



Universidad de Matanzas

“Camilo Cienfuegos”

**TESIS PRESENTADA EN OPCION AL TITULO ACADEMICO DE MASTER EN
CIENCIAS AGRICOLAS**

Mención Sistemas Agroecológicos y Sostenibles de producción.

**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DEL PRODUCTO
BIOACTIVO QUITOSANA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE LA PAPA
(*SOLANUM TUBEROSUM* L.) VARIEDAD SPUNTA.**

AUTOR: Ing. Lliddrey Torres Hernández

TUTOR: Dr. C. Donaldo Morales Guevara

Octubre, 2011

NOTA DE ACEPTACION



CIUDAD Y FECHA

“Este país tiene que ser, necesariamente,
un país de hombres de ciencia, un país de
hombres de pensamiento”

Fidel

DECLARACION DE AUTORIDAD

Hago constar que yo Lliiddrey Torres Hernández, soy el único autor de la presente tesis de Maestría, por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y a la Facultad de Agronomía hacer uso de la misma con la finalidad que estime pertinente.

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Ampí y a mi papá por su cariño, amor y dedicación, y por ser la luz que ilumina mi camino y la esperanza de vivir.
- ❖ Especialmente Dr. C. Donaldo Morales, mi tutor, quien por sus conocimientos, dedicación y ayuda incondicional, desde el primer momento me ha guiado en la realización del presente trabajo, por todo esto quiero darle mis sinceros agradecimientos.
- ❖ A Julianita y Guirola por el apoyo y amor que me han brindado y por acogerme como su hija.
- ❖ A mis hermanos Alejandro y Alexis por ser tan especiales y por siempre estar cuando los necesito.
- ❖ A mi amiga Lily, muy en especial, por ser la persona que nunca me abandonó y en los momentos más difíciles durante esta etapa y por enseñarme a no perder la fé y el espíritu optimista.
- ❖ A mi pareja Yandy por estar siempre a mi lado y por apoyarme durante toda la etapa de investigación.
- ❖ Al Departamento de Fisiología del INCA por abrirme las puertas para crecer en el conocimiento y a todos los compañeros que me han ayudado en la investigación como Yeni, Yanet, Ale, Alejandro Falcón, Cartaya, a todos mil gracias.
- ❖ A todos mis compañeros que durante el transcurso de estos años me han apoyado en mi formación.
- ❖ A todos los profesores de la Facultad que han contribuido a mi formación profesional especialmente a Martica, Olguita y Sonita por el amor que siempre me han dado.
- ❖ A todas aquellas personas que una forma u otra han influido en la realización de este trabajo.

A todos muchas gracias

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la finca “Las Papas”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en el período de enero-abril de los años 2010 y 2011, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación del polímero quitosana sobre la respuesta productiva del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Spunta. Se estableció un diseño bloques al azar con cuatro réplicas en un área de 0,14 y 0,25 hectáreas para la primera y segunda campaña, respectivamente. Se realizaron mediciones no destructivas de algunas variables tales como: longitud y diámetro de los tallos por planta, número de hojas; además en el momento de la cosecha se determinó la cantidad de tubérculos y la masa fresca de los mismos por planta, así como la acumulación de biomasa seca. Se realizó el análisis económico por tratamientos para identificar aquellos de mayor factibilidad. Los resultados evidencian que la aplicación de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp, presentó los mejores resultados para los parámetros más importantes que definen la respuesta productiva de la planta, demostrando la actividad bioestimulante del polímero cuando se realizan aplicaciones foliares fraccionadas de dosis pequeñas en el cultivo de la papa. La evaluación económica de ambas campañas evidenció que la mejor respuesta desde el punto de vista económico se obtuvo cuando se realizaron las aplicaciones foliares a los 30 y 50 ddp el cultivo con las dosis más bajas, destacándose la de 150 mg.ha⁻¹ donde se alcanzaron los mayores rendimientos.

INDICE

Contenido	Páginas
Introducción	1
Problema	3
Hipótesis	3
Objetivo General y Específicos	3
Capítulo I. Revisión bibliográfica	4
1.1. La agricultura en el mundo	4
1.2. Cuba y la Agricultura sostenible	4
1.3. La papa. Situación mundial y en Cuba	5
1.4. Taxonomía y morfología	6
1.5. Utilización en la alimentación humana	8
1.6. Condiciones edafoclimáticas del cultivo	8
1.7 Nutrición y fertilización de la papa	11
1.8 Impacto ambiental de la fertilización	12
1.9. Sustancias bioactivas	13

1.9.1. La quitina	14
1.9.2. La quitosana y sus características químicas	14
1.9.3. Métodos de obtención de la quitosana	15
2.9.4. Mecanismos de acción.	16
1.9.5. Efecto de la quitosana en la estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas.	18
Capítulo II. MATERIALES Y METODOS	21
Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSION	26
EVALUACION ECONOMICA	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Referencias bibliográficas	50

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*, L.) es de origen americano. Su distribución abarca desde el sur del Cañón del Colorado (EUA) hasta el archipiélago de los Chonos en el sur de Chile, e incluye a todos los países de la Cordillera Andina. (Faingenbaum, 2003). La papa es uno de los cultivos más valiosos para la humanidad. En la mayoría de los países se siembra en extensas áreas y por el volumen de producción, ocupa el cuarto lugar a nivel mundial después del arroz, el trigo y el maíz. (Zulzer, 2008). Presenta gran relevancia en la dieta alimentaria de la población mundial en constante crecimiento; se utiliza además en la alimentación animal, la industria y la producción de tubérculos semillas.

Dentro de los lineamientos fundamentales del Ministerio de la Agricultura en Cuba, se encuentra el cultivo de la papa, para el cual son destinados aproximadamente 40 millones en divisas convertibles, que garantizan una distribución equitativa del tubérculo a la población durante los 12 meses del año y las reservas alimentarias como estrategia del país ante eventualidades. El consumo per cápita del cubano es aproximadamente 20 kg de papa al año, produciéndose más de 300 000 toneladas según el reporte de la FAO (2007) y de la dirección nacional del cultivo en sus informes técnicos de campaña.

Tradicionalmente la propagación comercial de papa se realiza a través de tubérculos semillas (Beukema, *et al.*, 2008). En Cuba se cultiva la papa alrededor de las 750 hectáreas, según Estévez *et al.* (2005) plantadas fundamentalmente con tubérculos semillas procedentes de Europa y Canadá.

El cultivo de la papa por sus exigencias fisiológicas intrínsecas es altamente tecnificado y de altos insumos, especialmente de fertilizantes. El problema es más serio en áreas tropicales, donde las condiciones climáticas y de los suelos no son totalmente favorables para su cultivo, lo que trae consigo que sea necesario utilizar cuantiosos recursos financieros y materiales fundamentalmente fertilizantes minerales para obtener altos rendimientos.

A raíz de los problemas medioambientales que causan los sistemas agrícolas de altos insumos, el creciente desarrollo de la agricultura ha favorecido la demanda de nuevos productos de origen natural, que permitan el incremento de las producciones agrícolas, beneficien el desarrollo de los cultivos y no sean factor de contaminación del medio ambiente.

Las nuevas investigaciones sugieren el empleo de productos bioactivos, como sustitutos de los productos de origen químico, dado los efectos beneficiosos que estos ejercen en las plantas, tales como la inducción de mecanismos defensivos y la estimulación del crecimiento vegetal, siendo una de sus ventajas fundamentales no ser dañinos a las plantas ni al medio ambiente (Larez, 2008).

El grupo de Productos Bioactivos, perteneciente al Departamento de Bioquímica y Fisiología Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), trabaja con un polímero de alto peso molecular derivado de la quitina: Quitosana, que se obtiene a partir del exoesqueleto de los crustáceos mediante un proceso de desacetilación básica del grupo amida de la quitina.

Es un compuesto biodegradable de origen natural cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y práctica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas y animales, además de actuar como antimicrobiano. Su aplicación potencial en la agricultura, es muy importante pues permite una estimulación de la germinación, el crecimiento y el desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa los mecanismos de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos. (Bautista-Baños, 2006; Liu, *et al.*, 2007).

PROBLEMA

En las condiciones de Cuba, los rendimientos del cultivo de la papa en la variedad Spunta siguen siendo bajos por lo que se hace imprescindible buscar alternativas viables que contribuyan a mejorar el crecimiento y desarrollo de esta variedad.

HIPOTESIS

La aplicación de quitosana permitirá por su acción estimulante un mejor desarrollo en las plantas y un incremento en los rendimientos en la variedad Spunta del cultivo de la papa.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación del producto bioactivo la quitosana en la respuesta productiva del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Spunta.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar el efecto del polímero de quitosana (Q-88) en diferentes momentos de aplicación en el crecimiento de la variedad Spunta en condiciones de campo.
2. Determinar el efecto de diferentes dosis de quitosana aplicadas a los 30 y 50 días después de plantado (ddp) en la respuesta productiva de la variedad Spunta en condiciones de campo.
3. Evaluar la factibilidad económica de la aplicación de la quitosana en diferentes momentos y dosis en los rendimientos de la variedad Spunta.

CAPITULO I. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. La agricultura en el mundo.

La agricultura se clasifica como una industria extractiva de recursos renovables, son productos obtenidos por la explotación de la tierra a través de la metamorfosis provocada por el hombre que le permite repetir la producción tantas veces como desee, teniendo en cuenta la tecnología y las condiciones ambientales que le rodean. Es un sector clave para la economía, ya que proporciona materias primas, genera empleos, y mejora la distribución del ingreso a través de la producción de alimentos. En los recientes informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2007) se plantea que pese al avance alcanzado por el hombre aún existen grandes problemas con respecto a la alimentación: el problema de nutrición está lejos aún de estar resuelto, ni siquiera en vías de solución.

El incremento de la población mundial, que en los últimos 20 años ha crecido a un ritmo promedio anual entre los 93 y 100 millones de personas, exige esfuerzos a fin de dar una justa respuesta alimentaria para todos sin exclusión. El grave problema del hambre que afecta a más de 800 millones de terrícolas se concentra en la franja de los países subdesarrollados donde se concentra el 95 % del crecimiento de la población y son precisamente los que cuentan con menos posibilidades de financiamiento para enfrentar ese desafío, mucho más si se sabe que los esfuerzos del desarrollo económico basado en los patrones de vida actuales conducen al agotamiento incesante de los bienes naturales y al deterioro del medio ambiente (UNESCO, 2005).

1.2. Cuba y la Agricultura Sostenible.

Ríos y Ponce (2001) plantean que a finales de la década de los 70 se debatió en el país cómo hacer más eficiente la agricultura cubana y el estado orientó a los centros de investigación organizar sus líneas de trabajo hacia sistemas de bajos insumos y la sustitución de importaciones.

Los campesinos, tanto privados como en cooperativas, nucleados en la ANAP en buena medida conservaron tradiciones de sus antepasados y continuaron

aplicando una agricultura y ganadería sostenible, más diversificada y de bajos insumos, mientras en el sector estatal se aplicaba mucho más la agricultura de altos insumos (mecanización, agrotóxicos, fertilizantes químicos, ganadería intensiva-industrial). Por tanto, cuando llega el período de limitaciones económicas, existía una base de conocimientos para enfrentarlo (Pagés, 2006).

Por otra parte, se desarrolló un movimiento de agricultura orgánica por distintos Organismos No Gubernamentales (ONG) e instituciones estatales en apoyo a los cambios, destacándose la activa labor de promoción y divulgación a través de todo el país. Todo esto trajo como consecuencia una mayor preocupación por el medio ambiente, orientación hacia la autosuficiencia y disminución de la producción para la exportación, lo que conllevó un cambio de paradigma de la agricultura, transformándola paulatinamente hacia una sostenible, de bajos insumos, más independiente y que empleara técnicas ecológicas de producción (Funes, 2009).

1.3. La papa. Situación mundial y en Cuba.

La papa es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a nivel mundial, después del trigo, el arroz y el maíz. Se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en vías de desarrollo (Zulzer, 2008).

Su consumo se extiende vigorosamente en el mundo en desarrollo, que hoy producen más de la mitad de la cosecha mundial, donde la facilidad del cultivo y su gran contenido de energía, la han convertido en un valioso producto comercial para millones de agricultores (Gutiérrez, 2006 y FAO, 2008).

La papa está difundida en todas las regiones del mundo, constituyendo en muchos un alimento básico para la población. La FAO (2004) informa una producción mundial anual de 327 millones de toneladas que cubre 18,6 millones de hectáreas para un rendimiento promedio de $17,3 \text{ t.ha}^{-1}$.

En América Latina, el crecimiento de la producción en las últimas cuatro décadas fue de 2,3 % anual, donde el aumento de la productividad se consideró como el principal responsable, ya que la superficie cultivada solo creció en una tasa de 0,2 % anual (Ezeta, 2008). Recientes estudios publicados por el Centro Internacional de la Papa (CIP) demuestran que la papa mantendrá o aumentará su importancia económica relativa en la canasta familiar de los países en desarrollo en los próximos 20 años (Ezeta, 2008).

El cultivo de la papa se conoce en Cuba desde hace más de 200 años. Antes de 1959 los niveles de siembra eran limitados y los rendimientos bajos, en años posteriores se incrementaron las áreas plantadas con tendencia a estabilizarse en unas 15 000 hectáreas anuales concentrándose las mayores producciones en las provincias de La Habana (actuales Mayabeque y Artemisa), Matanzas y Ciego de Ávila.

En nuestro país ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, se plantan cada año entre 10 000 y 15 000 ha, con un rendimiento medio entre 18 y 25 t.ha⁻¹, y una producción anual de 300 000 t (Estévez *et al.* 2006) con un consumo superior a los 25 kg por habitante por año (FAOSTAT, 2008).

Se plantan entre 13-15 variedades procedentes de Europa y Canadá y se evalúan, cada año, más de 100 nuevas variedades, provenientes de programas de mejoramiento de Holanda, Francia, Alemania, Estados Unidos y Canadá (Manso, 2009), los cuales encuentran su mayor apoyo en los bancos de germoplasma de este cultivo a nivel mundial, conjuntamente con el banco de germoplasma del CIP, el cual posee el mayor número de accesiones (Salas, *et al.* 2009).

1.4. Taxonomía y morfología.

La papa o patata (*Solanum tuberosum* L.) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Los primeros cultivos se atribuyeron a las zonas más altas de los Andes, cerca del lago Titicaca, posiblemente hace más de mil años. Los españoles encontraron la papa a mediados del siglo XVI en Perú y la introdujeron en Europa, cultivándola primero como planta tropical exótica, a la que se le atribuyeron desde tiempos inmemoriales misteriosas propiedades medicinales. Solo dos siglos más tarde, la papa se incorporó efectivamente a la dieta regular de los países de Europa. Con el tiempo su consumo fue creciendo y su cultivo se expandió a todo el mundo hasta posicionarse como uno de los principales alimentos para el ser humano. (Wikipedia, 2011)

Las especies silvestres del género *Solanum* han tenido un importante peso en la obtención de variedades resistentes a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (temperatura, sequía, etc.) (Bonierbale *et al.* 2004; Janski, 2006).

Clasificación taxonómica:

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>S. tuberosum</i>

Es una planta herbácea, tuberosa, caducifolia, de tallo erecto o semi-decumbente; con hojas compuestas, dispuestas en forma espiralada en los tallos. Presenta tres tipos de tallos, uno aéreo, sobre el cual se disponen las hojas y dos tipos de tallos subterráneos: los estolones y los tubérculos.

Los tallos aéreos son herbáceos, suculentos y alcanzan de 0,6 a 1,0 metro de longitud. Suelen ser erectos o decumbentes, en la medida en que avanza la madurez de la planta. Los estolones son brotes laterales que nacen de la base del tallo aéreo, dando lugar a través de un engrosamiento en su extremo distal, al tubérculo.

Los tubérculos se encuentran soterrados y constituyen órganos de almacenamiento de nutrientes de la planta. Pueden presentar una forma alargada, redondeada u oblonga y su color depende de la variedad.

El sistema radical es fibroso, ramificado y se extiende generalmente de forma superficial. Se ubica en la porción de los tallos comprendida entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo y presenta un rápido crecimiento a partir de los primeros estados de desarrollo hasta el momento en que comienza la formación de tubérculos.

La inflorescencia nace en el extremo terminal del tallo y el número de flores es variable. Pueden ir desde el color blanco hasta el púrpura dependiendo de la variedad. El fruto es en forma de baya, y puede presentar una forma variada. Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales, y pueden contener

aproximadamente entre 200 y 400 semillas muy pequeñas, aplanadas, de forma arriñonada, que pueden ser blancas, amarillas o castaño amarillentas.

1.5. Utilización en la alimentación humana

La papa es uno de los cultivos de gran importancia alimenticia. Es superior a todos los otros cultivos en la producción de proteínas por unidad de tiempo, superficie y en la producción de energía. (FAOSTAT, 2008). Su proteína es muy valiosa, debido al alto contenido de aminoácidos esenciales, las más importantes son las albúminas (49 %), globulinas (26 %), prolaminas (4,3 %) y glutelinas (8,3 %) según Digmer (2004), lo cual no es común en otras plantas; en ello se asemeja a la proteína de la leche y es sobresaliente la forma en que se complementa con otras proteínas como la soya (Estrada, 2001).

El tubérculo contiene alrededor de un 80 % de agua, seguido por los carbohidratos que constituyen entre un 16–20 %; dentro de estos se destacan los almidones. La fibra alimentaria representa de 1–2 % del total y se encuentra fundamentalmente en la piel del tubérculo. La concentración de azúcares simples es baja (0,1–0,7 %), siendo la glucosa, fructosa y sacarosa los de mayor importancia (Petryk, 2005).

Contiene varias vitaminas, incluyendo la vitamina C, riboflavina, tiamina y niacina. Entre los distintos minerales que presenta alrededor de 1 % del total, merecen citarse el calcio, el potasio, el fósforo y el magnesio por su importancia en la nutrición humana.

1.6. Condiciones edafoclimáticas del cultivo

Las condiciones de cultivo varían de una variedad a otra, requieren de particulares condiciones climáticas y agroecológicas, para expresar su rendimiento óptimo (CIP, 2006). El cultivo de papa se puede realizar en una gran variedad de suelos, expresa su potencial productivo cuando éstos tienen retención hídrica adecuada, buen drenaje y aireación, textura franca a franco-arenosa, con elevados contenidos de materia orgánica, así como una buena estructura y una profundidad efectiva de por lo menos 50 cm. En cuanto al pH, el ideal es leve a moderadamente ácido (5,7 a 6,5). Dicho rendimiento está determinado en gran medida por el desarrollo que alcance la superficie foliar, aspecto en el que juega un papel importante la incidencia de los factores abióticos tales como:

Fotoperíodo

La respuesta a la longitud del día o fotoperíodo depende de la subespecie y variedad considerada. Generalmente requiere de días largos (más de 14 horas de luz) para desarrollar su área foliar y de días cortos (menor de 14 horas de luz) en su proceso de tuberización. Bajo condiciones de día corto las plantas muestran una tuberización temprana, los estolones son cortos y el follaje permanece reducido. Bajo condiciones de día largo (sobre 25° de latitud norte o sur) ocurre lo contrario.

Luz

La intercepción de luz por el cultivo depende de la intensidad lumínica, de la arquitectura del follaje y porcentaje de suelo cubierto por el mismo, y de la edad de las hojas. La asimilación bruta de la papa en un día luminoso pleno (50 000 lux) a 18-20 °C es de 1,92 g de CO₂ por m² de área foliar por hora, con una concentración de 0,03 % de CO₂. Esto equivale a un rendimiento neto potencial de 1,23 g de materia seca. En los cultivos con baja densidad de plantación (menos de 35.000 plantas/ha) no se produce competencia entre plantas, pero parte de la luz se pierde porque no toda el área de suelo está cubierta de follaje. Ello estimula a una mayor producción por planta y a un mayor tamaño de sus tubérculos, pero el rendimiento por unidad de superficie será inferior a aquel que presenta una densidad superior. (Contreras, citado por Navarro, 2000)

La luminosidad también influye en la producción de carbohidratos, dado que es uno de los elementos que interviene en la fotosíntesis. Ejerce su influencia además en la distribución de los carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta. La máxima asimilación ocurre a los 60 000 lux según Infantes (2006).

Según López, *et al.*, (1995) informan que en condiciones de alta intensidad luminosa, la asimilación de nutrientes es más elevada. La presencia de luz desplaza la relación follaje–crecimiento del tubérculo a favor de este último y el rendimiento está en función de la duración del período vegetativo y del crecimiento del tubérculo por día. Una combinación formada por un largo período de

vegetación y un crecimiento rápido del tubérculo por día, dan lugar a rendimientos máximos (Van der Zaag, 1993).

Temperatura

La temperatura constituye un factor limitante para la productividad del cultivo de la papa. Tiene marcada influencia sobre el desarrollo del follaje y los tubérculos: valores inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C inhiben decididamente el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 18 a 20 °C, aunque algunas variedades rinden el máximo con temperaturas mayores (López, *et al.*, 1995) y temperaturas mínimas no suelen afectar el rendimiento ya que el cultivo de papa es considerado como resistente a temperaturas subóptimas (6 °C) según lo informado por Aguilar, *et al.* (2006).

La temperatura óptima de asimilación fotosintética no siempre es la misma que la encontrada como óptima para la acumulación de materia seca en los tubérculos. El tubérculo en latencia, inicia su brotación y emergencia en forma lenta a 5 °C y se maximiza a los 14-16 °C. Esto es importante al considerar la época de plantación ya que esta debe iniciarse cuando la temperatura del suelo haya alcanzado por lo menos 7-8° C. La respuesta fotoquímica a la temperatura tiene estrecha relación con la intensidad lumínica. Así, cuando esta última es alta (sobre 50.000 lux) la fotosíntesis neta se optimiza en altas temperaturas.

Durante el desarrollo del cultivo la planta forma su área foliar profusamente a temperaturas de 20-25 °C. Temperaturas sobre los 37 °C afectan el proceso fotosintético al aumentar excesivamente la respiración., lo cual está relacionado con el incremento de la actividad de las enzimas que interviene en el proceso respiratorio acelerando el consumo de oxígeno y por consecuencia hay combustión de los carbohidratos almacenados en los tubérculos. Aunque los requerimientos térmicos pueden diferir según la variedad, se puede generalizar, que temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25 ° C y mínimas o nocturnas de 8 a 13 °C son excelentes para una buena tuberización. (Estévez, *et al.*, 2005 y Wikipedia, 2011).

Temperaturas altas provocan la rápida deshidratación, pérdida de masa del tubérculo y un incremento del número y tamaño de las yemas (grelos) según Struik, *et al.* (2006); mientras que temperaturas bajas favorecen la formación de

azúcares o endulzamiento de la papa disminuyendo la calidad del producto, especialmente, cuando está destinada al consumo industrial, porque además de afectar su sabor, origina un oscurecimiento indeseable en las frituras (Pereira, *et al.* 1994).

De acuerdo a las condiciones climáticas de Cuba ha sido necesario adaptar el cultivo de la papa a la época de más baja temperatura ambiental y menos grado de humedad atmosférica, procurando darle a las plantas un ambiente similar al de su origen (clima templado). Por esta razón la producción de este cultivo se limita a los meses de noviembre-abril.

1.7. Nutrición y fertilización de la papa.

Es un cultivo altamente tecnificado dado sus exigencias fisiológicas intrínsecas, las características de los suelos y el clima donde se cultiva y de los sistemas de producción que le son propios. Mantener estable la producción de papa requiere gran esfuerzo por parte de las instituciones involucradas en las cadenas productivas, los investigadores y extensionistas. El problema es más serio en áreas tropicales, donde las condiciones climáticas y de los suelos no son totalmente favorables para su cultivo, lo que trae consigo que es necesario utilizar cuantiosos recursos financieros y materiales.

Para ello, en aquellas regiones donde se obtienen altos rendimientos, se desarrollan sistemas agrícolas de altos insumos, especialmente de fertilizantes. Así como la existencia del ser humano, las plantas requieren nutrientes (Johnston, 2002). Sin embargo, un análisis realizado por Moreno y Mojena (2003) dio como resultado que no existe siempre una relación directa entre la cantidad de fertilizante suministrado y el rendimiento comercial en las diferentes campañas papeiras, y que generalmente cuando se aplican cantidades excesivas, su eficiencia económica disminuye considerablemente.

Es una tarea compleja respaldar altos rendimientos desde el punto de vista nutricional. La fertilización de un cultivo trae consigo el manejo de profundos conocimientos científicos-técnicos y experiencia práctica; se trata de conocer los fundamentos fisiológicos de la nutrición de la papa, de la dinámica de los nutrientes en los suelos dedicados al cultivo, de su lugar en la rotación, de las particularidades climáticas de cada región, de su entorno socio económico y de la

interacción mutua de esos factores, para poder diseñar sistemas tecnológicos que tomen en cuenta también las particularidades de la agricultura y de la economía de cada región.

La fertilización se realiza para asegurar a las plantas una nutrición mineral acorde a sus necesidades, en correspondencia con las disponibilidades de los nutrientes en el suelo. Normalmente en Cuba en la papa se aplican fertilizantes químicos NPK (completos, granulados TVA) momentos antes de la plantación y aplicaciones de portadores sólidos nitrogenados antes de los 30 días de plantado o en distintos momentos del desarrollo del cultivo por medio de la fertirrigación.

Los sistemas de fertilización deben estar dirigidos a cada sitio específico y dar solución a situaciones nutricionales y de cultivo en particular. En el caso del cultivo de la papa para fertilizar en la dosis y momento adecuado hay que tener en cuenta sus características fisiológicas y morfológicas, así como el tipo de suelo y el impacto sobre el medio ambiente (Montain Valley produce, 2001).

Según Moreno y Mojena (2003) la papa se caracteriza por una alta demanda de nutrientes para lograr rendimientos económicamente aceptables (por ejemplo 3,5-0,9-5,3 kg de N, P₂O₅ y K₂O t⁻¹ de tubérculos). Plantean que un aspecto de gran interés para los productores de papa es la fuente de los nutrientes. La ventaja de una u otra están íntimamente relacionadas con su capacidad para responder a las condiciones de suelo, clima y cultivo incluyendo: los iones acompañantes a los nutrientes que se aplicarán, a las facilidades de manejo y almacenamiento, y el costo en fertilizante en relación con la producción que se obtendrá. El costo de comercialización, transporte, almacenamiento y distribución, cuando se utilizan portadores poco concentrados, puede duplicar el costo debido al precio de los fertilizantes, por lo que la tendencia es utilizar portadores de nutrientes más concentrados.

1.8. Impacto ambiental de la fertilización.

Hablar de sostenibilidad en el cultivo de la papa, un cultivo con una agrotecnia muy especializada y de altos insumos, parecería un enfoque sin sentido si aceptamos conceptos parciales de agricultura sostenible.

Innumerables publicaciones referidas a la sostenibilidad de sistemas agrícolas estigmatizan a aquellos cultivos, como la papa, donde se utilizan altos volúmenes

de insumos, entre ellos los fertilizantes minerales. No es posible considerar a esos sistemas como pocos sostenibles sin remedio y luchar por sustituirlos por sistemas menos agresivos para el medio ambiente, sino precisar cuáles son las causas del posible impacto ambiental y rediseñarlos, para, sin sacrificar significativamente sus resultados productivos, disminuir su impacto sobre el medio ambiente y hacer que los logros de la generación actual no pongan en peligro el futuro. (Estévez, 2005). Un uso eficiente de los fertilizantes es esencial para prevenir contaminación ambiental y ahorrar energía fósil. (Smilde, 2001).

1.9. Sustancias bioactivas

El estudio de sustancias bioactivas que modifiquen positivamente el metabolismo de las plantas se ha incrementado en los últimos años.

Los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentan su desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto y contribuyen a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades (Díaz, 1995).

Se incluye bajo el término bioestimulantes, a una serie de productos de diversos orígenes, en cuanto a las materias primas que se utilizan para elaborarlos, al proceso de elaboración, a su composición, a la forma y periodicidad de aplicación y a su dosificación. El elemento más distintivo que diferencia a estos productos son los principios activos a los que se atribuye su acción benéfica.

En este marco se encuentra la quitosana el cual es un compuesto derivado por desacetilación de la quitina procedente del exoesqueleto de los crustáceos cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y practica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas y animales y antimicrobiano. Su aplicación potencial en la agricultura, es muy importante ya estimula el proceso de germinación, el crecimiento y el desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa mecanismo de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (Bautista-Baños *et al.*, 2006).

1.9.1. La quitina

La quitina es el segundo polímero más abundante en la naturaleza. Se encuentra presente en el exoesqueleto de crustáceos e insectos y en las paredes celulares de algunos hongos (Rinaudo, 2006). Es insoluble en la mayoría de los disolventes comunes, fue más bien una curiosidad de laboratorio durante muchos años. Sin embargo, en la actualidad la quitina y sus derivados han pasado a ser polímeros de gran aplicabilidad en diversos campos de la actividad humana (Peniche, 2006).

La quitina es un polisacárido lineal compuesto de residuos de 2-acetamida-2-deoxy-D-glucopiranosido unidos por enlaces β -(1 \rightarrow 4). Es el segundo polisacárido más común en la naturaleza después de la celulosa y difiere de ésta por el contenido de nitrógeno presente en cada residuo de glucosa en el caso de la molécula de quitina. Este polímero está presente de manera natural en las paredes celulares de varios grupos de hongos, así como en el exoesqueleto de insectos y artrópodos. La producción de quitina a partir del exoesqueleto de los crustáceos, su principal fuente mundial (Du *et al.*, 2009; Al Sagheer *et al.*, 2009; Falcón *et al.*, 2008) se incrementó substancialmente en los últimos 20 años como resultado de la versatilidad y las múltiples aplicaciones de este polímero y sus derivados en los campos de la medicina, la nutrición, la industria, la cosmética, el cuidado del medio ambiente y la agricultura (Majeti y Kumar, 2000; Hague *et al.*, 2005; Bautista-Baños *et al.*, 2006).

1.9.2. La quitosana y sus características químicas.

La Quitosana es el principal derivado de la quitina y se obtiene por desacetilación parcial o total de esta última, por lo que está fundamentalmente compuesta por residuos de glucosamina, 2-amino-2-deoxi- α -D-glucosa (Figura 1).

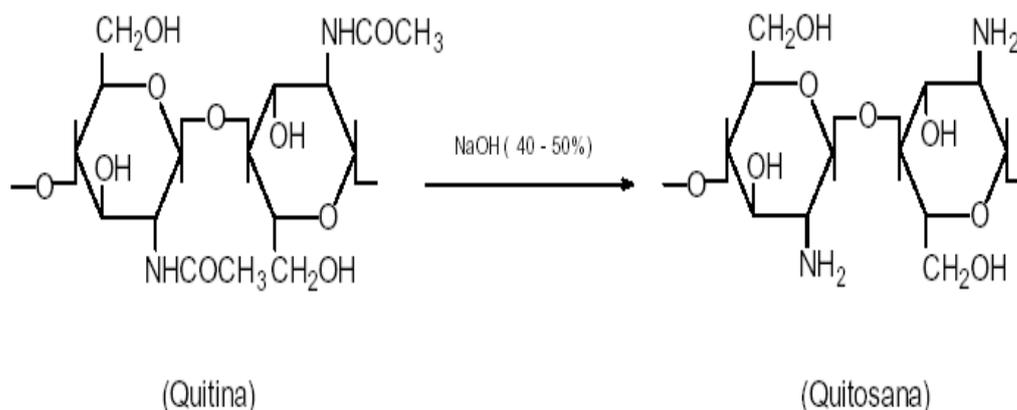


Figura 1. Estructura monomérica y enlaces que conforman los polímeros de quitina y quitosana. Formación de quitosana mediante desacetilación básica del grupo amida de la quitina.

Teóricamente, la quitosana se refiere al polímero de quitina carente de grupos Nacetilos. Sin embargo, usualmente los polímeros de quitosana que se obtienen y se aplican con distintos fines, poseen una acetilación parcial de los grupos aminos dependiente del método y las condiciones en que se obtuvieron a partir de la quitina. Debido a la reactividad biológica de las cargas positivas del grupo amino, los polímeros de quitosana tendrán más o menos actividad biológica, en dependencia del número y distribución de cargas positivas en la molécula.

Por su carácter policatiónico tiene gran aplicación práctica en la industria, en la cosmetología (aditivos del pelo, cremas faciales y para el cuerpo), la nutrición (preservantes, antioxidantes y antimicrobianos), la biotecnología (quelador, emulsificador, floculante), farmacología y medicina (fibras, drogas, membranas, órganos artificiales) y en la agricultura (modificadores de suelo, películas, fungicidas y elicitores), entre otras aplicaciones (Majeti y Kumar, 2000; Hague *et al.*, 2005; Bautista-Baños *et al.*, 2006).

1.9.3. Métodos de obtención de quitosana

La masa molecular del polímero también juega un papel importante en sus efectos biológicos. La conversión de quitina en quitosana reduce la masa molar promedio del polímero de $1-2,5 \times 10^6$ a $1-5 \times 10^5$ (Majeti y Kumar, 2000). Dentro de los países productores de quitosana se encuentra Polonia, China y Australia (Tsigos *et al.*, 2000; Majeti y Kumar, 2000).

Los métodos de obtención de quitosana son fundamentalmente químicos y consisten en desacetilaciones básicas (NaOH) del grupo N-acetilo de la quitina que puede ejecutarse en condiciones de alta temperatura y concentración de NaOH (Método heterogéneo) o en condiciones más suaves de ambas variables (Método homogéneo). La diferencia de métodos redundan en las características de la quitosana obtenida que resulta mucho más desacetilada en condiciones heterogéneas, donde también el polímero estará más degradado (Tsigos *et al.*, 2000).

Sin embargo, la desacetilación básica, que es hasta el momento la forma de preparación más sencilla y utilizada, puede tener desventajas en las características del producto obtenido, como pueden ser la dispersión de masas moleculares y la distribución de la desacetilación del grupo amino en la molécula resultante, en relación con algunas de las aplicaciones farmacéuticas e industriales de la quitosana (Tsigos *et al.*, 2000).

Una alternativa para las desventajas de la forma química de obtención puede ser la desacetilación enzimática a través de quitina desacetilasas. Este tema ha sido de gran interés en los últimos 10 años y se han estudiado un grupo de enzimas de microorganismos con diferentes tipos de quitina (Tsigos *et al.*, 2000). Los resultados demuestran que las enzimas desacetilan con una velocidad adecuada solo un 10% de la molécula de quitina, debido a impedimentos estéricos relacionados con la conformación del polímero. Resulta necesario aplicar métodos alternativos que causan cambios en las propiedades físicas del polímero previo a la aplicación de las desacetilasas para lograr porcentajes mayores de desacetilación (Tsigos *et al.*, 2000).

Por lo anterior, no se ha informado aún de la preparación comercial de quitosana por vía enzimática.

1.9.4. Mecanismos de acción de la quitosana relacionado con su potencial en el uso agrícola

Este polímero se comporta como un polielectrolito lineal a pH ácido, posee una alta densidad de cargas, tiene la capacidad de quelar iones metálicos (Fe, metales pesados, etc) y de adherirse fácilmente a superficies cargadas negativamente.

La quitosana y sus derivados activan mecanismos de defensa en las plantas al producir fitoalexinas que destruyen o inhiben el crecimiento de patógenos provocando cambios fisiológicos y bioquímicos en las mismas.

Su actividad antimicrobiana ha sido documentada tanto en experimentos *in vitro* como *in situ* (Rabea *et al.*, 2003 y Bautista-Baños *et al.*, 2006). Aprovechando sus características antimicrobianas y antioxidantes se ha empleado para preservar productos alimenticios (Chien *et al.*, 2007; No *et al.*, 2007) y en la preservación de la calidad de frutos cortados (González-Aguilar *et al.*, 2009).

La literatura informa que la inhibición del desarrollo de muchos patógenos está altamente correlacionada con el incremento de la concentración de quitosana en el medio de crecimiento, indicando que en la medida en que aumenta la concentración se incrementa la inhibición, existiendo diferencias entre acción fungistático y fungicida de acuerdo a las concentraciones probadas (Bautista-Baños *et al.*, 2006).

Es aceptado entre los investigadores del tema que el carácter policatiónico de la quitosana es la clave de sus propiedades antimicrobianas. Allan y Hadwiger (1979) informaron que los grupos aminos cargados positivamente inhibían el crecimiento de hongos y bacterias, a través de la formación de complejos polielectrolitos con los grupos carboxilos cargados negativamente presentes en las paredes celulares de los microorganismos probados (Rabea *et al.*, 2003; Raafat *et al.*, 2008).

Estudios más recientes demuestran que la quitosana no solo es efectiva en inhibir el crecimiento del patógeno, sino que también provoca importantes cambios morfológicos, alteraciones estructurales y desorganizaciones moleculares dentro de la propia célula del patógeno (Bautista-Baños *et al.*, 2006).

Varios autores han informado también la reducción de la esporulación y la inducción con quitosana de afectaciones morfológicas (área, longitud y forma), en esporas y conidios de varios patógenos como son *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium digitatum*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus Níger* entre otros (Pacheco *et al.*, 2008; Hernández-Lauzardo *et al.*, 2008; Palma-Guerrero *et al.*, 2008).

Numerosos estudios han demostrado que la quitosana y sus fragmentos constituyen elicitores exógenos de respuestas defensivas en varias plantas,

principalmente dicotiledóneas (Bautista-Baños *et al.*, 2006). Entre las respuestas se incluyen enzimas defensivas o involucradas en rutas metabólicas que conllevan a la producción de compuestos tóxicos al patógeno o al reforzamiento de las paredes y cubiertas de la planta para evitar la entrada de estos.

Los efectos antifúngicos del quitosano sobre diferentes fitopatógenos se han relacionado con el nivel de desacetilación de la molécula, la concentración aplicada y la masa molecular del compuesto, entre otros factores (Falcón *et al.*, 2008; Bautista-Baños *et al.*, 2006; Hernández-Lauzardo *et al.*, 2008). Por otra parte, se conoce que las características del polímero pueden influir en las propiedades funcionales de los sistemas donde se adicione, interviniendo de manera significativa en el efecto fisiológico de los microorganismos (Rabea *et al.*, 2004). La inducción de protección parcial o total de la planta por quitosana o sus oligómeros en diversos sistemas planta-patógeno ha sido ampliamente documentada en la última década (Ben-Shalom *et al.*, 2003; Molloy *et al.*, 2004), constituyendo en la actualidad estas oligosacarinas principios activos en varios agroquímicos de nuevo tipo destinados a la protección de los cultivos (Ait Barka *et al.*, 2004; Sharathchandra *et al.*, 2004).

Yu *et al.* (2005); señalan que la chitosana es un elicitador, que aplicado en los medios de cultivo para la micropropagación puede incrementar el crecimiento, el vigor y la materia seca de las plantas *in vitro* y como consecuencia facilitar la aclimatización necesaria en condiciones *ex vitro*.

1.9.5. Efecto del polímero de quitosana en la estimulación del crecimiento y desarrollo de plantas.

Desde finales de los años 80 se considera que las quitosanas pueden ejercer un efecto estimulador sobre el crecimiento de las plantas, de hecho, de esas fechas datan las primeras patentes aparecidas relacionadas con la estimulación del crecimiento y los rendimientos de cereales previamente tratados con quitosana (Hadwiger, 1989; Freepons, 1990).

La literatura científica plantea que la quitosana es capaz de aumentar el peso seco de las hojas de plantas de soya y que el crecimiento total se mejora si se aplica 3 mg/ml del producto a cada planta (Prapagdee *et al.*, 2006). El uso de la quitosana acuosa también reporta beneficios a los parámetros de crecimiento. Semillas de

trigo fueron embebidas en Alexa (formula acuosa de quitosana) para determinar su impacto sobre la germinación y el vigor de las plántulas. Se probó que una concentración de 1:19 produjo germinación máxima con un tiempo de imbibición de 6 horas. La germinación de las semillas tratadas fue de 91% con respecto al control que registró 83%, mientras el vigor incrementó en un índice de 353. El producto causó incrementos en los parámetros de crecimiento tales como altura de la planta; número, longitud y anchura de las vainas por planta y un aumento de 19% en el peso de las semillas. (Sharathchandra *et al.*, 2004)

Semillas de *Solanum lycopersicum*. L (tomate) una vez tratadas con diferentes concentraciones de quitosana (0,1, 100, 1000, 2000 mg.l⁻¹) durante 4 y 8 horas mostraron que la mejor respuesta, de manera general, se obtuvo cuando las semillas fueron tratadas con 1mg/L de quitosana por cuatro (4) horas, ya que esta concentración estimuló de forma significativa la masa seca de las plantas. (Martínez *et al.*, 2007)

Lay Nge *et al.* (2006) informan que al utilizar varias preparaciones de quitosana para analizar su efecto sobre el cultivo *in vitro* del meristemo y la propagación del protocormo de la orquídea en medio líquido y sólido, se estimuló la inducción de la diferenciación del tejido de la orquídea.

Diversos son los usos dados a la quitosana en la agricultura, así se plantea por Devlieghere, *et al.* (2004), su utilización tanto en semillas, como en hojas, frutos, el recubrimiento de vegetales como fertilizante y en la liberación controlada de los agroquímicos.

Por otra parte Sukwattanasinitt, *et al.* (2001), informaron acerca de su empleo para aumentar la producción de las plantas y también Wanichpongpan, *et al.* (2001) y Nwe, *et al.* (2004), plantearon su utilidad como agente estimulador de inmunidad en las plantas.

Otros autores como Hadwiger, *et al.* (2002) señalaron su capacidad para protegerlas contra los microorganismos que les afectan, al igual que Pospieszny, *et al.* (1991) y Bautista-Baños, *et al.* (2003) señalaron su potencialidad como estimulador del crecimiento.

Efectos favorables en el crecimiento expresado mediante la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila

en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* super stryke) fueron informados por Sheikha (2011), destacándose en sus resultados que las mejores respuestas fueron encontradas con las menores dosis utilizadas.

Otras evidencias de los efectos positivos de las aplicaciones de quitosana en el crecimiento de las plantas han sido señaladas entre otros, por Hirano (1988) en *col*; por Lee *et al.* (2005) en soya y por Kim, *et al.* (2005) en albahaca.

Todo lo mencionado anteriormente apoya la idea de considerar las quitosanas como reguladores del crecimiento y desarrollo en varias especies, ya que se ha demostrado una influencia probada en el crecimiento vegetativo y radical de las plantas (Hadwiger, 1989; Chibu *et al.*, 2002), el acortamiento y mejora del período de floración y fructificación (Utsunomiya *et al.*, 1998; Ohta *et al.*, 2004) en algunas especies y el incremento de los rendimientos en otras, fundamentalmente, mediante tratamiento previo de las semillas (Hadwiger, 1989; Freepons, 1990), sin embargo, esto no ha sido experimentado aún en el cultivo de la papa. Por lo anterior, resulta de interés conocer la influencia de este polímero sobre indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo y su relación con la dosis y momento de aplicación del compuesto a las plantas.

CAPITULO II. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la finca “Las Papas”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; situada a los 23° 00´ de latitud norte y 82° 12´ de longitud oeste, a una altura de 138 m sobre el nivel del mar, San José de las Lajas, Mayabeque. Los experimentos se desarrollaron en un suelo Ferralítico Rojo Eutrítico Compactado (Hernández, *et al.*, 1999), durante las campañas 2009 – 2010 y 2010 – 2011, cuyas características químicas principales aparecen a continuación (Tabla 1), durante los años 2010 y 2011.

Tabla 1. Caracterización química del suelo durante el período evaluado.

pH	MO (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol/ kg)			
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
6,3	3,69	461.3	0,29	16,23	2.5	0.14

Fuente: Departamento de Agroquímica del INCA

Durante la fase de investigación, las condiciones climatológicas fueron registradas en la Estación Experimental Tapaste. En el año 2010 presentó temperaturas bajas (14,6 °C) para la mínima y 26,2 °C para la máxima, principalmente en los meses de febrero y marzo. En el año 2011, las temperaturas fueron superiores a las del 2010 comportándose las medias para las máximas alrededor de los 28,6 °C y las mínimas cercanas a los 15,8 °C, encontrándose las bajas en los meses de enero y febrero. Durante la segunda campaña, las precipitaciones fueron regulares y llegaron a un total acumulado de 114,4 mm en todo el período de cultivo de la papa y los registros para el año 2010 fueron superiores con acumulados de 210,3 mm.

Quitosana empleada

Se empleó un polímero de quitosana (Q-88) que se obtuvo mediante desacetilación básica (NaOH) de quitina de langosta cubana según metodología informada (Falcón *et al.*, 2005), por el Grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Las características principales del compuesto son su masa molecular de $1,35 \times 10^5 \text{ g.mol}^{-1}$ y su grado de N-acetilación de un 12 %.

En el mes de enero de ambos años se plantaron a una distancia de 0,25 x 0,90 m en ambas campañas utilizando tubérculos de la variedad Spunta de procedencia holandesa con calibres de 35 mm.

Experimento 1

Con el objetivo de evaluar el posible efecto de quitosana en diferentes momentos de aplicación en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa, variedad Spunta en condiciones de campo, se desarrolló en la campaña 2009-2010 un estudio preliminar en un área experimental de 0,14 ha utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y una población de 68 plantas por parcelas. Cada parcela contó de dos surcos con 34 plantas cada uno.

Los tratamientos a evaluar fueron:

-Control

-300 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 días después de la plantación (ddp).

-300 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 50 ddp

-150 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 y los 50 ddp.

La aplicación del producto se realizó mediante aspersión foliar con una mochila Matabi de 16 litros de capacidad humedeciendo todas las plantas por diferentes tratamientos con una dosis por planta de 0,0081 mg en la primera campaña y entre 0,0022 y 0,0112 mg en la segunda.

Para realizar las medidas de crecimiento se seleccionaron dos plantas por parcela (ocho plantas por tratamientos) a las que se les midieron a los 70 días después de la plantación, las variables siguientes:

- Longitud de los tallos expresada en centímetros considerando la distancia entre la base del tallo y la yema apical, para ello se utilizó una regla graduada.
- El diámetro de los tallos expresado en milímetros en la base de éstos empleando un calibrador digital (pie de rey) marca Caliper.
- Número de hojas mediante su conteo.
- En la primera campaña y a las 11:00 horas del día siguiente a la primera aplicación del producto se midió la conductancia estomática con un

porómetro de difusión Delta T- Devises realizando las medidas en cuatro hojas bien expuestas a la luz de cada tratamiento.

Para determinar el rendimiento se tomaron 5 plantas continuas en cada surco (10 plantas por parcela) en el momento de la cosecha a los 105 ddp, a las cuales se determinaron algunos componentes del rendimiento tales como:

El número de tubérculos por planta y su masa fresca en gramos, atendiendo a su calibre (< 28 mm, 28 – 35 mm, 36 – 45 mm, 46 – 55 mm, > 55 mm), estableciendo aquellos de categoría comercial (calibre > 36 mm)

La masa seca de los tubérculos se determinó a partir de una muestra de 100 g de masa fresca por cada tratamiento las que se colocaron en una estufa a una temperatura de 80 °C durante 72 horas hasta llevarlas a peso constante y a partir de estos datos se calculó el porcentaje de materia seca utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ materia seca} = (\text{masa seca} \times 100 / 100) 100$$

También se estimaron los rendimientos por área tanto en base a materia fresca como seca.

Experimento 2

Teniendo en consideración los resultados obtenidos en el primer experimento se consideró adecuado continuar estos estudios utilizando dosis del producto que cubrieran un mayor espectro que el anterior, por ello se desarrolló un segundo experimento en la campaña 2010-2011 con el objetivo de determinar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación del producto en el crecimiento y desarrollo de esta variedad.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó un área experimental de 0,25 ha en la que se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones las 10 variantes experimentales siguientes:

- Tratamiento 1: Control
- Tratamiento 2: 100 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 ddp

- Tratamiento 3: 300 mg.ha⁻¹ de Quitosana. a los 30 ddp
- Tratamiento 4: 500 mg.ha⁻¹ de Quitosana. a los 30 ddp
- Tratamiento 5: 100 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 50 ddp
- Tratamiento 6: 300 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 50 ddp
- Tratamiento 7: 500 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 50 ddp
- Tratamiento 8: 50 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 y 50 ddp
- Tratamiento 9: 150 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 ddp y 50 ddp
- Tratamiento 10: 250 mg.ha⁻¹ de Quitosana a los 30 ddp y 50 ddp

En este experimento se evaluaron las mismas variables que en el experimento 1.

La aplicación del producto se realizó de la misma manera que en la campaña anterior, en este caso se seleccionaron ocho plantas por tratamientos para realizar las mediciones de crecimiento y para la estimación del rendimiento se tomaron 10 plantas por parcela a los 92 ddp siguiendo la metodología utilizada en el primer experimento.

El riego en ambas campañas se realizó por aspersión mediante una máquina de Pivote Central, y las labores culturales y fitosanitarias se realizaron según las Normas Técnicas para el cultivo de la papa (Deroncelé, *et al.*, 2000).

Evaluación económica.

Para la evaluación económica se tuvo en cuenta los costos de producción, el precio según el Ministerio de precios (MEP) para una hectárea y para el cálculo de los indicadores se utilizaron las fórmulas siguientes:

Producción = Rendimiento estimado x Área

Ingresos = Producción x precio de venta

Ganancia = Ingresos – costo total de producción

Rentabilidad= ganancia / costo de producción x 100.

Análisis estadístico.

Los datos se procesaron utilizando el programa STATGRAPHICS Plus 5.1, mediante un ANOVA de clasificación múltiple y las medias se compararon por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan a una $p \leq 0,05$.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 expresa el comportamiento de la longitud de los tallos en cada uno de los tratamientos estudiados a los 70 días después de plantado (ddp) el cultivo de la papa, *Solanum tuberosum*, variedad Spunta para ambas campañas.

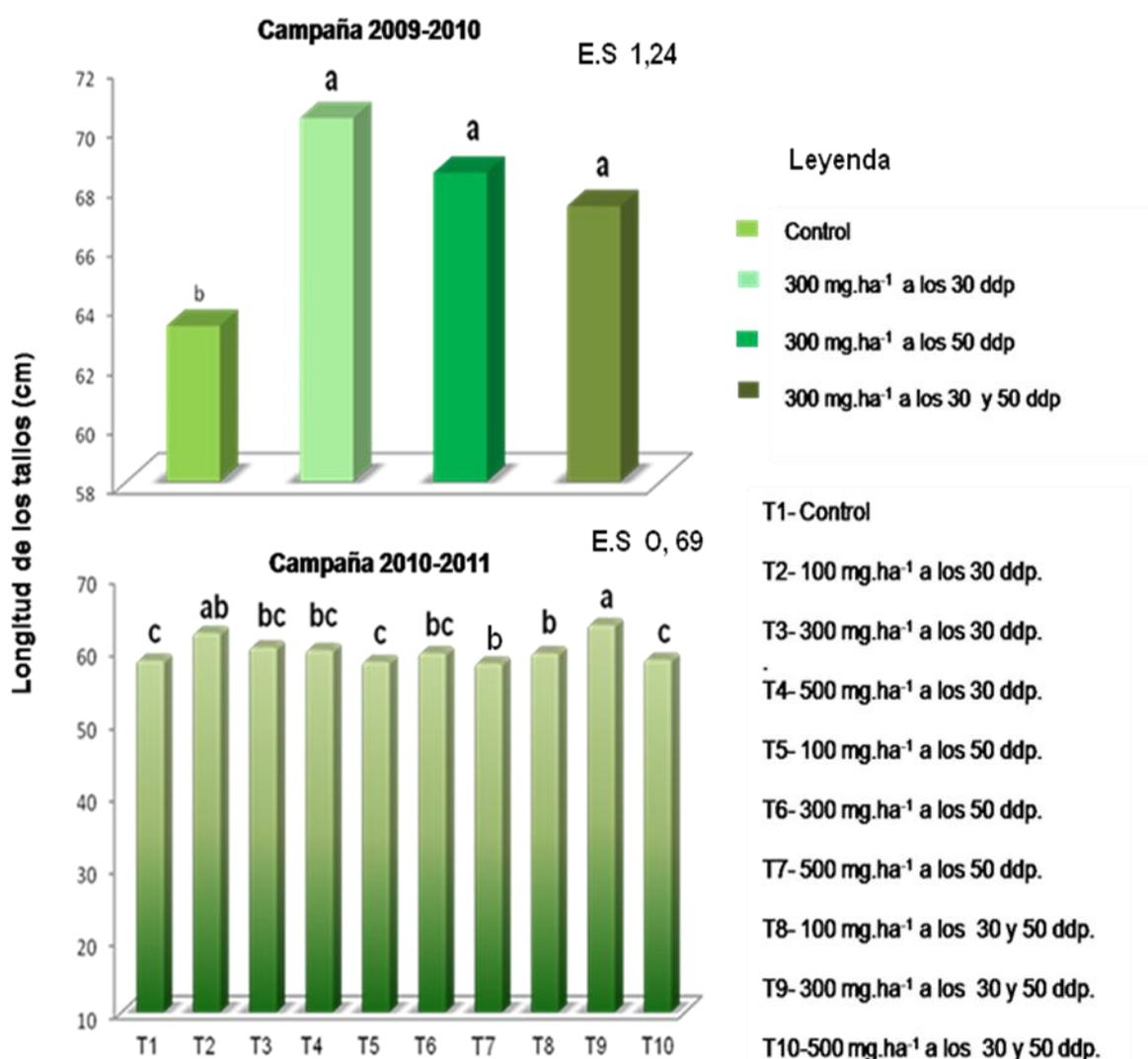


Figura 2. Comportamiento de las medias de la longitud de los tallos (cm) del cultivo de la papa variedad Spunta en ambas campañas a los 70 ddp. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

En la primera campaña no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos en que se aplicó el polímero Q-88, aunque se produjo un incremento de un 18 % en la media de la longitud de los tallos en relación al control con la aplicación a los 30 ddp.

Durante la segunda campaña, se observaron diferencias significativas entre tratamientos, se obtuvieron los resultados más bajos con las dosis de 100 mg.ha⁻¹ a los 50 ddp y 250 mg.ha⁻¹ a los 30 y los 50 ddp. Se pudo apreciar que la variante 150 mg.ha⁻¹ aplicada a los 30 y 50 ddp expresó la mayor longitud de los tallos sin mostrar diferencia a la media encontrada con la aplicación de los 100 mg.ha⁻¹ a los 30 ddp.

Se pudiera inferir que los mejores resultados de manera general se obtuvieron con las aplicaciones a los 30 ddp, lo cual resulta lógico tratándose de un cultivo como el de la papa que en ese momento debe encontrarse justamente en el período de máximo crecimiento. En cuanto a la magnitud de las dosis, por debajo de 100 mg.ha⁻¹ son insuficientes para estimular la longitud de los tallos y por encima de 150 mg.ha⁻¹ pudieran estar provocando desórdenes metabólicos que conspiran contra el crecimiento normal de las plantas.

En las evaluaciones realizadas en la primera campaña (figura 3) se apreció que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las variantes de aplicación del producto comparadas con el control. Se alcanzó el mayor diámetro de los tallos (1,42 cm) en la aplicación realizada a los 30 ddp.

En la segunda campaña, en correspondencia al análisis estadístico se observaron diferencias entre el tratamiento donde se aplicó la quitosana (150 mg.ha⁻¹) a los 30 y 50 ddp con respecto a los restantes variantes y el control.

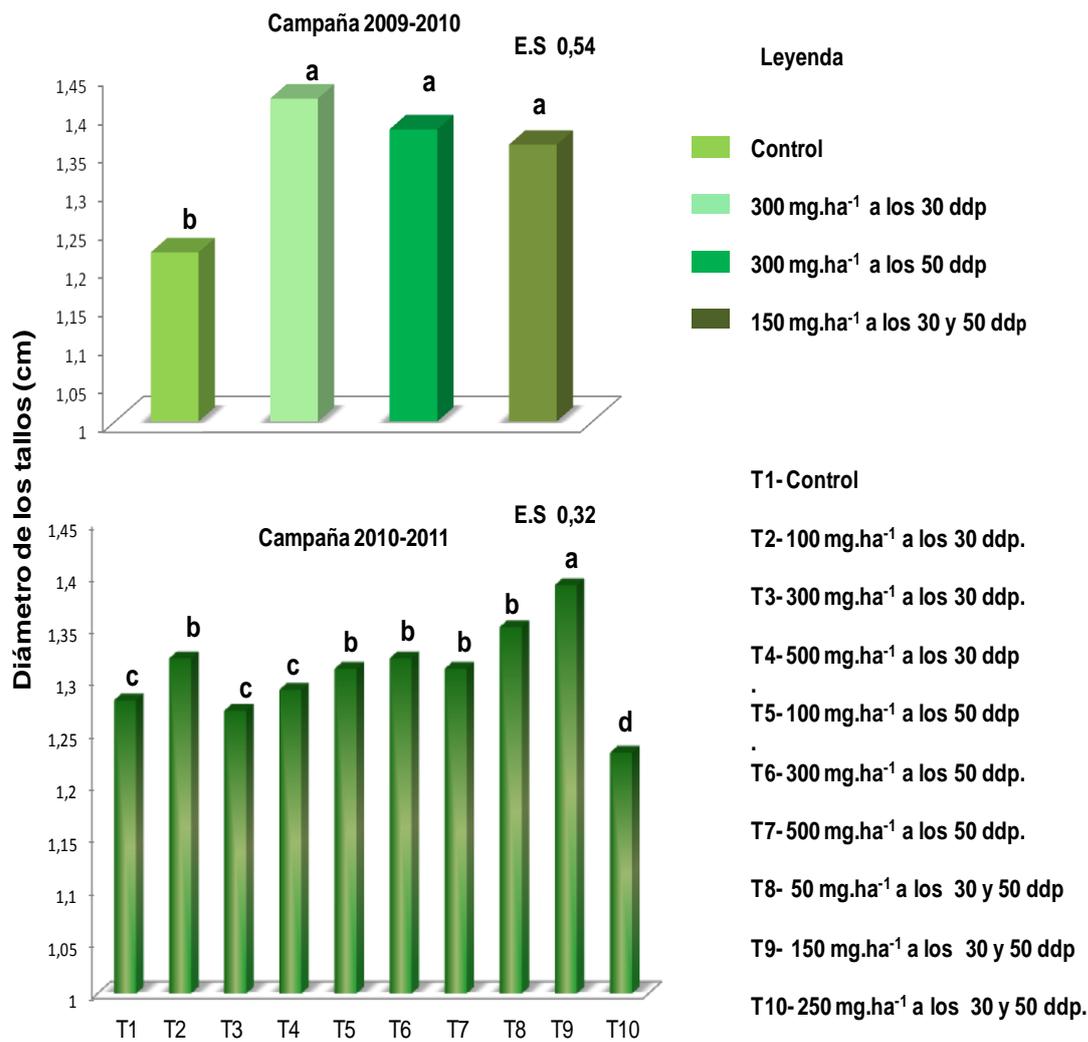


Figura 3 .Comportamiento de las medias del diámetro de los tallos (cm) del cultivo de la papa en ambas campañas. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Las hojas tienen un componente crítico en la planta, para inducir respuestas fotomorfogénicas como crecimiento vegetativo, tuberización y floración. Más del 90 % del peso seco acumulado por la planta de papa es derivado de la fijación y asimilación de CO₂, a través del proceso de fotosíntesis; así la estructura de la hoja y el número de estas alcanzadas, son factores que puede favorecer la actividad fotosintética de las plantas (Salisbury y Ross, 1992).

En el presente estudio se cuantificó el número de hojas por plantas, cuyos resultados se muestran en la (figura 4). Se observó que el polímero de quitosana estimuló el número de hojas en la variedad Spunta. La interacción entre las dosis y momentos de aplicación de la quitosana, resultó significativa en relación al control en ambas campañas.

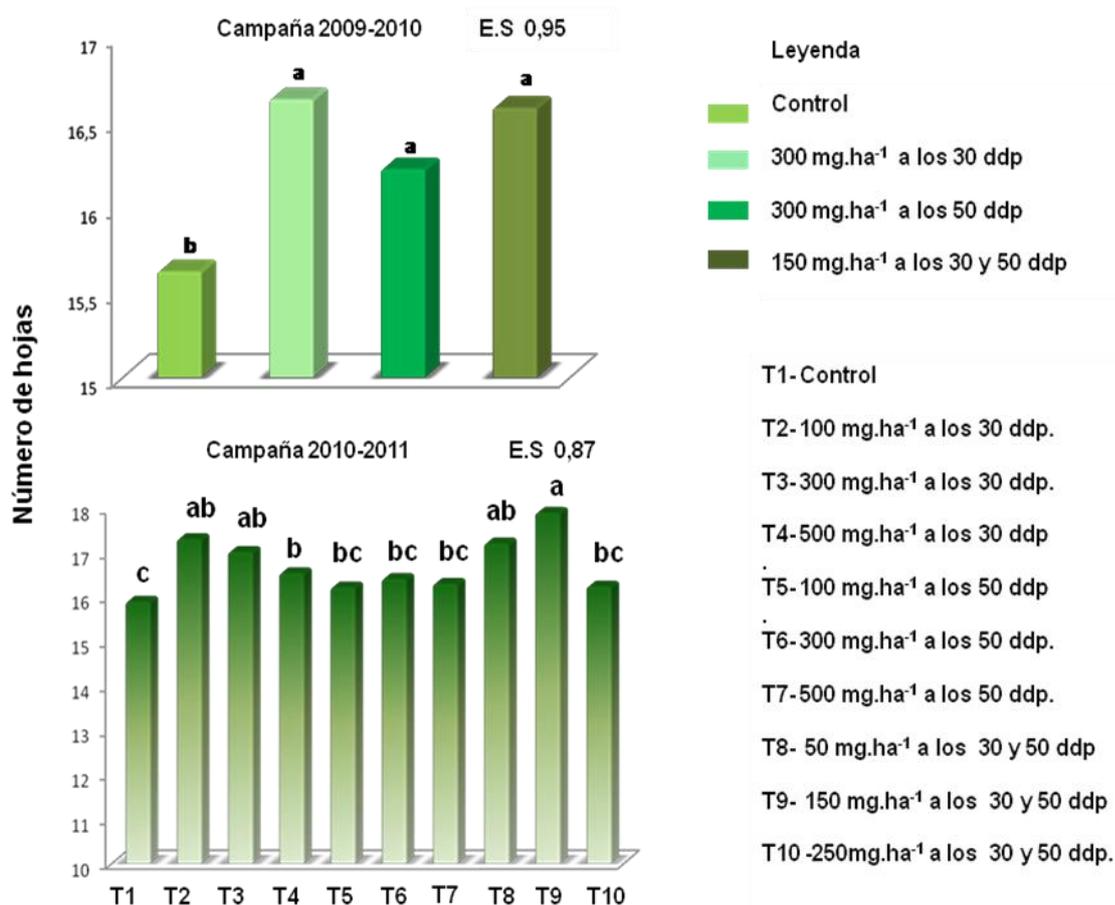


Figura 4. Comportamiento del promedio del número de hojas por plantas alcanzadas en las variantes estudiadas de ambas campañas. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

En la primera campaña, se observó con la aspersion foliar (150 mg.ha⁻¹) a los 30 y 50 ddp un incremento en el número de hojas de un 10 % al compararlas con el control. Al analizar la segunda campaña, los mayores valores se alcanzaron con la variante de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp la cual expresó un comportamiento

similar con el T8 ($50 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) en los mismos momentos de aplicación difiriendo con las restantes variantes. No se estimuló el número de hojas con las aplicaciones realizadas a los 50 ddp.

Según De la Casa, *et al.*, 2007 informan que un buen desarrollo foliar permite un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se puede asumir que en las variantes donde se encontraron el mayor número de hojas hubo un desarrollo de la superficie foliar en el cultivo, lo que podría sugerir una mayor actividad fotosintética para producir fotoasimilados como fuente de energía que garanticen un buen crecimiento y desarrollo de los tubérculos durante el proceso de tuberización. Por tanto, las evidencias indican que el número de hojas alcanzadas permiten una mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa necesaria para la producción de biomasa y el correspondiente aporte al incremento del tamaño en masa de los tubérculos.

Los resultados difieren con los informados por Gordon (2009) quién no logró estimular el número de hojas de las plántulas de tabaco con aplicaciones foliares del polímero a diferentes concentraciones ($0,1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, $0,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, $1,0 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ y $2,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Los resultados obtenidos respecto a la acción bioestimulante del quitosano concuerdan con los obtenidos por otros autores como Chibu y Shibayama, (2001) quienes observaron un efecto positivo de la quitosana sobre el crecimiento de raíces y hojas de distintas plantas y cultivos.

Al evaluar el comportamiento de la conductancia estomática (figura 5) medida al día siguiente de la primera aplicación del producto en la primera campaña analizada, se encontró una disminución estadísticamente significativa de esta variable en los tratamientos en los que se utilizó la quitosana respecto al control.

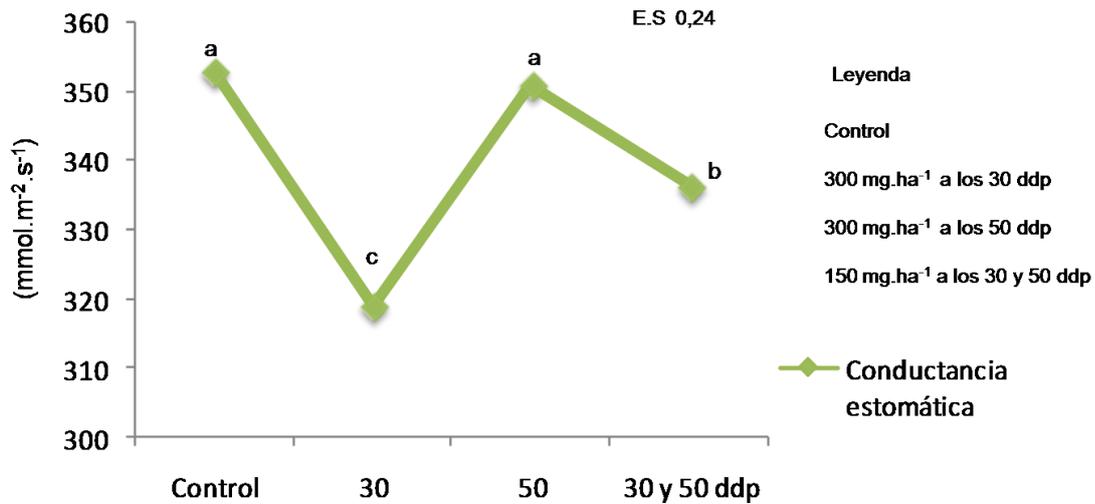


Figura 5. Comportamiento de la conductancia estomática ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) en las diferentes variantes evaluadas en la campaña 2009-2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Se aprecia además que la aplicación de la mitad de la dosis provocó una disminución de la conductancia pero en una menor medida que cuando se aplicó la dosis completa, esta respuesta parece indicar que este polímero favorece el cierre de los estomas, lo que pudiera ser la causa por la que algunos autores (Lee, *et al.*, 1999; Bitelli, *et al.*, 2003) han planteado que este compuesto se comporta como un antitranspirante. Efecto analizado por Iriti, *et al.*, (2009) quienes descubren en el cultivo del frijol que uno de los aspectos a través de los cuales el quitosana estaba capacitado para la reducción de la transpiración, es que este producto incrementa los niveles de ácido abscísico (ABA) en las hojas tratadas, lo cual influye en el cierre parcial de los estomas.

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los cuales las oligosacarinas, estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lee, *et al.*, 1999; Costales, Martínez y Núñez, 2007), las mismas están involucradas en procesos fisiológicos, tales como evitar las pérdidas de agua por vía de la transpiración, aspecto de gran importancia para este cultivo en particular, por la gran demanda de este elemento para realizar sus diferentes funciones.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación no coinciden con Gordon (2009) quién no encontró efecto del polímero Q-88 aplicado foliarmente a una concentración de 0,1 g. l⁻¹ sobre las variables de crecimiento en el cultivo del tabaco.

En estudios recientes, realizados por Peniche, (2006) en el cultivo del tomate, validan el comportamiento de las variables del crecimiento que fueron evaluadas con la aplicación del polímero, ya que el autor demuestra que la quitosana se comporta como un bioestimulante cuando se tratan semillas de tomate, porque mejoran la germinación y se logran posturas de mayor altura, grosor de tallo y masa seca, con aproximadamente una semana de antelación al transplante. El efecto de la quitosana ha sido poco evaluado en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa, pero se han realizado trabajos que demuestran los efectos positivos que ejerce sobre los cultivos con diferentes dosis y formas de aplicación.

Por su parte, Jiménez, *et al.* (2006) al evaluar el efecto del polímero de quitosana sobre el crecimiento de plantas *in vitro* de papa en la fase de enraizamiento, encontraron un efecto positivo sobre las variables número de hojas, longitud y diámetro de los tallos con una concentración de 0,1 g.l⁻¹.

Otros trabajos como los de Lay Nge, *et al.* (2006) informan que al utilizar varias preparaciones de quitosana para analizar su efecto sobre el cultivo *in vitro* del meristemo y la propagación del protocormo de la orquídea en medio líquido y sólido, se estimuló la inducción de la diferenciación del tejido de la orquídea.

El comportamiento de las variables de crecimiento evaluadas en la investigación coinciden con Prapagdee, *et al.*, (2006) quienes demostraron que la quitosana es capaz de aumentar el peso seco de las hojas de plantas de soya y mejorar el crecimiento total del cultivo si se aplica 3 mg/ml del producto a cada planta. Otros autores como Zurita, (2008) demostró que la aplicación foliar de quitosana como bioestimulante mejoró el desarrollo de los parámetros que influyen directamente en la calidad de las varas florales de *Lilium sp*, (la altura y el tamaño de las mismas) con una dosis de 500 mg.l⁻¹.

Se probó que al imbibir semillas de trigo a una concentración de 1:19 produjo germinación máxima con un tiempo de imbibición de 6 horas. La germinación de las semillas tratadas fue de 91% con respecto al control que registró 83%, mientras

el vigor incrementó en un índice de 353. El producto causó incrementos en los parámetros de crecimiento tales como altura de la planta; número, longitud y anchura de las vainas por planta y un aumento de 19% en el peso de las semillas. (Sharathchandra, *et al.*, 2004).

Las mejores respuestas que fueron encontradas en las variables de crecimiento evaluadas, con las aplicaciones de las menores dosis, se corroboran con los estudios realizados recientemente por Sheikha (2011), quien logró estimular el crecimiento expresado mediante la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* super stryke) con las menores dosis de quitosana aplicadas.

En trabajos realizados por diversos autores han puesto en evidencia los efectos positivos de las aplicaciones de quitosana en el crecimiento de las plantas, al respecto se pueden señalar los resultados informados por Hirano (1988) en col; por Lee, *et al.* (2005) en soya y por Kim, *et al.* (2005) en albahaca, así como, estudios realizados por Wanichpongpan, *et al.* (2001) demostraron que la aplicación de quitosana en gerbera favoreció el crecimiento de las raíces, los tallos y las hojas de esta planta y Chibu, *et al.* (2001) señalan respuestas similares en diversos tipos de plantas de diferentes cultivos.

Los resultados encontrados en este trabajo confirmaron que las aplicaciones foliares de la Q-88 a dosis bajas son capaces de promover el crecimiento en el cultivo de la papa, coincidiendo con los informados por los autores antes citados para otros cultivos.

Evaluación del efecto de la quitosana Q-88 en los componentes del rendimiento

El análisis estadístico permitió mostrar que la quitosana influyó en el número de tubérculos evaluados por plantas (figura 6). En la primera campaña no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los que se aplica el polímero Q-88, pero al compararlas con la media encontrada en el control, difieren para una probabilidad del 95 por ciento de confianza, comportándose las medias entre seis y ocho tubérculos por planta.

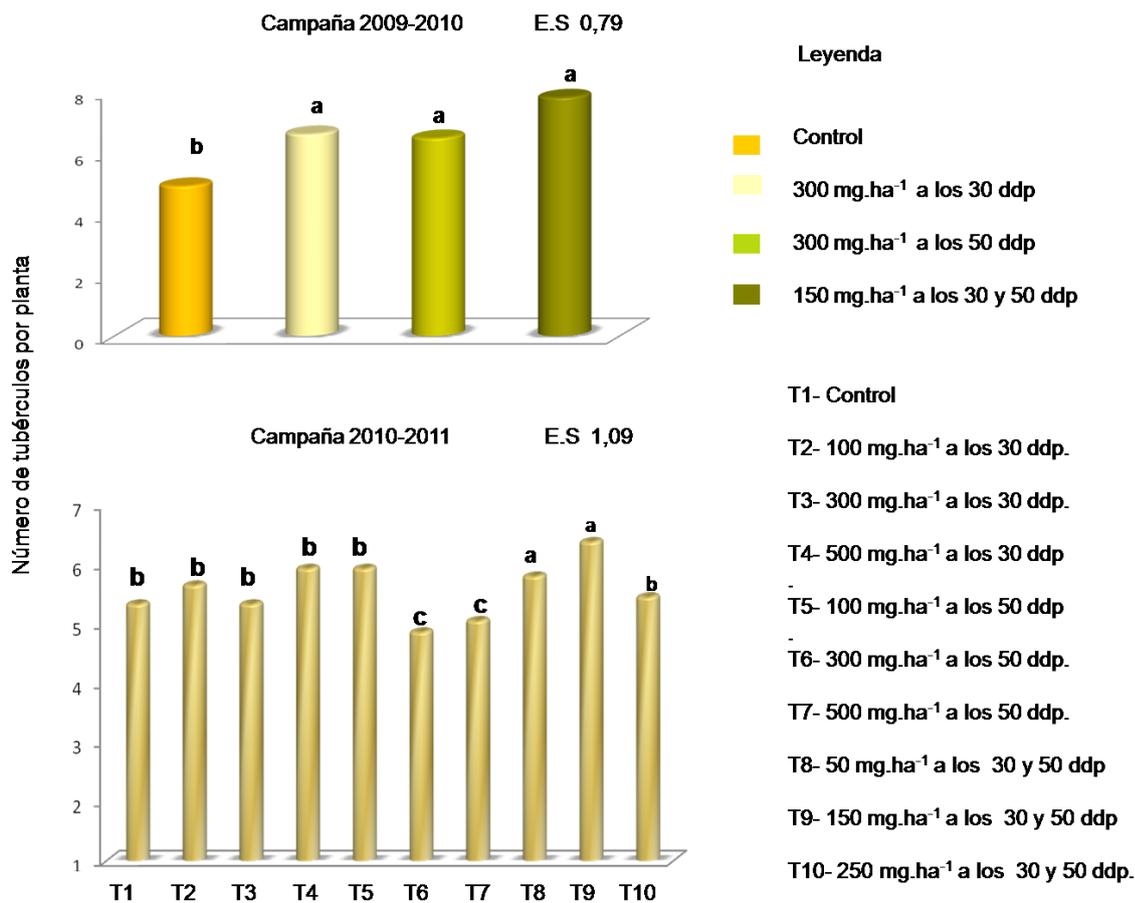


Figura 6. Comportamiento del número de tubérculos totales por planta en la cosecha para ambas campañas. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Con respecto al análisis de la segunda campaña evaluada se mostraron diferencias significativas entre las dosis y momentos de aplicación del polímero de quitosana, alcanzándose la mayor cantidad de tubérculos en plantas asperjadas con dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp el cultivo.

Los resultados mostrados pueden estar justificados de acuerdo a lo planteado por Iriti, et al. (2009) al incrementar los niveles de las hormonas giberelinas y ácido abscísico (ABA) con aplicaciones foliares de quitosana en el cultivo del frijol, ya que la tuberización en el cultivo de la papa está relacionado con los niveles de estas hormonas jugando un papel muy importante el contenido del ABA ya que regula el proceso y el modelo de distribución de materia seca en la planta.

La menor cantidad de tubérculos por planta se obtuvo cuando se aplicó el polímero con dosis de 300 y 500 mg.ha⁻¹ a los 50 ddp, esto puede estar relacionado con el

momento de aplicación ya que el proceso de tuberización se inicia a los 30 ddp el cultivo.

Tabla 2. Número de los tubérculos comerciales por plantas en la campaña 2009-2010.

Tratamientos	Nº T.C según calibres mm					
	>55	ES	45-55	ES	35-45	ES
Control	1,75 b	0,45	1,76 b	0,32	1,55 b	0,31
300 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	1,85 b	0,41	1,96 b	0,23	1,76 a	0,27
300 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	1,72 b	0,25	1,98 b	0,16	1,87 a	0,18
150 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	2,35 a	0,13	2,41 a	0,09	1,98 a	0,11

*Nº T.C. número de tubérculos comerciales, * ES: error estándar. Letras diferentes en la vertical indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

En la primera campaña (tabla 2) se encontró que existen diferencias significativas en el comportamiento del número de tubérculos comerciales por plantas obtenidos en los diferentes tratamientos, se obtuvo una media de 2,35 tubérculos por plantas con calibres mayores de los 55 mm cuando se realiza la aspersion foliar de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp el cultivo, observándose que en esta variante se alcanzaron el mayor número de tubérculos de acuerdo a los calibres comerciales.

En correspondencia a la interpretación estadística de los resultados obtenidos (gráfico 7) se pudo determinar que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. El mejor comportamiento en cuanto al número de tubérculos comerciales según sus calibres lo mostró (T9) al aplicar la dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp., aunque no mantuvo diferencias estadísticamente significativas con la media mostrada en la aplicación 50 mg.ha⁻¹ en ambos momentos.

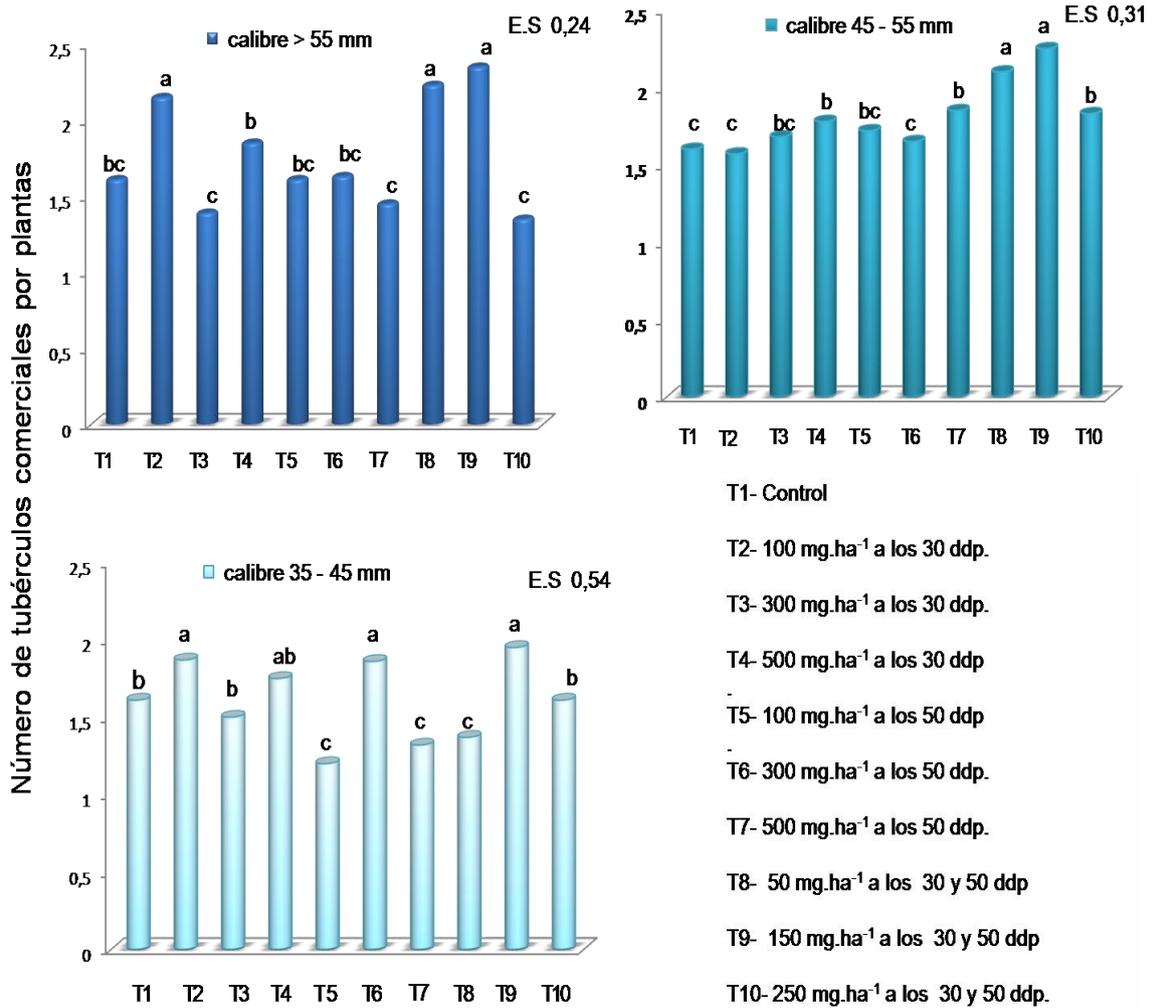


Figura 7. Comportamiento de los tubérculos comerciales por plantas en la campaña 2010-2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p < 0,05$.

Se pudo observar que en el tratamiento control se encontró el menor número de tubérculos comerciales, lo que permitió inferir que el proceso de tuberización se vio favorecido por la aplicación del producto.

Estos resultados pueden estar relacionado con el número de hojas encontradas en los tratamientos que obtuvieron el mayor número de tubérculos comerciales, lo que se corrobora con lo planteado por De la Casa, et al. (2003) quienes encontraron una estrecha relación entre el número de hojas y el tamaño de los tubérculos, debido a que una mayor superficie foliar permite una mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, necesaria para la producción de biomasa, y el correspondiente aprovechamiento del potencial energético y su aporte al

incremento del tamaño en masa de los tubérculos.

Por otra parte, también se ha comprobado el efecto inductor de estos compuestos en el crecimiento de las raíces (Falcón y Cabrera, 2007) y quizás este estímulo, haya sido capaz de manifestarse también a nivel de algunas modificaciones que se producen en las raíces de las plantas, como es el caso de la especie en estudio para los estolones, de los cuales por un proceso de engrosamiento de los mismos se producen los tubérculos.

Tabla 3. Masa fresca de los tubérculos comerciales en la primera campaña.

Tratamientos	M.F.T Comerciales según calibres (Kg) 2009-					
	< 55	ES	45-55	ES	35-	ES
Control	15,2 b	1,35	7,9 b	2,32	2,7	0,08
300 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	24,7 a	1,23	12,5 a	3,23	4,6	0,1
300 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	22,3 a	1,28	9,8 a	3,15	4,9	0,05
150 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	24,8 a	1,14	10,2 a	1,94	5,1	0,1

*M.FT: peso fresco de los tubérculos, ** ES: error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

En la segunda campaña se apreciaron diferencias estadísticas entre las medias de los tubérculos comerciales según su calibre. Puede señalarse que los tratamientos en los que se aplicaron dosis de 50 y 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp no mostraron diferencia entre ellos para cada calibre comercial de los tubérculos, difiriendo siempre del tratamiento control y en algún otro caso de los demás tratamientos.

Tabla 4. Masa fresca de los tubérculos comerciales por planta en la segunda campaña.

Tratamientos	M.F.T Comerciales según calibres Kg 2010-2011					
	< 55	ES	45-55	ES	35-45	ES
Control	3.9 b	1,21	2,8 b	0,12	0,9 c	0,29
100 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	4,9 b	1,18	2,1 c	0,39	1,4 b	0,18
300 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	4,1 b	1,23	3,2 ab	0,64	1 bc	0,35
500 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	4,4 b	1,14	2,6 b	1,96	1,3 bc	0,26
100 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	4,2 b	1,63	2,6 ab	0,85	1,2 bc	0,84
300 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	6,2 b	1,2	2,5 b	0,73	1,6 b	0,28
500 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	5,4 b	1,45	2,9 ab	0,58	1,1 bc	0,68
50 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	9.8 a	0,75	3,1 ab	0,65	2,2 a	0,49
150 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	10,4 a	0,98	3.6 a	0,36	2,1 a	0,24
250 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	6.2 ab	1,41	3,02 ab	0,33	1,5 b	0,53

* M.FT: masa fresca de los tubérculos, **ES: error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Los resultados coinciden con los alcanzados por Jiménez, *et al.*, (2009) quienes lograron con la aplicación foliar de quitosana a una dosis de 200 mg.ha⁻¹, un efecto positivo sobre la longitud y grosor de los frutos del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.).

El rendimiento estimado en base a la masa fresca de los tubérculos por unidad de superficie se presenta en la figura 8. El análisis estadístico no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos en los se aplicó el polímero Q-88, pero al compararla con el control si se encontraron diferencias entre sus medias, comportándose el rendimiento entre 35 y 46 t.ha⁻¹ superior, expresando su mejor resultado a la dosis de 300 mg.ha⁻¹ aplicadas a los 30 ddp la variedad con un incremento de un 22 % en el rendimiento en relación al control.

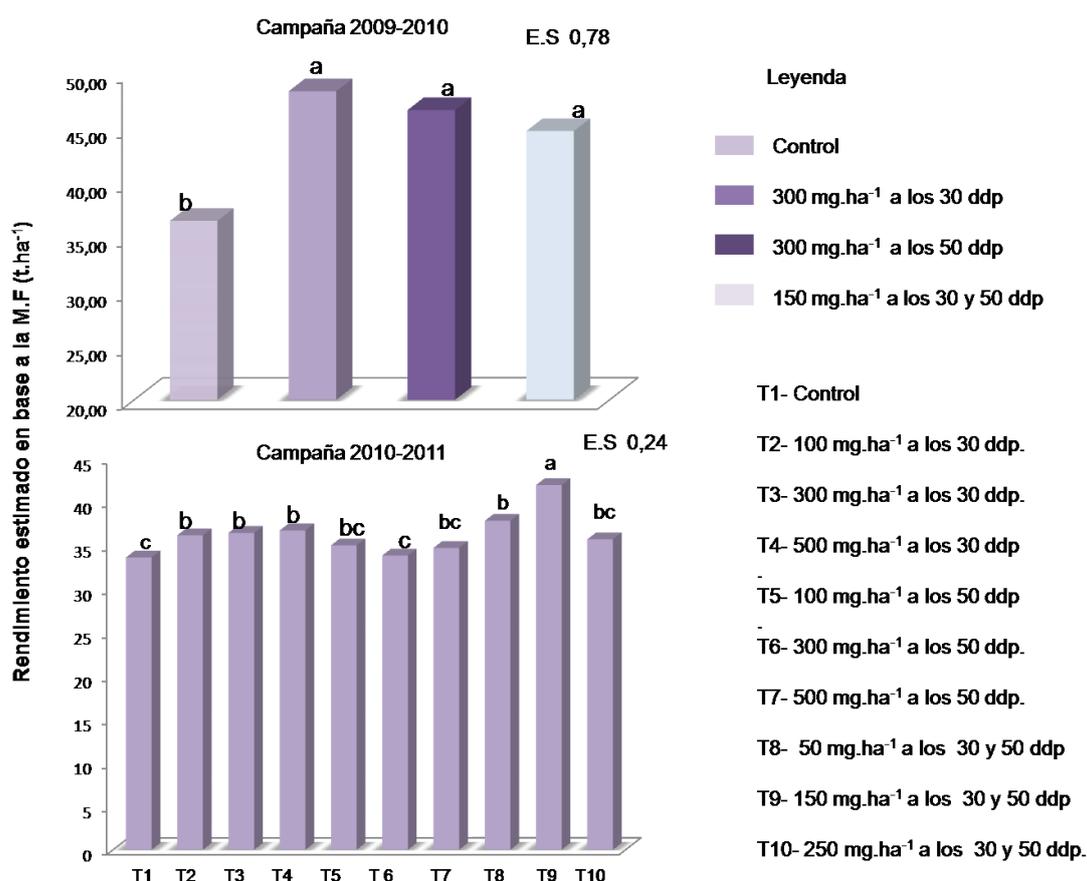


Figura 8. Comportamiento del rendimiento estimado en base a la masa fresca obtenida de los tubérculos t.ha⁻¹ en cada una de las campañas. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Al analizar los resultados alcanzados en la segunda plantación se obtuvo diferencias significativas entre las medias de las variantes estudiadas, el mejor rendimiento se alcanzó cuando se aplicó (150 mg.ha⁻¹) a los 30 y 50 ddp (41,25 t.ha⁻¹) comportándose las restantes medias incluyendo el control entre los 35 y 36 (t.ha⁻¹). Puede señalarse que tanto los tratamientos en los que el polímero se aplicó a los 30 ddp como en la variante donde se aplicó a razón de 50 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp mostraron diferencias significativas respecto al control.

Estos rendimientos pueden estar justificados por el efecto positivo que tuvo las aplicaciones foliares del polímero sobre el número de hojas activas, las cuales

garantizan la fotosíntesis y los procesos de producción de carbohidratos como fuente de energía para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

El comportamiento del porcentaje de masa seca de los tubérculos (tabla) mostró que cuando se aplicó la dosis partida de 150 mg.ha⁻¹ del polímero quitosana Q-88 a los 30 y 50 ddp, se encontró el mayor porcentaje de masa seca y se obtuvo diferencias significativas entre las variantes que se aplicó el producto y el control.

Tabla 5. Porcentaje de masa seca de los tubérculos en la primera campaña.

Tratamientos	% de M.S	E.S
Control	15,44 b	0,98
300 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	16,86 a	0,67
300 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	16,02 a	0,84
150 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	17,02 a	0,39

* M.S: masa seca de los tubérculos, **ES: error estándar. Letras diferentes en la vertical indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

La segunda campaña tuvo un comportamiento similar a la primera, se observó la mayor acumulación de materia seca en los tubérculos cuando se aplica la dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp el cual no difiere con el porcentaje que se encontró con la aplicación foliar de los 100 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp. También se pudo observar que las dosis de 500 mg.ha⁻¹ no lograron estimular la acumulación de masa seca en los tubérculos al compararla con las restantes variantes y el control.

Se puede inferir que la dosis del polímero de mejor comportamiento tuvo un efecto positivo en el proceso de tuberización donde aumentó el porcentaje de acumulación de asimilatos producidos por los tejidos fuentes en los tubérculos, coincidiendo con Aguilar, *et al.* (2006).

Tabla 6. Porcentaje de masa seca de los tubérculos en la segunda campaña.

Tratamientos	% de M.S	E.S
T1-Control	15,02 b	0,65
T2-100 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	15,35 b	0,57
T3-300 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	15,68 b	0,35
T4-500 mg.ha ⁻¹ a los 30 ddp	14,69 c	0,65
T5-100 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	15,25 b	0,58
T6-300 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	15,95 b	0,69
T7-500 mg.ha ⁻¹ a los 50 ddp	14,97 c	0,36
T8-50 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	16,05 a	0,23
T9-150 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	16,75 a	0,25
T10- 250 mg.ha ⁻¹ a los 30 y 50 ddp	15,98 b	0,54

* M.S: masa seca de los tubérculos, **ES: error estándar. Letras diferentes en la vertical indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

Es preciso señalar que en la primera campaña la acumulación de masa seca es superior a la que se encontró en la segunda, independientemente de las dosis del producto y momentos de aplicación, puede deberse a las diferencias en las condiciones ambientales en las que se desarrollaron.

En la segunda campaña las temperaturas se comportaron por encima de los 25 °C, lo que influye considerablemente en la disminución de la tasa de asimilación de CO₂; por tanto los niveles de almidón se reducen en las hojas, especialmente el acumulado en las hojas maduras, se incrementa el número de entrenudos, se retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo y el inicio del llenado del mismo, ocasionando una disminución en la acumulación de masa seca en el tubérculo.

Puede apreciarse en la figura 9, que los rendimientos obtenidos en la primera campaña fueron ligeramente superiores a los de la segunda, respuesta que pudiera explicarse según Niño et al, (2006) Jerez y Martín, (2010) a las diferencia en la duración del ciclo del cultivo, pues su extensión puede influir en gran medida, en el comportamiento de las variables agromorfológicas que intervienen en la formación del rendimiento a alcanzar, lo cual se evidencia en la primera campaña donde la duración del ciclo del cultivo fue de 105 días, suficientes para acumular una mayor cantidad de fotoasimilatos en los tubérculos ,no siendo así en la segunda campaña ya que la duración del ciclo del cultivo fue de 92 días por la aparición de altas temperaturas que provocaron la senescencia temprana de las hojas, por tanto disminuye la actividad fotosintética y aumenta la respiración, por consecuencia hay combustión de los carbohidratos almacenados en los tubérculos. (Infantes, 2006).

Según Ruíz, (2001) plantea que el efecto del aumento de temperatura puede variar desde un incremento hasta un decrecimiento marcado del rendimiento y el contenido de materia seca de los tubérculos.

En este sentido aunque los rendimientos que se alcanzaron pudieran estar determinados por la aplicación del producto, la duración del ciclo del cultivo también pudieran justificar el comportamiento de los rendimientos para ambas campañas, lo cual se corrobora con Quintero, *et al.*(2009), quién plantea que una afectación del ciclo del cultivo provocará una reducción en la productividad y rendimiento del cultivo.

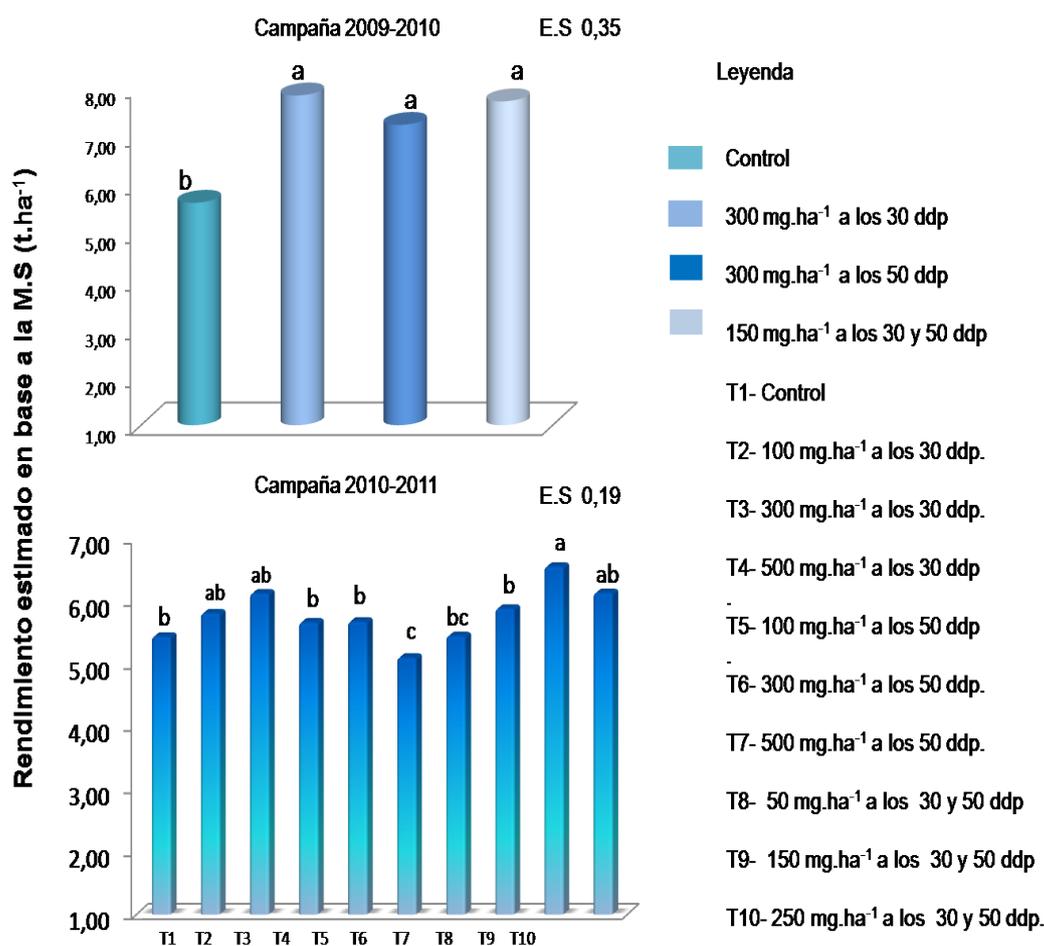


Figura 9. Comportamiento del rendimiento estimado en base a la masa seca de los tubérculos expresados en t.ha⁻¹. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p \leq 0,05$.

El análisis estadístico del comportamiento del rendimiento en base a la masa seca de los tubérculos obtenidos arrojó que existen diferencias significativas entre las medias que se obtuvieron en las variantes donde se aplica el polímero Q-88, a diferentes momentos de aplicación del polímero y el control para la primera campaña.

En la segunda campaña, el rendimiento en base a la materia seca de la papa fue superior asperjando las plantas a dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp (T9), el cual logró un incremento de un 22 % en relación al rendimiento obtenido en el control.

No se mostraron diferencias significativas entre las restantes variantes, respecto al control, excepto el tratamiento T6 ($300 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 50 ddp) que si mostró diferencias significativas, pero con rendimientos inferiores a éste.

La acumulación de materia seca encontrada en ambas campañas, puede ser usada como parámetro para caracterizar el crecimiento, porque usualmente tiene un gran significado económico. De acuerdo con Tekalign y Hammes, (2005) la producción de asimilados por las hojas (fuente) y el punto hasta el cual pueden ser acumulados por el vertedero que representan los órganos que son cosechados, influye significativamente en el rendimiento del cultivo.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la producción de este cultivo, lo constituye la calidad del tubérculo, no sólo representada por el número de ellos que se presenten en la categoría de comerciales (calibre $> 36 \text{ mm}$) y su masa, sino por la calidad interna de los mismos y su contenido de materia seca. (Castillo, 2010).

Los resultados encontrados en este trabajo han permitido confirmar los informados por Hadwiger, (1989) y Freepons, (1990) quienes encontraron un incremento en los rendimientos de diferentes cultivos al tratar sus semillas con quitosana, todo lo cual pudiera ser explicado por la influencia que este polímero ejerce en el crecimiento vegetativo y radical según Chibu, *et al.* (2002) y Kowalski *et al.* (2005) quienes describieron el incremento de la calidad morfológica y fisiológica de las plantas in vitro de papa en casa de cultivo y del rendimiento en condiciones de campo en plantaciones que recibieron aplicaciones foliares semanales de quitosana ($1 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Este producto de acuerdo con los trabajos realizados por Jiménez, *et al.*(2006) puede ser incorporado en la fase de enraizamiento de la micropropagación de la papa variedad Desirée, cuando se utiliza a una concentración de $0,1 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ya que su aplicación al medio cultivo mejoró la calidad de las plantas in vitro en la fase de enraizamiento y como consecuencia incrementó la producción de minitubérculos por planta en casa de cultivo.

Los rendimientos alcanzados en la investigación se corroboran con Jiménez, *et al.* (2009) quienes alcanzaron rendimientos de $4,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ al aplicar una dosis de 200

mg.ha⁻¹ en el cultivo del pepino en período tardío, lo cual coincide con lo informado por Falcón (2004) quien al evaluar diferentes dosis de quitosana en el cultivo del tomate a partir de los 200 mg.ha⁻¹ encontró que este producto estimula los procesos fisiológicos de las plantas e incrementa el tamaño de las células.

La aplicación de este polímero en plantas produce un aumento de los rendimientos, activa de forma sistémica sus mecanismos defensivos y las protege contra el ataque de patógenos (Solano, *et al.*, 1996) por lo que estos resultados demuestran que este producto es de gran aplicabilidad en la agricultura tanto para incrementar los rendimientos en los cultivos como un biocida natural para combatir la aparición de enfermedades en las plantas (Li, *et al.*, 2007) aunque no fue objetivo de la investigación determinar sus efectos sobre los mecanismos de defensa de las plantas. Debido a la capacidad de formación de películas el polímero es frecuentemente usado para el recubrimiento de productos agrícolas, ya que la descomposición en el periodo de postcosecha es la responsable de las mayores pérdidas en frutas y vegetales (Janisiewicz y Korsten, 2002). Por otra parte, Peniche (2006), señala que en la agricultura moderna se hace cada vez más generalizado el uso de polímeros naturales biodegradables, tanto asociados a composiciones de fertilizantes como a preparados protectores de semillas y plantas, con el fin de lograr incrementar los rendimientos de los cultivos.

Los resultados alcanzados en cuanto a la masa fresca de los tubérculos se corroboran con lo planteado por Fornés, *et al.* (2003) quienes encontraron que la adición de quitosana al sustrato, al cepellón en el momento del trasplante o al cuello de la planta cuando se inicia la floración indujeron una mayor productividad de las plantas de melón. El valor medio del incremento de producción por planta fue del 44 % y se debió, en parte, a la producción de frutos de mayor peso.

Los resultados encontrados en el presente trabajo indican que al aplicar la dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp se logra estimular los procesos fisiológicos en el cultivo de la papa, los que repercuten en un mayor crecimiento y desarrollo de esta planta.

Valoración económica.

En las tablas 7 y 8 se observan los análisis de los indicadores económicos evaluados en cada una de las campañas. El efecto económico de este experimento está dado fundamentalmente por el incremento de los rendimientos estimados para cada una de las variantes de la investigación.

En la primera campaña, el rendimiento incrementó en un 10 % cuando se aplicó la dosis de 300 mg.ha⁻¹ a los 30 ddp, lo cual influyó en un incremento de la ganancia y la rentabilidad del cultivo por los ingresos que se generan en función del precio de venta según el MEP y los costos de producción. Los indicadores evaluados desde el punto de vista económico en las variantes que se aplicó el polímero fueron superiores al control.

Tabla 7. Indicadores económicos de la primera campaña.

Tratamientos	Producción (t)	Costo total (\$)	Ingresos (\$)	Ganancia(\$)	Rentabilidad(%)
T1	5,15	5277,62	5362,18	184,56	12
T2	6,6	5297,23	6871,92	1574,69	28
T3	6,4	5297,23	6663,68	1366,45	26
T4	6,3	5297,23	6559,56	1262,32	26

La segunda campaña tuvo un comportamiento similar a la primera ya que en la aplicación de la dosis de 150 mg.ha⁻¹ a los 30 y 50 ddp se obtuvo un incremento de un 8 % en los rendimientos estimados, evidenciado por el efecto bioestimulante del polímero en la respuesta productiva del cultivo.

Tabla 8. Indicadores económicos de la segunda campaña.

Tratamientos	producción (t)	Costo total (\$)	Ingresos (\$)	Ganancia (\$)	Rentabilidad (%)
T1	8,6	9370	9385,00	15,0	0,16
T2	9,1	9415,2	9422,86	7,7	0,08
T3	9,2	9465,6	9529,58	64,0	0,68
T4	9,0	9496,7	9516,20	19,5	0,21
T5	8,8	9415,2	9487,80	72,6	0,77
T6	8,5	9465,6	9498,90	33,3	0,35
T7	8,9	9496,7	9526,00	29,3	0,31
T8	9,7	9415,2	10055,39	640,2	6,80
T9	10,3	9465,6	10737,38	1271,8	13,44
T10	8,8	9496,7	9510,00	13,3	0,14

Es necesario señalar que el porcentaje de rentabilidad expresada en ambas campañas fue baja, aunque la primera fue superior a la segunda, debido a que este cultivo es de altos insumos y los tubérculos-semillas son importados, en los cuales se incurren el mayor porcentaje de los costos de producción, además por el comportamiento del precio de venta de la producción del cultivo los cuales son subsidiados, además de no cubrir en un porcentaje aceptable los gastos de producción.

Conclusiones

- La aplicación foliar de quitosana estimuló las variables de crecimiento y rendimiento evaluadas, en dependencia de las dosis empleadas y el momento de aplicación. Las dosis mayores no estimularon las variables mencionadas, mientras que el momento de aplicación a los 30 y a los 30 + 50 ddp causaron los mejores resultados de crecimiento y rendimiento.
- La mejor respuesta productiva del cultivo estuvo asociada a la aplicación de quitosana (150 mg.ha⁻¹), mostrando los rendimientos una variación entre las campañas, determinada fundamentalmente por el comportamiento de las temperaturas y la duración del ciclo del cultivo.
- La evaluación económica de ambas campañas evidenció que la mejor respuesta desde el punto de vista económico se obtuvo, cuando se realizaron las aplicaciones foliares a los 30 y 50 ddp el cultivo con las dosis más bajas.

Recomendaciones

1. Extender los resultados alcanzados de este trabajo a empresas productoras del cultivo con otras variedades y diferentes condiciones agroecológicas con el fin de validar el efecto positivo que ejerce el polímero de la quitosana sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos.
2. Investigar otras formas y momentos de aplicación del producto en el cultivo de la papa.
3. Profundizar en próximos trabajos de investigación en el estudio de los mecanismos involucrados en el modo de acción de las quitosanas en los diferentes procesos fisiológicos de esta especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACTAC. 2008. La agricultura Orgánica. Revista de la Asociación cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 7 y 10 de noviembre San José de las Lajas, provincia de La Habana.
2. Aguilar, Ma. Guadalupe, Carrillo, J. A., Rivera, A. y González, V. 2006. Análisis del crecimiento y de relación fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29 (2): 145 – 156.
3. Ait Barka, E., Eullaffroy, P., Clément, C., Vernet, G. (2004) Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Rep.*, 22: 608–614.
4. Allan, C.R., Hadwiger, L.A. (1979) The fungicidal effect on fungi of varying cell wall composition. *Expt. Mycol.*, 3: 285–287.
5. Bautista-Baños, S. Hernández- López, M.; Bosquez-Molina,E.; Wilson, C.L. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit, *Crop Protect.* 22 1087–1092
6. Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Velázquez-del Valle, M. G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bósquez-Molina, E., and Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* 25: 108-118.
7. Ben-Shalom, N., Ardi, R., Pinto, R., Aki, C., Fallik, E. (2003) Controlling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants by means of chitosan. *Crop Prot.*, 22: 285-290.
8. Beukema, H. P.; Tukensten, L. J. y Peeten, J. M. G. 2008. Production, seed, varieties, diseases, storage, markets. En: *Potato explorer* CD. NIVAP. The Netherlands.
9. Bittelli. M, Flury M, Campbell, G, Nichols E (2003).Reduction of transpiration throught foliar application of Chitosan. *Agric. For. Meteorol.* 107: 167-175.

10. Bonierbale, M.; Amorós, W.; Espinosa, J.; Li, X. Q. y Walter, T. 2004. Estrategias y desafíos para el mejoramiento de la papa para procesamiento. CIP, Lima, Perú, 12 p.
11. Cabrera, J. 1999. Obtención oligogalacturónidos bioactivos a partir de su producto de la Industria citrícola .Tesis Doctorado .INCA. UNAH.
12. Castillo, J. G. 2010. Estimación de la variabilidad genética del germoplasma de papa (*Solanum* L. secc. Petota) en Cuba, para caracteres de interés agrícola. La Habana. 149 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
13. Chibu, H., Shibayama, H., Arima, S. (2002) Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese J. of Crop Sci.*, 71: 206-211.
14. Chibu, H. and H. Shibayama, 2001. Effects of chitosan applications on the growth of several crops, in: T. Uragami, K. Kurita, T. Fukamizo (Eds.), *Chitin and Chitosan in Life Science*, Yamaguchi, pp. 235–239.
15. Chien, P-J., Chou, C-C. (2006) Antifungal activity of chitosan and its application to control post-harvest quality and fungal rotting of Tankan citrus fruit (*Citrus tankan Hayata*). *J. Science Food Agric.*, 86: 1964-1969
16. CIP. 1996. Producción sostenible y protección de los recursos naturales. Circular CIP, Lima, Perú. 21 (1): 20 p.
17. CIP. 2006. Papas nativas poseen ventajas comparativas que deben ser aprovechadas. Centro Internacional de la Papa. Disponible en: www.cipotato.org/pressroom/press-releases. (consultado en mayo de 2011)
18. Contreras, A. Método para estimar rendimiento en cultivos de papa. En: Red Electrónica de la Papa. En línea desde: 2011. Disponible en: www.redepapa.posterous.com. [consulta: octubre 2011].
19. De la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Martínez, J. y Rodríguez, A. 2011. Eficiencia en el uso de la radiación en papa estimada a partir de la cobertura del follaje. *AGRISCIENTIA*, 28: 21-30.
20. Deroncelé, R.; Salomón, J. L.; Manso, F.; Linares, J. L.; Santos, R.; Roque, R.; González, P.; Navarro, H. y Taberas, O. 2000. Guía técnica para la producción

- de papa en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. La Habana. 42 p.
21. Devlieghere, A. Vermeulen, J. Debevere, 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables, *Food Microbiol.* 703–714.
 22. Digmer, J. 2004. Calidad de la papa para usos industriales. CORPOICA. Colombia. 7 p.
 23. Estévez, A.; González, M. E.; Castillo, J.; Cordero, M.; Ortiz, E.; Ortiz, U.; Hernández, M. M. y Quiñones, Y. 2006. Informe final proyecto PNCT “Obtención de variedades de papa tolerantes a estrés biótico y abiótico. Cod. 015-00077. INCA, 203 p.
 24. Estévez, Ana.; González, María Elena.; Castillo, J y Salomón, J. L. 2005. Mejoramiento genético. En: Estévez, Ana. El cultivo de la papa en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana: 71 – 124.
 25. Estévez, Ana.; González, María Elena.; Castillo, J.; Cordero, M.; Ortiz, E.; Ortiz, V.; Hernández, M. M. y Quiñones, Y. 2006. Informe final proyecto PNCT “Obtención de variedades de papa tolerantes al estrés biótico y abiótico”. Cod. 015 – 00077. INCA. 203 p.
 26. Estévez, Ana; Guerra, J. P. y Manso, F. 2005. Introducción, desarrollo y evolución de la papa en Cuba. En: Estévez, Ana. El cultivo de la papa en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana: 17 – 24.
 27. Estrada, N. Mejoramiento para procesamiento y calidad culinaria. Revista electrónica de la papa (REDEPAPA). 3 (23). En línea desde: 2001. Disponible en: www.redepapa.org. [consulta: mayo 2011].
 28. Estrada, N. Mejoramiento para procesamiento y calidad culinaria. Revista electrónica de la papa (REDEPAPA). 3 (23). En línea desde: 2000. Disponible en: www.redepapa.org. [consulta: mayo 2011].
 29. Eweis, M., Elkholy, S.S., Elsabee, M.Z. (2005) Antifungal efficacy of chitosan and its thiourea derivatives upon the growth of some sugar-beet pathogens. *Int. J. Biol. Macromol.*, 38: 1-8

30. Ezeta, F. (2008). La competitividad en el cultivo de la papa en Latinoamérica y el Caribe. Implicaciones y retos inmediatos. Boletín del Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú, 9p.
31. Faingenbaum, H. 2003. Farm, sowing and production of the main cultivations in Chile. Ograma Corp., Chile, p. 601-695.
32. Falcón, A. B., Cabrera, J. C., Costales, D., Ramírez, M. A., Cabrera, G., Toledo, V. and Martínez-Téllez, M. A. 2008. The effect of size and acetylation degree of chitosan derivatives on tobacco plant protection against *Phytophthora parasitica nicotianae*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24:103-112.
33. Falcón, A., Cabrera J., Costales, D., Ramirez, M., Cabrera, G., Toledo V., Martines- Tellez, M. 2008. The effect of size and acetylation degree of chitosan derivatives on tobacco plant protection against *Phytophthora parasitica nicotianae*, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 24, 103-112.
34. Falcón, A.B., Cabrera, J.C. (2007) Actividad enraizadora de una mezcla de oligogalacturónidos en pecíolos de violeta africana. *Cultivos Trop.*, 28: 87-90.
35. Falcón, A.B., Cabrera, J.C., Reinaldo, I.M., Nuñez, M.N. (2005) Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción. *Informe Final del PNCT 00100191*, CITMA, Cuba.
36. FAO 2009. Conferencia del Director General de la FAO, 19 de Junio 2009. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/>. (Verificado, 20 de Junio, 2011).
37. FAO. 2007. Cuestiones de Agricultura Urbana. Revista enfoque. No.13 Roma. Italia.
38. FAO. La Papa tesoro enterrado ¿Por qué la papa? Año Internacional de la Papa. En línea desde: 2008. Disponible en: www.potato.2008.org. [consulta: mayo 2011].
39. FAOSTAT. 2008. Boletín especial de la FAO. No. 24. 27 de agosto de 2008.
40. Funes, F. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. Matanzas, Cuba: 176 p.
41. Funes, F. La agricultura cubana, con énfasis en la agroecología [en línea] Septiembre, 2008. Disponible en: <http://boell->

latinoamerica.org/download_es/Funes_agricultura_cubana_agroecologia.pdf
[consulta: Diciembre, 18, 2010].

42. Groza, H. I., Bowen, B. D., Peloquin, S. J., Stevenson, W. R., Bussan, A. J. y Jiang, J. 2005. Millennium Russet: A dual purpose Russet Potato variety. *American Journal of Potato Research*. 82: 211 – 219.
43. Guerra-Sánchez, M. G., Vega-Pérez, J., Velázquez-del Valle, M. G. and Hernández-Lauzardo, A. N. 2009. Antifungal activity and release of compounds on *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. by effect of chitosan with different molecular weights. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 93:18-22.
44. Hadwiger, L.A.; S.J. Klosterman, J.J. Choi, 2002. The mode of action of chitosan and its oligomers in inducing plant promoters and developing disease resistance in plants, in: K. Suchiva, S. Chandkrachang, P. Methacanon, M.G. Peter (Eds.), *Advances in Chitin Science*, vol. 5, Bangkok, , pp. 452–457.
45. Hague, T., Chen, H., Ouyang, W., Martoni, C., Lawuyi, B., Urbanska, A.M. (2005) Superior cell delivery features of poly(ethylene glycol) incorporated alginate, chitosan and poly-L-lysine microcapsules. *Molec. Pharmac.*, 2: 29-36.
46. Hernández, A. *et al.* 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. *Agrinford*, 64 p.
47. Hernández, M. M. y Y. Quiñones. 2006. Informe final proyecto PNCT.
48. Hernández-Lauzardo, A. N., Bautista-Baños, S., Velázquez-del Valle, M. G. y Trejo-Espino, J. L. 2006. Identification of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill., causal agent of *Rhizopus* rot disease of fruits and vegetables. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24:65-69.
49. Herrera, J. A. y Moreno, V. 2005. Nutrición y fertilización de la papa. En: Estévez, Ana. *El cultivo de la papa en Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana: 490 – 591.
50. Hirano, S. 1988. The activation of plant cells and their self-defence function against pathogens in connection with Chitosan. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 62, 293-295.
51. Infantes, Erika. Papa. [en línea] 2006. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos35/papa/papa.shtml>. [consulta: abril 2011].

52. Iwama, K. 2008. Physiology of the Potato: New Insights into Root System and Repercussions for Crop Management. *Potato Research*, 51: 333-353.
53. Janisiewicz, W.J., Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 411–441.
54. Jansky, S. H. and Peloquin, S. J. 2006. Advantages of Wild Diploid *Solanum* Species Over Cultivated Diploid Relatives in potato Breeding Programs. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 53(4):669-674.
55. Jeon, Y. y Kim, S. 2000. Production of chitooligosaccharides using an ultrafiltration membrane reactor and their antibacterial activity. *Carbohydr. Polymers*, vol. 41, p. 133-141.
56. Jerez, E. y Martín, R. 2010. Relación entre el crecimiento y rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Spunta. Congreso científico INCA.
57. Jiménez, J. P.; Brenes, A.; Fajardo, D.; Salas, A. and Spooner, D. M. 2006. The use and limits of AFLP data in the taxonomy of polyploid wild potato species in *Solanum* series *Conicibaccata*. *Conservation Genetics*. Article on line. Disponible en: www.sprinkler.com/conten/7800731155106225. (verificado, 28 de marzo de 2011).
58. Kim, HJ. Chen, F. Wang, X. and Rajapakse, NC. 2005. Effect of Chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 3696-3701.
59. Kittur, F. S.; Kumar, V.; Gowda, L. R. y Tharanathan, R. N. 2003. Chitosanolytic activity by a pectinase isozyme of *Aspergillus niger*. A non-specific activity. *Carbohydr. Polym.*, vol. 53, p. 191-196.
60. Kowalski B, Jimenez F, Jomarrón I, Agramonte D, Coll F 2005. Application of Chitosan *in vitro* and in the greenhouse to increase seed quality and yield of minitubers potatoes. *Biotechnología vegetal* 4 (1): 74-77
61. Larez, V.C., 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Rev. UDO Agrícola*. vol. 8, p. 1–22.
62. Lay, K; Nwe, N; Chandkrachang, S; Stevens, W. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Plant Science* 170: 1185 – 1190

63. Lee, Y.S.; Kim, Y.H. ; Kim, S.B. 2005. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to Chitosan of different molecular weight. *HortScience* 40, 1333-1335.
64. Li, B., Wang, X., Chen, R., Huangfu, W., Xie, G. 2008. Antibacterial activity of chitosan solution against *Xanthomonas* pathogenic bacteria isolated from *Euphorbia pulcherrima*. Institute of Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China. Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo 315040, China. *Carbohydrate Polymers* 72: 287–292.
65. Li, Y. H.; Han, Z. H. and Xu, X. 2004. Segregation patterns of AFLP markers in F1 hybrids of a cross between tetraploid and diploid species in the genus *Malus*. *Plant Breeding*. 123(4):316-324.
66. Liu, J., Tian, S., Meng, X. and Xu, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 44: 300-306.
67. López, M., Vázquez, E. y López, R. 1995. Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 312 p.
68. Manso, F. 2009. Informe final de la campaña de papa 2008 – 2009. MINAGRI, 32 p.
69. Molloy, C., Cheah, L-H., Koolaard, J.P. (2004) Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. *Postharv. Biol. and Technol.*, 33: 61–65.
70. Mountain Valley Produce Colorado State Potato Fertilizer Guia. Potatofertility.htm. Revisado 10 de junio 2011.
71. Moreno V. y Mojena M.(2001).la producción de papa en Cuba. II Seminario Internacional de la papa, organizado por SQM, Chihuahua, Mexico, 14 p.
72. Navarro, F. (2000). Etimologías. Patata (I). Revista Rinconete. Centro Virtual Cervantes. Instituto Cervantes. España.
73. Niño, L., *et al.*, 2010. Mejoramiento participativo de variedades de papa en el estado Mérida - Venezuela. En: Memorias XXII Congreso ALAP. Toluca. México.
74. Nwe, N.; Chandkrachang, S.; Stevens, W.F. 2004. Application of chitosan in Myanmar's agriculture sector, in: Proceedings of the Sixth Asia Pacific Chitin

and Chitosan Symposium, May 23–26, The National University of Singapore, Singapore.

75. Núñez, C. E., Santos, Marcela y Segura, Mariela. 2010. Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62 (1): 4823 – 4834.
76. Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N. and Hosoki, T. (2004) Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 73: 66-68.
77. Pacheco, N., Larralde-Corona, C.P., Sepúlveda, J., Trombotto, S., Domard, A., Shirai, K. (2008) Evaluation of chitosans and *Pichia guillermondii* as growth inhibitors of *Penicillium digitatum*. *Int. J. of Biol. Macromol.*, 43: 20-26
78. Pagés, R. 2006. Fertilizantes orgánicos en más de 2.4 millones de hectáreas. Periódico Granma. 18/07
79. Palma-Guerrero, J. Jansson, H., Salinas, J. and Lopez-Llorca, J. V. 2008. Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi. *Journal of Applied Microbiology* 104: 541-553.
80. Pantaleone, D.; Yalpani, M. y Scollar, M. 1992. Inusual susceptibility of chitosan to enzymatic hydrolysis. *Carbohydr. Res.* vol. 237, p. 325-332.
81. Pereira, A.B., Villa Nova, N. A., Ramos, V. J. Y Pereira, A. R. 2008. Potato potential yield based on climatic elements and cultivar characteristics. *Bragantia*, Campinas, 67(2): 327-334.
82. Pereira, A. S.; Tai, G. C.; Yada, Y.; Coffin, R. H. and Souza-Machado, V. 1994. Potential for improvement by selection for reducing sugar content after cold storage for three potato populations. *Theor. and Applied Genetics*. 88(6-7):678-684.
83. Petryk, N. E. Entre papas y patatas. En línea desde: 2005. Disponible en: www.alimentacion-sana.com.ar. [consulta: septiembre, 2011].
84. Pospieszny, H., S. Chirkov, J. Atabekov, 1991. Induction of antiviral resistance in plants by chitosan, *Plant Sci.* 79, 63–68.

85. Quintero, I., Montero, F., Zambrano, J., Meza N., Maffei, M., Valera, A. y Álvarez, R. 2009. Evaluación de once clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Estado Trujillo. I. Crecimiento, desarrollo y rendimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 26:362-381.
86. Raafat, D., von Barga, K., Haas, A., Sahl, H-G. (2008) Insights into the Mode of Action of Chitosan as an Antibacterial Compound. *Appl. Env. Microbiol.*, 74: 3764–3773
87. Rabea, E. I., Badawy, M. E. I., Stevens, C. V., Smagghe and G., Steurbaut, E. 2003. Chitosan as an Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Actions. *Biomacromolecules* 4: 1457-1465.
88. Rabea, E.I., Badawy, M.E-T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W. (2003) Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4: 1457-1465
89. Ramírez, M. A.; Cabrera, G.; Gutiérrez, A. y Rodríguez, T. 2000. Metodología de obtención de quitosana a partir de quitina de langosta. *Cultivos Tropicales*, vol. 21, no. 1, p. 81-84.
90. Ramírez, M.A., Cabrera, G., Gutiérrez, A., Rodríguez, T. (2000) Metodología de obtención de quitosana a partir de quitina de langosta. *Cult. Trop.*, 21: 81-84.
91. Ríos, A. y Ponce, F. 2001. Tracción animal, mecanización y agricultura sostenible. En: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana, Cuba: 159-166.
92. Ruíz, Josefa Ines. 2001. Nutrición y fertilización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en suelo Ferralítico Rojo de la provincia La Habana. La Habana. 81 h. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
93. Saad Al Abdel Kareem Sheikha. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*, Vol.50 No.1, pp.124-134.
94. Salas, A.; Simon, R.; Rojas, E.; Blancas, M.; Juarez, H. and Roca, W. CIP database of FAO in – trust wild potato accesions Genetics Resources Characterization and Conservation Division: Genebank. En línea desde: 2009.

Disponible en: www.research.cgiar.org/genebankdb. [consulta: septiembre, 2011].

95. Sharathchandra, R.G., Niranjana Raj, S., Shetty, N.P., Amruthesh, K.N., Shetty, H.S. (2004) A Chitosan formulation ElexaTM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Prot.*, 23: 881–888
96. Shibuya, N., Yamaguchi, T., Minami, E., Kaku, H., Ito, Y., Okada, M. (2002) Oligosaccharide elicitor signaling: perception and transduction of oligochitin/ oligoglucan elicitor in rice. *Biol Plant-Microbe Interact*, 2: 109– 13.
97. Struik, P. C., van der Putten, P. E. L. Caldiz, D. O. and Scholte, K. 2006. Response of Stored Potato Seed Tubers from Contrasting Cultivars to Accumulated Day-Degrees. *Crop Sci* 46:1156-1168.
98. Struik, P. C., Vreugdenhil, D., Van Eck, H. D., Bachen, C. W. y Visser, R. G. F. 1999. Physiological and genetic control of tuber formation. *Potato Research*. 42: 313 – 331.
99. Sukwattanasinitt, M.; Klaikherd, A.; Skulnee, K.; Aiba, S. 2001. Chitosan as a releasing device for 2,4-D herbicide, in: T. Uragami, K. Kurita, T. Fukamizo (Eds.), *Chitin and Chitosan, Chitin and Chitosan in Life Science*, Yamaguchi, pp. 142–143, ISBN 4-906464-43-0.
100. Tekalign, T. y Hammes, P.S. 2005a. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. *Scientia Horticulturae* 105(1): 13–27.
101. Tekalign, T. y Hammes, P.S. 2005b. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientia Horticulturae* 105 (1): 29–44.
102. Treto, E., García, M., Martínez Viera y Febles, J.M. 2002. Avances en manejo de suelos y nutrición orgánica. En: *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible*. La Habana, Cuba: 167-190.
103. UNESCO. 2005. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.
104. Utsunomiya, N., Kinai, H., Matsui, Y., Takebayashi, T. (1998) The effects of chitosan oligosaccharides soil conditioner and nitrogen fertilizer on the flowering

- and fruit growth of purple passion fruit (*Pasiflora edulis Sims var. edulis*). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 67: 567-571.
105. Valdés, O. 2003. Historia de la Reforma Agraria en Cuba. Edit. Ciencias Sociales. C. de La Habana.
106. Van deer Zaag, D. E. 1993. La patata y su cultivo en los países bajos: Instituto Consultativo Holandés sobre la patata. La Haya. Holanda. Abril.
107. Wanichpongpan, K. Suriyachan, S. Chandkrachang, Effects of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*), in: T. Uragami, K. Kurita, T. Fukamizo (Eds.), Chitin and chitosan in Life Science, Yamaguchi, 2001, pp. 198–201.
108. Wanichpongpan, P.; Suriyachan, K.; Chandkrachang, S. 2001. Effects of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*), in: T. Uragami, K. Kurita, T. Fukamizo (Eds.), Chitin and Chitosan in Life Science, Yamaguchi, pp. 198–201.
109. Wikipedia. *Solanum Tuberosum*. En línea desde: 2011. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum. [consulta: abril, 2011]
110. Xing, R., Liu, S., Yu, H., Guo, Z., Wang, P., Li, C., Lia, Z., Lia, P. (2005) Salt-assisted acid hydrolysis of chitosan to oligomers under microwave irradiation. *Carbohydr. Research*, 340: 2150–2153
111. Yu LJ, Lan WZ, Qin WM, Jin WW, Xu HB 2002. Oxidative stress and taxol production induced by fungal elicitor in cell suspension cultures of *Taxus chinensis*. *Biologia Plantarum* 45 (3): 459-461.
112. Zulzer, S. 2008. La papa versátil y nutritiva. En: La papa cultivo de futuro. Revista Correo de Bayer CropScience: 8 – 11.