directamente relacionado con la presencia de K en el floema, que interviene en el transporte de sacarosa a los frutos (Lester *et al.*, 2005).



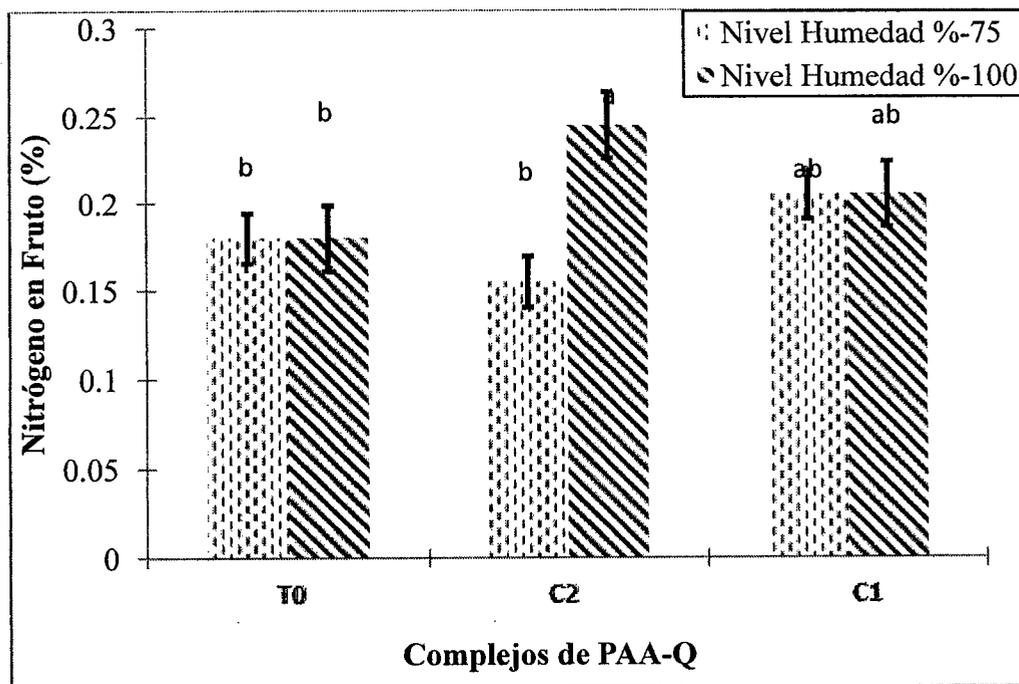
**Figura 5.5** Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre la concentración de Potasio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.

Por otra parte, la concentración del contenido de N respecto al fruto, se comportó estadísticamente diferente y significativo en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en relación a los niveles de riego aplicados (Figura 5.5), siendo el nivel al 100% de riego el superior, obteniendo un 14.28% más de N que el encontrado a 75% de riego. Esta altamente relacionada la concentración de nitrógeno con la cantidad de agua proporcionada. El N en forma nítrica es conocido por ser extraordinariamente soluble en agua y no es retenido por los coloides del suelo. Desciende arrastrado por el agua, a una velocidad que depende de la textura del suelo y de la importancia de las precipitaciones.



**Figura. 5.6** Respuesta de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre el porcentaje de nitrógeno en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.

En la Figura 5.6 hay una marcada diferencia significativa en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), ya que la interacción de los complejos C1 y C2, con respecto a los niveles de 100% y 75% de riego responden de manera significativa la superioridad a la aplicación del complejo C2 (oligómero) en compañía de un nivel de 100% de riego que se refleja en la concentración del porcentaje de N, no obstante este mismo complejo (C2) se comporta por debajo de los demás tratamientos al aplicarle un 75% de riego. En cuanto al complejo C1 se mantiene casi en el mismo nivel a los dos diferentes niveles de riego, comportándose de igual manera el tratamiento sin aplicación de los complejos (T0). Esto se refleja por el tamaño de la partícula y preferencia por los fijadores por el nitrógeno, al tener un mayor riego estas partículas pueden alejarse del área radicular en donde puedan ser mejor aprovechadas, mientras que es menormente posible que pase esto al tener un menor nivel de riego, además la asimilación de nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas.



**Figura. 5.7.** Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitósán aplicados vía foliar sobre la concentración de nitrógeno en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.

La concentración de los elementos menores encontrados en las hojas y tallos del melón al final del experimento (Cuadro 5.10), no presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), aunque es posible observar que los datos arrojados de Mg, Fe y Zn están por debajo de los rangos de Piggott (1986), pero a diferencia de Jones y colaboradores (1991), se ajusta perfectamente en los rangos descritos por este autor. Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de Cu y Mn están por debajo de los rangos señalados por los autores antes mencionados. Sin embargo no existen diferencias en la concentración, ni alguna integración de cualquiera de estos micronutrientes estudiados en hojas y tallos.

**Cuadro 5.8** Concentración en porcentaje de Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en hojas y tallos de melón (cv. Oro) duro expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar.

Nivel de riego (%)	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
100	0.602 a	0.00124 a	0.064 a	0.00531 a	0.008 a
75	0.607 a	0.00125 a	0.049 a	0.00496 a	0.007 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.896	0.855	0.567	0.768	0.947
<b>Complejos</b>					
C1	0.613 a	0.00128 a	0.0628 a	0.0054 a	0.00752 a
C2	0.609 a	0.00131 a	0.0594 a	0.0052 a	0.00739 a
T0	0.590 a	0.00115 a	0.0482 a	0.0047 a	0.00760 a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.929	0.553	0.936	0.912	0.996
<b>Interacción</b>					
100% * C1	a	a	a	a	a
100% * C2	a	a	a	a	a
100% * T0	a	a	a	a	a
75% * C1	a	a	a	a	a
75% * C2	a	a	a	a	a
75% * T0	a	a	a	a	a
<sup>a</sup> NiS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0.966	0.485	0.971	0.990	0.999

<sup>a</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo, C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000 Mv

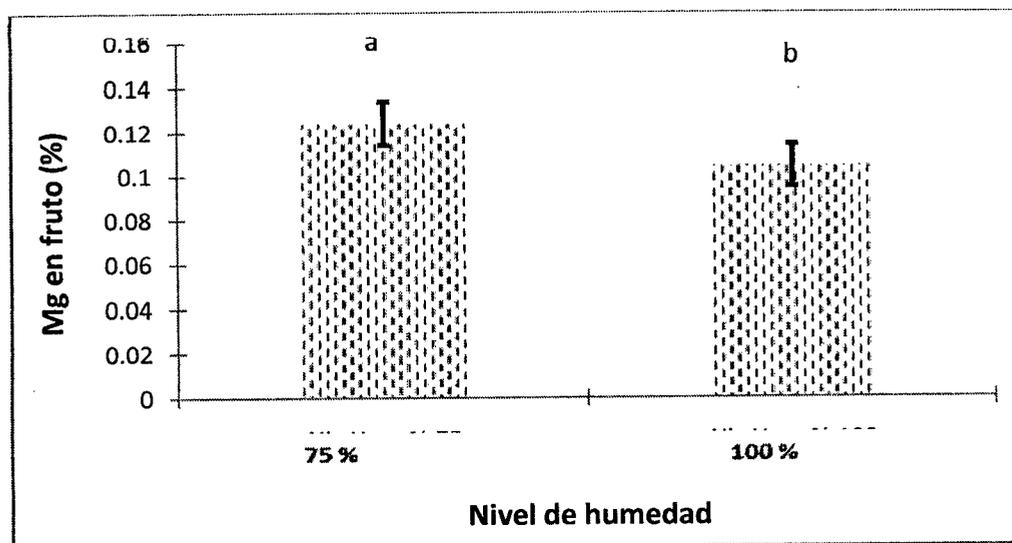
La concentración de los elementos menores encontrados en los frutos de melón al final del experimento (Cuadro 5.9), presentaron diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) solo el nutriente Mg, con respecto al nivel de riego aplicado, el cual fue mejor a mayor concentración de Mg, logrando significancia al 75% de riego aplicado al suelo. La diferencia solo afecta a el magnesio y no a los demás metales, esto sucede porque ni el riego, ni la aplicación de quitosán, ni la interacción entre ambos afecta a la concentración de obtenida en las hojas y tallos del cultivo de melón.

**Cuadro. 5.9** Concentración en porcentaje de Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en el fruto de melón (cv. Oro duro) expuestos a diferentes porcentajes de riego y los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar.

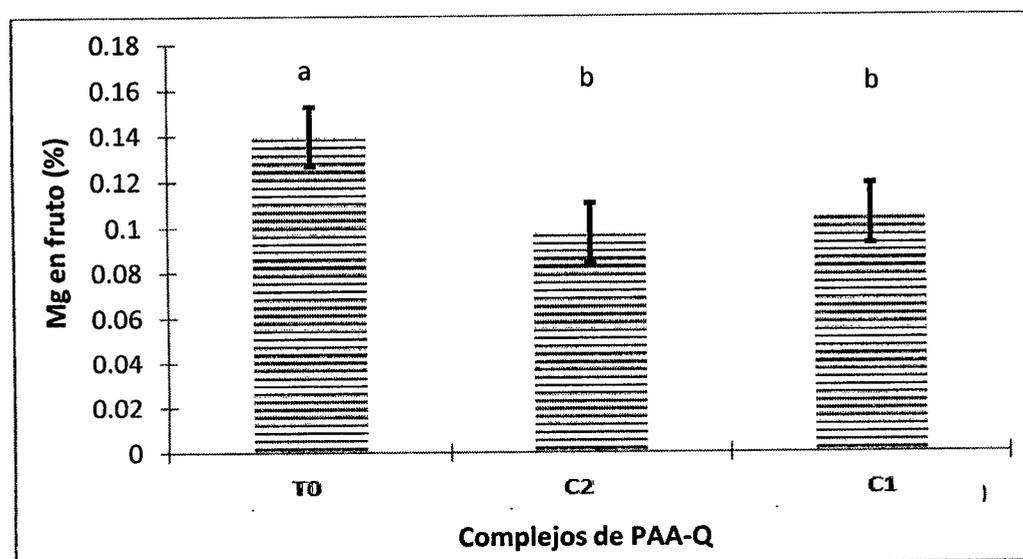
Nivel de riego (%)	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
100	0.105 b	0.001400 a	0.00296 a	0.000139 a	0.000134 a
75	0.124 a	0.000809 a	0.00306 a	0.000134 a	0.000142 a
<sup>n</sup> NiS	**	NS	NS	NS	NS
P	0.020	0.289	0.824	0.911	0.846
<b>Complejos</b>					
C1	0.106 b	0.00067 a	0.00270 a	0.00019 a	0.000046 a
C2	0.097 b	0.0016 a	0.00297 a	0.00018 a	0.000187 a
T0	0.1398 a	0.0010 a	0.00337 a	0.00004 a	0.000180 a
<sup>n</sup> NiS	***	NS	NS	NS	NS
P	0.007	0.593	0.679	0.383	0.0054
<b>Interacción</b>					
100% * C1	b	a	a	a	a
100% * C2	b	a	a	a	a
100% * T0	b	a	a	a	a
75% * C1	b	a	a	a	a
75% * C2	b	a	a	a	a
75% * T0	a	a	a	a	a
<sup>n</sup> NiS	***	NS	NS	NS	NS
P	0.003	0.459	0.743	0.11599471	0.114

<sup>n</sup>Medias con la misma letra en cada parámetro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey con  $p \leq 0.05$ . y Análisis de varianza; NS, \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo a  $p \leq 0.05$ , 0.01, 0.001 respectivamente. P; Valor de P. DDS; días después de siembra. T0; Testigo, C1; Complejo de quitosán con peso molecular de 200,000 Mv, C2; Oligómero de quitosán con peso molecular de 8,000 Mv

Para los complejos (C1 y C2) se presentaron diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con respecto al nivel de riego, siendo el testigo T0 el que presentó mayor concentración de Mg. Se logró una concentración de 24.28% más que el complejo C1 con quitosán de peso molecular alto como se muestra en la Cuadro 5.9 y 30.71% más que para el complejo C2 con el oligómero de quitosán.



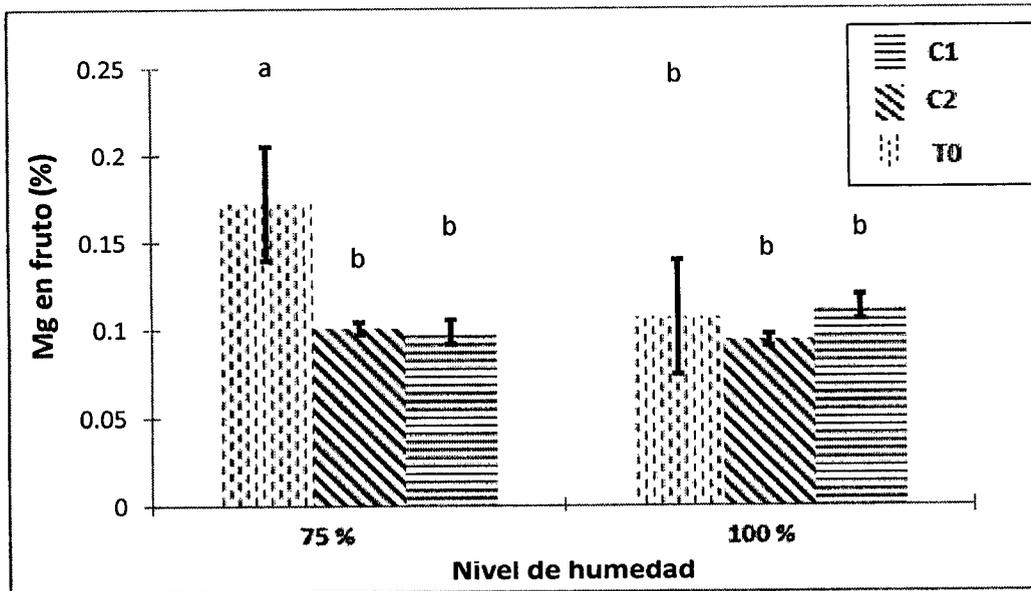
**Figura 5.8.** Respuesta de los niveles de riego aplicados al suelo, sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.



**Figura 5.9.** Respuesta de los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro duro) a los 76 DDS.

En cuanto a la interacción de la concentración de los elementos menores encontrados en los frutos de melón al final del experimento se presentaron diferencias significativas en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) solo para Mg, en el tratamiento que no contiene quitosán (T0) al 75% de riego, fue el que reportó los resultados más altos en comparación a las demás interacciones (Figura 5.9), mientras que los complejos (C1 y C2) no presentan diferencias

ante los diferentes quitosanos, así como la interacción con los dos niveles de riego aplicados. Se observa una aplicación de quitosán y un nivel de riego del 100% de quitosán reducen la presencia de Mg en el fruto de melón. Al reducirse la movilidad, se eleva la posibilidad de aparecer un antagonismo en la capacidad para poder ser asimilados por la planta. Existe una alta relación, ya que el tratamiento T0 al 75% de riego es mayor la concentración de Mg, mientras para K resulta tener alta concentración.



**Figura 5.10.** Efecto de la interacción de los niveles de riego aplicados al suelo, con los complejos de poliácido acrílico-quitosán aplicados vía foliar sobre el contenido de Magnesio en el fruto de melón (cv. Oro) duro a los 76 DDS.

## VI. CONCLUSIONES

- Para las variables de crecimiento los complejos (C1 y C2) aplicados vía foliar no tuvieron ningún efecto sobre la producción de melón (cv. Oro duro), exceptuando a los 34 DDS, que el riego al 75% se lograron mejores resultados que al aplicarle el 100% del nivel de riego, mostrando diferencia significativa en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )
- Los complejos (C1 y C2) aplicados vía foliar no tuvieron ningún efecto sobre la producción de melón (cv. Oro duro), ni interacción con los dos niveles de riego aplicados, por lo tanto no mostraron diferencia significativa en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).
- La calidad del fruto no se vio afectada por las aplicaciones foliares de los complejos, ni existió interacción con los dos niveles de riego aplicados.
- La concentración de los nutrientes en las hojas y los tallos del cultivo de melón (cv. Oro duro) no se vio afectada cuando se aplicaron los complejos (C1 y C2) foliarmente sin mostrar diferencia significativa alguna en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).
- La concentración de nutrientes en el fruto en las cuales se observó una interacción fue para nitrógeno y potasio solamente, para nitrógeno se debió a la aplicación de los complejos y restricción del nivel de riego. Para potasio reflejó diferencia significativa en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en todos los niveles estudiados, se obtiene una mayor concentración de potasio al restringir el agua más no al aplicarle los complejos.
- En lo que respecta a la concentración de los micronutrientes en las hojas y los tallos del cultivo de melón (cv. Oro duro) no se vieron afectados cuando se aplicaron foliarmente los complejos de poliácido acrílico-quitosán (C1 y C2), ni se mostró interacción alguna con los dos niveles de riego aplicados.

- En el fruto si hubo diferencias significativas para Magnesio, existió una aplicación los complejos (T0) y a un nivel de riego al 75%, con los cuales se concluyen que se incrementó la concentración del Mg en el fruto.
- No se modifica la concentración de Cu, Fe, Mn, Zn, en tallos ni hojas aplicarle diferentes niveles de riego ni al aplicar foliarmente los complejos C1 y C2.

## VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Comprobar la calidad de la semilla, que no contenga virus, bacterias ni cualquier otro patógeno indeseado ya que esto puede afectar la investigación y por lo tanto reducir el tiempo que pueda estar evaluando el cultivo.
- ❖ Se puede disminuir la concentración de Mg en el fruto con la aplicación del C2 y un riego de capacidad de campo (100%).
- ❖ Es necesario que el área donde se quiera establecer el estudio se encuentre por lo menos a 30 m de lugares donde pueda haber patógenos, como riachuelos, lugares inundables, que contengan vegetación exuberante esto puede atraer o acarrear insectos, esporas y/o bacterias.
- ❖ Además se debe de tener un mayor control en campo abierto, para así obtener mejores resultados esto se relaciona directamente con el abasto continuo y control de recursos hídricos.
- ❖ Se propone la utilización de estos mismos complejos (C1 y C2) para su evaluación antifúngica en el cultivo de melón, ya que visualmente se pudo apreciar algún tipo de resistencia cuando se presentaron los dos tipos de cenicilla en las hojas del cultivo.
- ❖ En caso hacer siembra directa se recomienda verificar el tipo de suelo, si un suelo se compacta al evaporarse la humedad e inmediatamente se agrieta, puede presentar problemas en la emergencia de la plántula; por lo que se puede utilizar algún tipo de sustrato al momento de realizar la siembra o en un sitio con características favorables para la emergencia de la semilla.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, G.; J. Arguelles, C. Peniche, 1989. Estudio de la Cristalinidad de la quitina. (Universidad de La Habana) [*Revista cubana de química*, Cuba, 1989 V5 N1 P25-32]
- Aiba, S.; E. MURAIKI, 1998. Preparation of higher N acetylchito oligosaccharides in high yields. *Proceeding of the Third Asia-Pacific chitin and chitosan Symposium*. Feelung, Taiwán. pp. 89-96.
- Arai K.; T. Kinumaki, T. Fujita, 1968. Toxicity of chitosan. *Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory* 56: 89-92.
- Araus, J.L., 2004. The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements agriculture. *Annals of Applied Biology* 144(3): 259-272.
- Arbona, V., Z. Hossain, M.F. López, R.M Pérez, A. Gómez, 2008. Antioxidant enzymatic activity is linked to water logging stress tolerance in citrus. *Physiologia Plantarum* 132: 452-466.
- Azcón-Bieto, J., M. Talón, 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Capítulo 29: *Fisiología de las plantas y el estrés* (2da ed.) Interamericana-McGraw-Hill, Madrid. 577-597.
- Badawy, M., E. Rabea, T. Rogge, C. Stevens, G. Smagghe, W. Steurbaut, M. Hofte, 2003. Synthesis and fungicidal activity of new N,O-acyl chitosan derivatives. *Biomacromolecules*.
- Barka, E. A., P. Eullaffroy, C. Climent, G. Vernet, 2004. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports* 22: 608-614.
- Baron, J., 2001. IR-4 New Products/Transitional Solution List—March, 2001. The IR-4 Project Newsletter 32(1): Special insert, p16. Sitio web: <http://ir4.rutgers.edu/newsletter/vol32-1>;
- Beltran M. y A. Mancilla .1998, *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, Número 505. págs. 57-66.
- Benavides, M.A., 2002. “Ecofisiología y química del estrés en plantas”, Departamento de agricultura, UAAAN.
- Benavides-Mendoza, A., D. Burgos-Limón, H. Ortega, H. Ramírez, 2007. El ácido benzoico y poliácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana*, 25(3), 1-8.
- Benavides-Mendoza, A, 2002. Estrategias para el uso de los mecanismos naturales de tolerancia al estrés en plantas.
- Benhamou, N., J. W. Kloepper, S. Tuzun, 1998. Induction of resistance against *Fusarium* wilt of tomato by combination of chitosan with endophytic bacteria strain: ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Planta* 204: 153-168.

- Bhaskara, M. V., J. Arul, P. Angers, L. Couture, 1999. Chitosan Treatment of Wheat Seeds Induces Resistance to *Fusariumgraminearum* and Improves Seed *Quality Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (3), 1208-1216.
- Bittelli M., M. Flury, G.S Campbell, E.J Nichols, 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 107, Issue 3, 2 April 2001, Pages 167-175, ISSN 0168-1923, 10.1016/S0168-1923(00)00242-2.
- Blanke, M.M., J.P Bower, 1991. Small fruit problem in Citrus trees. *Trees-Structure and Function* 5(4): 239-243.
- Blum, A., 1988. Plant Breeding for Stress Environments. *CRC Press*, Florida. 223.
- Boyer, S.J., 2001. Growth-induced water potentials originate from wall yielding during growth. *Journal of Experimental Botany* 360(52): 1483-1488.
- Chandrkrachang, S. (2002). The application of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. In K. Suchiva, S. Chandkrachang, P. Methacanon, & M.G. Peter V (Eds.), *Advances in chitin science* (pp. 458–462).
- Crini, G. 2005. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science* 30, 38-70.
- Dempsey, D.A., J. Shah, D.FKlessing, 1999. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 547-575.
- Devlieghere, F., A. Vermeulen, J. Debevere, 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* 21: 703–714.
- Domard, A., 2011. A perspective on 30 years research on chitin and chitosan, *Carbohydrate Polymers*, Volume 84, Issue 2, 2011, Pages 696-703, ISSN 0144-8617, 10.1016/j.carbpol.2010.04.083.
- El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnampalam, M. Boulet, 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science* 56: 1618–31.
- El-Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier, A. Asselin, 1992. Effect of chitosan and other polyions on chitin deacetylase in *Rhizopusstolonifer*. *Experimental Mycology* 16: 173–177.
- Gidas M., O. Garnier, 1999. *Water Research*, 1, 47-56.
- GLASSER, W. 1997, Preparation of N-acylglucosamine polymers from chitosan for chitin fibers and filaments. Canada Pat A2172232.
- Goodman, W. G., 1989. Chitin: A magic bullet. *The Food Insects Newsletter* 2: 1, 6-7.
- Harish, K.V., R.N. Tharanathan, 2007. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential an overview. *Trends in Food Science & Technology* 18, 117–131.
- Harris Moran See Co. s/f. Reference Guide. Modesto, CA.

- Hinojosa R. A. 2013. Síntesis y propiedades de poliesteramidas aromáticas basadas en DMT y 1,6-Aminohexanol. *Universitat Politècnica de Catalunya*. Departament d'Enginyeria Química. Catalunya España.
- Hochmuth G., Maynard D., Vavrina C., Hanlon E., Simonne E., 2004. Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida., The Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, *University of Florida*. Revised October 2012.
- Huang, L., M. Zhai, J. Peng, J. Li, G. Wei, 2007. Radiation-induced degradation of carboxymethylated chitosan in aqueous solution, *Carbohydrate Polymers*, Volume 67, Issue 3, 1 February 2007, Pages 305-312, ISSN 0144-8617, 10.1016/j.carbpol.2006.05.023.
- Ibarra J., L. y A., Rodriguez P. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas Primera edición. *Editorial Limusanoriega editores*. México, D.F. pp. 13-20 y 97-99.
- Inui H., Yamaguchi Y., Yasuhiro Y. and Hirano S. 1997. Elicitor actions of N-acetylchitooligosaccharides and laminariolosaccharides for chitinase and L-phenylalanine ammonia-lyase induction in rice suspension culture. *Biosci., Biotechnol., Biochem.* Vol. 61. No. 6. 975-978.
- Jameson, P.E., S.F. Clarke, 2002. Hormone-Virus Interactions in Plant. *Critical Reviews in Plant Science* 21(3): 205-228.
- Kauss, H., W. Jeblick, A. Domard, 1989. The degrees of polymerization and N-acetylation of chitosan determine its ability to elicit callose formation in suspension cells and protoplasts of *Chara tenuis*. *Planta*, 178, 385-392.
- Khor, E., 2003. Lee Yong Lim, Implantable applications of chitin and chitosan, *Biomaterials*, Volume 24, Issue 13, , Pages 2339-2349, ISSN 0142-9612, 10.1016/S0142-9612(03)00026-7.
- Kim, Y.B.; 1997. In "Avances in Chitin Science, Volume 2, Proceedings of the 7<sup>th</sup> international Conference on chitin & Chitosan", Domard, A.; Roberts, G.A.F.; V<sup>o</sup>arum, K M.; Eds, JaClues Andre, Lyon (France).; pp. 837-844.
- Krajewska, B. 2004. Application of chitin and chitosan-based materials for enzyme immobilizations: a review, *Enzyme and Microbial Technology*, Volume 35, Issues 2-3, Pages 126-139, ISSN 0141-0229, 10.1016/j.enzmictec.2003.12.013
- Kumar, Majeti., N.VRavi, 2000. A review of chitin and chitosan applications, *Reactive and Functional Polymers*, Volume 46, Issue 1, Pages 1-27, ISSN 1381-5148, 10.1016/S1381-5148(00)00038-9.
- Lambers, H., F. Stuart, T.L. Pons, 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Larcher, W.: *Physiological Plant Ecology*, SpringerVerlang, Berlin, Heidelberg, 1995, p. 506.
- Lárez V.C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *UDO Agrícola* 8(1): 1-22.

- Lee, S.; H. Choi, S. Suh, I. S. Doo, K. Y. Oh, E. Choi, A. T. Schroeder, P. S. Low and Y. Lee. 1999. Oligogalacturonic Acid and Chitosan Reduce Stomatal Aperture by Inducing the Evolution of Reactive Oxygen Species from Guard Cells of Tomato and *Commelinacommunis*. *Plant Physiology* 121: 147-152.
- Li, H., Y. Yu, 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 269-274.
- Lockwood, G. B., S. Bunrathap, T. Songsak, N. Ruangrunsi. 2007. Production of d-Limonene in Chitosan Elicited Citrus Japonica Suspension Cultures. *Journal of Essential Oils Research* March/April, 113-116.
- Mansfield, T.J., C.J Atkinson, 1990. Stomatal behavior in water stressed plant. In: RGAlscher and JR Cumming (eds.). *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*: New York, Wiley-Liss. 241-264.
- Mariña-de la Huerta, C., L. Fernández, M. Saborit, P. Castillo, M. Nieto, 2005. Comportamiento de la planta de caña de azúcar tratada con ENERPLANT cultivada en suelos vertisoles. *Revista Electrónica Granma Ciencia* 9:1-6.
- Molina E., 2006. Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. *Informaciones agronómicas • instituto de la potasa y el fosforo - ininfos a. S. 1 – N° 63* Quito-ecuador.
- Muzzarelli, R.A.A., H.F. Mark, N.M. Bikales, C.G. Overberger, G. Menges (Eds.), 2nd Edition *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, Vol. 3, Wiley, New York, 1984, p. 435.
- Muzzarelli, R. A. A., 1977. Enzymatic synthesis of chitin and chitosan. In: *Chitin*. Pergamon Press, Oxford University pp. 164-167.
- Nakakuki, T., 2002. Present status and future of functional oligosaccharide development in Japan. *Pure Appl. Chem.* Vol. 74, No. 7. Japón.
- Nge, K. L., N. Nwe, S. Chandkrachang, W. F. Stevens, 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Journal of Plant Science* 170: 1185-1190.
- Ogawa K., Y. Toshifumi, 1993. Crystallinity of Partially N-Acetylated Chitosans. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 09168451 *Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*.
- Ortega-Ortiz, H., B. Gutierrez, E. Barrera, 2009. "Optimización de los Parámetros Cinéticos de la Hidrólisis Enzimática de Quitosano Mediante un Complejo Enzimático Celulolítico", *XIII Congreso de Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*, Acapulco, Guerrero. 21-26 de Junio de 2009.
- Ortega-Ortiz, H., B. Gutiérrez, G. Cadenas, 2012. "Enzymatic Hydrolysis of Chitosan Oligomers Using a Cellulose Enzymatic Complex and the Scaling to Pilot Plant", 6th Iberoamerican Chitin Symposium and 12th International Conference en Chitin and Chitosan, Fortaleza, Brasil in September 2-5. *Advances in Chitin Science – Vol. XIV*.

- Ortega-Ortiz, H., A. Benavides, A. Flores, A. Ledezma, 2003. Use of the interpolyelectrolyte complexes of poly(acrylic acid)-chitosan as inductors of tolerance against pathogenic fungi in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Floradade). *Macromol. Biosci.* 3: 566- 570.
- Pearce, R. B. and J. P. Ride. 1982. Chitin and related compounds as elicitors of the lignification response in wounded wheat leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 20: 119–123.
- Peña. Gómez. Arroyo. Tapia. Gómez. 2004. Bioquímica, Segunda edición. Editorial Limusa, *Grupo Editorial Noriega*, Mexico DF.
- Pérez-Cabrera, C. A.; Ortega-Ortiz, H.; Treviño-López, E.; Cabrera-De la Fuente, M.; De la Cruz-Lázaro, E. 2013 "Melon Production (Cucumis melo L.) as Affected by Soil Applications of Chitosan Oligomers Under Varying Levels of Irrigation". *Proceedings Advances in Chitin Science – Vol. XIV*.
- Pérez Z.O., R.M.R. Cigales, S.M Orozco, C.E.G. Pérez, 2004. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe Parte II. *Agrociencia* 38:261-272.
- Park, P.J., et al, 2002. Antimicrobial activity of heterochitosan and their oligosaccharides with different molecular weights. *J. Microbiol Biotechnol*.
- Rinaudo, M., 2006. Chitin and chitosan: Properties and applications, *Progress in Polymer Science*, Volume 31, Issue 7, Pages 603-632, ISSN 0079-6700, 10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001.
- Rivas, L. A., V. Parro, M. Moreno, R.P. Mellado, 2000. The *Bacillus subtilis* 168 *csn* gene encodes a chitosanase with similar properties to a *Streptomyces* enzyme. *Microbiol.* 146: 2929-2936.
- Rivera, L. E, Semidey N. Cabrera I. Rosa E. Vicente E. Fornaris N. Martínez S. 2001. Conjunto Tecnológico Para la Producción de Melón "Cantaloupe y HoneyDew". Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, *Colegio de Ciencias Agrícolas Estación Experimental Agrícola*, San Juan Puerto Rico.
- Rodríguez, A.T., M.A Ramírez, D. Rivero, E. Bosquez, L. Barrera, S. Baños, 2009. Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos *Revista Chapingo. Serie horticultura*, Vol. 15, Núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 307-317 Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Roller, S., N. Covill, 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *International Journal of Food Microbiology* 47: 67–77.
- Sannan, T., K. Kurita, K. Ogura, Y. Iwakura, 1978. Studies on chitin. 7. I.R. spectroscopic determination of degree of deacetylation. *Polymer.* 19: 458–459.
- Sathiyabama M., R. Balasubramanian, 1998. Chitosan induces resistance components in *Arachis hypogaea* against leaf rust caused by *Puccinia arachidis* Speg. *Crop Protection*. Vol. 17.No. 4.307-313.

- Sikorski, P., B.T. Stokke, A. Sørbotten, K.M. Vårum, S.J. Horn, V.G. Eijsink, 2005. Development and application of a model for chitosan hydrolysis by a family 18 chitinase. *Biopolymers*. 77: 273-285.
- Singla, A. K., M. Chawla, 2001. Chitosan: some pharmaceutical and biological aspects - an update. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Vol. 53 IS 8. Blackwell Publishing Ltd, SN 2042-7158
- Sugimoto K. 1999. Preparation and characterization of water-soluble chitin and chitosan derivatives. *Carbohydrate Polymers* 36: 49-59.
- Toumi, L., P.NMoschou, K.APaschalidis, B. Bouamama, A.B Salem, A.W. Ghorbel, A. Mliki, K.ARoubelakis, 2010. Abscisic acid signals reorientation of polyamine metabolism to orchestrate stress responses via the polyamine exodus pathway in grapevine. *Journal of Plant Physiology* 167:519-525.
- Valenzuela, C. C. L. 2006. Obtención de Quitosano de Pota (*Dosidicus Gigas*), empleando altas dosis de Radiación Gamma. *Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad De Química E Ingeniería Química E.A.P. De Química, Lima Perú*.
- Varum, K. M., R. Myhr, J.N. Hjerde, O. Smidsrod, 1997. In vitro degradation rates of partially N-acetylated chitosans in human serum. *Carbohydr. Res.* 299: 99-101.
- Vlot, A.C., D.A. Dempsey, D.F. Klessig, 2009. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone to Combat Disease. *Annual Review of Phytopathology* 47: 177-206.
- Witowski, E.T.F., B.B. Lamont, 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*.88:486.
- Wong, D.W.S., F.A. Gastineau, K.S. Gregorski, S.JTillin, A.EPavlath, 1992. Chitosan-lipid films: microstructure and surface energy. *J. Agric. Food Chem.* 40, 540-544.
- Yu, T., H. Y. Li, X.D. Zheng, 2007. Synergistic effect of chitosan and *Cryptococcus laurentii* on inhibition of *Penicillium expansum* infections. *International Journal of Food Microbiology* 114: 261-266.
- Zapata M., Cabrera P., Bañon S., Roth P., 1989. *El melón*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 174 pp.