

TESIS CON CARACTER ABIERTO

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: BEATRIZ ADRIANA CRUZ GÓMEZ FIRMA _____

TITULO: Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli(acetato de vinilo - co - alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (Cucumis sativus L.)

ASESORES: Dr. Antonio Cárdenas Flores FIRMA _____

Dr. René Darío Peralta Rodríguez FIRMA _____

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

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

Saltillo, Coahuila, a 16 de Diciembre de 2015

Sello de la Institución



Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández
Director General del CIQA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura

TESIS

Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli(acetato de vinilo - co - alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Presentada por:

BEATRIZ ADRIANA CRUZ GÓMEZ

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Agroplasticultura

Asesorado por:

Dr. Antonio Cárdenas Flores
Dr. René Darío Peralta Rodríguez

SINODALES



Dr. Juan Munguía López
Presidente



Dr. Antonio S. Ledezma Pérez
Secretario



Dra. Ana Margarita Rodríguez Hernández
Vocal

Saltillo Coahuila, a 18 de Diciembre de 2015

Coordinación de Posgrado

PRESENTE

Por este conducto nos permitimos informar a esta coordinación que, el documento de tesis preparado por **BEATRIZ ADRIANA CRUZ GÓMEZ** titulado "*Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli(acetato de vinilo – co – alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (Cucumis sativus L.)*" el cual fue presentado el día 16 de Diciembre de 2015, ha sido modificado de acuerdo a las observaciones, comentarios y sugerencias, realizadas por el Comité Evaluador asignado. Por tal motivo, avalamos que el documento corresponde a la versión final del documento de tesis.

Atentamente,

SINODALES



Dra. Ana Margarita Rodríguez Hernández



Dr. Juan Plutarco Munguía López



Dr. Antonio Ledezma Pérez

Va. Bo. de los Asesores



Dr. Antonio Cárdenas Flores



Dr. René Darío Peralta Rodríguez

DECLARACIÓN

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

Saltillo, Coahuila a 16 de Diciembre de 2015



BEATRIZ ADRIANA CRUZ GÓMEZ

Nombre y Firma

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA

Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli(acetato de vinilo - co - alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (*Cucumis sativus* L.)

TESIS

Presentada por:

BEATRIZ ADRIANA CRUZ GÓMEZ

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2015.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante la realización de este proyecto.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), institución de enorme calidad, que me brindó todo el apoyo durante mi estancia.

A los miembros del jurado, Dr. Antonio Serguei Ledezma Pérez, Dr. Juan P. Munguía López y Dra. Ana Margarita Hernández por el apoyo y aportaciones realizadas al presente trabajo.

A mis asesores Dr. Antonio Cárdenas Flores y Dr. René Darío Peralta Rodríguez por sus conocimientos invaluable y la paciencia que me brindaron para llevar a cabo esta investigación.

Al M.C. Federico Cerda Ramírez por su apoyo en campo y laboratorio durante el establecimiento y desarrollo del cultivo.

A la M.C. Gladis Yakeline Cortez Mazatán por su apoyo el laboratorio para el desarrollo de los experimentos de poscosecha en CIQA y por su amistad.

A la Dra. Silvia Guadalupe Solis Rosales por haber facilitado equipo de laboratorio.

A la Lic Josefna Zamora Rodríguez por su apoyo en las determinaciones del espesor del látex.

A mis amigos y compañeros de Agropásticos por brindarme su apoyo durante mi estancia en CIQA.

A mi esposo y a mis hijos por ser mis mayores motivos para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS.....	3
III. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general.....	3
3.2 Objetivos específicos.....	3
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1 Generalidades del pepino	4
4.2 Poscosecha	6
4.3 Métodos de poscosecha.....	7
4.4 Enfriamiento.....	7
4.5 Atmósferas modificadas.....	8
4.6 Recubrimientos comestibles	9
4.7 Recubrimientos en pepino	10
4.8 El PVAc como recubrimiento comestible	10
4.9 Uso de fosfitos como control sanitario	12
4.10 Efecto de los fosfitos en poscosecha	13
4.11 Los biofertilizantes y la poscosecha.....	13
4.12 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	14
4.13 Las bacterias del género <i>Azotobacter</i>	15
4.14 Las bacterias del género <i>Azospirillum</i>	15
4.15 Las bacterias del género <i>Pseudomonas</i>	16
V. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1 Sitio experimental	17

5.2	Material biológico	17
5.3	Cultivo en campo.....	18
5.3.1	Acondicionamiento de la parcela	18
5.3.2	Sistema de riego	18
5.3.3	Marco de plantación.....	18
5.3.4	Siembra.....	18
5.3.5	Tutorado	19
5.4	Diseño experimental	19
5.5	Factores de estudio del cultivo	20
5.5.1	Fertilización	20
5.5.2	Fosfitos	20
5.6	Variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo	20
5.6.1	Fotosíntesis.....	20
5.6.2	Cosecha y rendimiento total	20
5.7	Selección de frutos para la evaluación de calidad poscosecha.....	21
5.8	Análisis estadístico	21
5.9	Tratamientos en campo y poscosecha.....	21
5.10	Elaboración del recubrimiento de poli(acetato de vinilo-co-alcohol vinílico)	22
5.11	Calidad de poscosecha	23
5.12	Establecimiento del experimento de poscosecha.....	23
5.13	Variables de calidad de fruto	24
5.13.1	Pérdida de peso.....	24
5.13.2	Firmeza.....	24
5.13.3	Sólidos solubles totales	24
5.13.4	pH.....	25
5.13.5	Ácido ascórbico	25
5.13.6	Pectinas.....	26
5.13.7	Acidez titulable.....	26
5.14	Espesor del recubrimiento de P(VAc-co-VA) en los frutos de pepino.....	27
5.15	Análisis estadístico	27
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
6.1	Respuesta del cultivo en campo.....	28
6.1.1	Fotosíntesis.....	28
6.1.2	Rendimiento total.....	29
6.2	Calidad de frutos y respuesta en poscosecha	31
6.2.1	Pérdida de peso	31
6.2.2	Firmeza	34

6.2.3	Sólidos solubles totales	36
6.2.4	pH	39
6.2.5	Ácido ascórbico.....	41
6.2.6	Análisis de la pectina	43
6.2.7	Acidez titulable	45
6.3	Espesor del recubrimiento P(VAc-co-VA) en el fruto	46
6.4	Comportamiento general de las variables de calidad de pepino durante la poscosecha.	47
VII.	CONCLUSIONES	49
VIII.	PERSPECTIVAS.....	50
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
X.	APÉNDICES	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento.</i>	17
Cuadro 2. <i>Tratamientos en campo.</i>	21
Cuadro 3. <i>Tratamientos en poscosecha.</i>	22
Cuadro 4. <i>Efecto de la fertilización y fosfitos, sobre la fotosíntesis en plantas de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76. Tomada de 11:00 am a 12: pm.</i>	29
Cuadro 5. <i>Efecto de la fertilización y uso de fosfitos sobre el rendimiento total (78 días después de la siembra) de plantas de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76.</i>	31
Cuadro 6. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el porcentaje de pérdida de peso en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	33
Cuadro 7. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la firmeza en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	35
Cuadro 8. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	37
Cuadro 9. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	38
Cuadro 10. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el pH en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	40
Cuadro 11. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el pH en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	41
Cuadro 12. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el ácido ascórbico en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	42
Cuadro 13. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el ácido ascórbico en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	43
Cuadro 14. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre las pectinas en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	44
Cuadro 15. <i>Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la acidez titulable en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Croquis del establecimiento del experimento</i>	19
Figura 2. <i>Micrografía de una sección transversal del pericarpio del fruto de pepino, recubierto (A); no recubierto (B).</i>	46
Figura 3. <i>Comportamiento general de las variables de calidad poscosecha en frutos de pepino var. Dasher II+ Poinsett 76 con recubrimiento P(VAc-co-VA) almacenados a temperatura ambiente</i>	48
Figura 4. <i>Comportamiento general de las variables de calidad poscosecha en frutos de pepino var. Dasher II + Poinsett 76 sin recubrimiento almacenados a temperatura ambiente.</i>	48

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de la aplicación de biofertilizantes, fosfitos de potasio y el recubrimiento de poli(acetato de vinilo - co - alcohol vinílico), P (VAc-co-VA), sobre la calidad de poscosecha del pepino (*Cucumis sativus* L.). El experimento se llevó a cabo durante el ciclo verano-otoño del año 2013 en condiciones de casa sombra en Saltillo, Coahuila. Los tratamientos consistieron: en campo; fertilización convencional (100 %) con o sin fosfitos (PO_3) y 50 % N convencional + biofertilizantes (Azoton plus (*Azospirillum* spp y *Azotobacter* spp) con o sin fosfitos (PO_3). En poscosecha los tratamientos fueron frutos con recubrimiento (CR) de P(VAc-co-VA) y frutos sin recubrimiento (SR) almacenados a temperatura ambiente. Se hicieron mediciones de fotosíntesis y rendimiento durante el desarrollo del cultivo; porcentaje de pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, pH, ácido ascórbico, pectinas y acidez titulable a los 5, 10, 15 y 20 días después del recubrimiento. Los datos obtenidos durante el desarrollo del cultivo y de poscosecha, se evaluaron estadísticamente utilizando el software XLSTAT 2014, con diseño factorial donde se consideró como factores de variación el tipo de fertilización, la aplicación de fosfitos y el recubrimiento con P(VAc-co-VA). Las medias se compararon según la prueba de Tukey con un nivel de significancia al 95 %. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el factor biofertilización en las variables de fotosíntesis, porcentaje de pérdida de peso a la fecha 5 de almacenamiento, en sólidos solubles totales a los días 5 y 10 de almacenamiento y en acidez titulable al día 20 de almacenamiento. Con respecto al factor fosfitos, solo hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la variable pH a los días 5 y 20 de almacenamiento. El factor recubrimiento tuvo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en las variables, firmeza a los días 5 y 15, sólidos solubles totales al día 10, en la variable pH durante los 20 días de almacenamiento, en acidez al día 5 y en ácido ascórbico al día 5 de almacenamiento. Entre tratamientos solo hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables sólidos solubles totales a los días 10, 15 y 20, en pH al día 5, 10, 15 y 20 de almacenamiento y en la variable ácido ascórbico al día 10. Los resultados demuestran que la biofertilización es una alternativa sustentable, así como la aplicación de recubrimientos biocompatibles para mejorar algunas características de calidad de poscosecha en el pepino.

I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutrimental (Waris et al., 2014), En México el pepino es muy importante, ya que nuestro país es el principal exportador mundial de esta hortaliza y es relevante también para el consumo nacional (López-Elias et al., 2011). El pepino una vez recolectado en madurez comercial, empieza a experimentar rápidamente cambios metabólicos tendientes a la senescencia y muerte de los tejidos (Moreno et al., 2013). El principal problema de poscosecha del pepino es la pérdida de turgencia, causada por la pérdida de agua a través de la transpiración, y por la respiración del fruto; en consecuencia ocurre marchitamiento y pérdida de consistencia del fruto (Walter et al., 1990). Durante la poscosecha, las frutas y hortalizas presentan diversas variaciones en su calidad, tales cambios se presentan en la textura, sabor y color, como el reblandecimiento, debido particularmente por la pérdida de turgencia, la degradación del almidón y las modificaciones químicas en la pared celular (Chen et al., 2011).

En este sentido, muchos procesos han sido desarrollados para extender la vida de anaquel de las cosechas mediante el retraso de la tasa de respiración y pérdida de humedad e inhibiendo el crecimiento de los microorganismos aeróbicos (Nisperos-Carriedo et al., 1991). El manejo poscosecha coadyuva al mantenimiento de la calidad del producto hasta el consumidor final, mediante métodos que alteran los procesos fisiológicos conduciendo a la eventual senescencia y descomposición de los productos; tales métodos incluyen el uso de la refrigeración, la alteración externa de las condiciones atmosféricas de almacenamiento y el uso de envases y recubrimientos (Moreno et al., 2013). Entre los distintos productos capaces de formar películas o recubrimientos, se encuentra el P(VAc-co-VA) el cual es un polímero que no representa un riesgo para la salud humana dentro de los límites y especificaciones establecidas, ya que no es tóxico, y ha sido empleado en la protección de productos farmacéuticos y alimentos, por lo que se sugiere que es una alternativa real para utilizarse en la protección de frutos en etapas de poscosecha (Hagenmaier y Grohmann, 1999; 2000). El P(VAc-co-VA) como látex, se ha utilizado experimentalmente como recubrimiento en especies hortícolas demostrando que se mejoran las propiedades físico-químicas del fruto (Ortiz, 2013; Guillén, 2013) con algunos resultados favorables.

Por otro lado, estudios previos han reportado que el uso de biofertilizantes no solo pueden igualar los rendimientos obtenidos con fertilización química (Álvarez-Hernández et al., 2011) sino que también ha sido una alternativa importante que mitiga la contaminación del suelo y el agua, e incrementa la fertilidad del suelo (Carvajal y Mera, 2010; Chirinos et al., 2006), además de que pueden incrementar la calidad y vida de poscosecha de hortalizas y especies florales (Mena-Violante et al., 2006; 2007). Por su parte, Canales-López (1999) menciona que la aplicación de biofertilizantes y el uso de recubrimientos han contribuido a que los resultados en los rendimientos y la calidad de las poscosechas se incrementen.

Así mismo el uso de fosfitos-que son sales del ácido fosforoso o fosfónico-también llamados fosfonatos (Carmona y Sautua, 2011), actúan de manera similar. El más común es el fosfito de potasio, y se hace mezclando una solución de hidróxido de potasio con ácido fosfónico. Los fertilizantes y fungicidas de fosfonatos son absorbidos por las plantas y se incorporan en las células como iones de fosfito (H_2PO_3^-), pero no se utilizan en el metabolismo del fósforo. Con el tiempo, el fertilizante-de fosfonato puede ser convertido por las bacterias del suelo a iones de fosfato, donde puede ser absorbido y metabolizado por las plantas. Esta conversión no se considera un medio muy eficaz de entrega de fósforo para las plantas en comparación con los fertilizantes fosfatados. Los iones de fosfito tienen efectos fungitóxicos directos sobre ciertos patógenos de las plantas, un beneficio que no se encuentra con fosfato (Landschoot et al., 2005).

En patata, aplicados al tubérculo-semilla o en forma foliar, los fosfitos han reducido la susceptibilidad a patógenos de los tubérculos durante el cultivo y en poscosecha (Lobato et al., 2011). Trabajos realizados por Rickard (2000), indican que los fosfitos generan consistentes aumentos de rendimiento y calidad en varios cultivos.

Es evidente la necesidad de reducir las pérdidas de los frutos cosechados e incrementar su vida de anaquel mediante la aplicación de tecnologías sustentables tanto de cultivo como de poscosecha, por lo que es necesario continuar la investigación sobre el uso del látex de P(VAc-co-VA) u otros látex para el recubrimiento de frutas, que podría ser una alternativa interesante a los recubrimientos comerciales actuales basados en ceras de diversas procedencias. Por lo anterior, para el trabajo de investigación detallado en este documento se planteó la siguiente:

II. HIPÓTESIS

La aplicación en etapa de cultivo tanto de biofertilizantes como de fosfitos de potasio, así como el recubrimiento con P(VAc-co-VA) en etapa de poscosecha, impactan positivamente la calidad y la vida poscosecha de frutos de pepino.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la biofertilización y de la aplicación foliar de fosfitos, además del recubrimiento de P(VAc-coVA) sobre la calidad y vida poscosecha de frutos de pepino, cultivados en condiciones de casa sombra.

3.2 Objetivos específicos

- Medir la respuesta en el rendimiento, calidad y vida poscosecha de frutos de pepino a una biofertilización con un formulado a base de *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp.
- Determinar el efecto de la aplicación foliar de fosfitos de potasio sobre el rendimiento, calidad y vida poscosecha de frutos de pepino.
- Evaluar el efecto del recubrimiento compuesto de P(VAc-co-VA) sobre parámetros físicos y químicos de frutos de pepino durante su conservación poscosecha.
- Determinar si existe una interacción de los factores mencionados, biofertilización, aplicación de fosfitos de potasio y recubrimiento con P(VAc-co-VA), sobre la calidad y vida poscosecha de frutos de pepino.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Generalidades del pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutrimental (Waris et al., 2014), de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo (Vasco, 2003; Gálvez, 2004). Entre las 52 especies de *Cucumis* spp., *C. sativus* tiene el valor más importante debido al potencial fitoquímico y terapéutico (Pulok et al., 2012). Para la economía agrícola de México, el sector de las hortalizas tiene una particular importancia por su contribución en la generación de empleo en el campo (Green et al., 2012). En México este cultivo es muy importante, ya que nuestro país es el principal exportador mundial de esta hortaliza y es relevante también para el consumo nacional (López-Elias et al., 2011). A pesar de ser poco nutritivo por su bajo contenido de materia seca, es rico en vitamina A y C, además contiene azufre, por lo que se utiliza bastante en la industria cosmética. El pepino es muy consumido por su buena combinación con ensaladas. La producción agrícola del pepino en México se presenta en diferentes modalidades como el pepino en invernadero, en malla sombra y orgánico, convirtiéndose este último en un producto con mayor demanda en los mercados internacionales. Como resultado de la aplicación de sistemas de producción, México presentó una tasa de crecimiento anual en cantidades exportadas del 6% en el periodo 2006-2010; la mayor producción de pepino en invernadero y malla sombra se da en el estado de Baja California, mientras que Baja California Sur destaca en pepino orgánico (Green et al., 2012).

La cosecha del pepino se realiza en diversos estados de desarrollo. El período entre floración y cosecha puede ser de 55 a 60 días, dependiendo del cultivar y de la temperatura. Generalmente, los frutos se cosechan en un estado ligeramente inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. La firmeza y el brillo externo son también indicadores del estado prematuro deseado. En el estado apropiado de cosecha un material gelatinoso comienza a formarse en la cavidad que aloja a las semillas. La calidad del pepino de mesa o para rebanar se basa principalmente en la uniformidad de forma, en la firmeza y en el color verde oscuro de la piel. Otros indicadores de calidad son el tamaño y la ausencia de defectos de crecimiento o manejo, pudriciones y

amarillamiento (Suslow y Cantwell, 2013). Su aspecto succulento es uno de sus mayores atractivos en el mercado, sin embargo la vida postcosecha es limitada (Lizana y Levano, 1977). Generalmente, el pepino se almacena por menos de 14 días ya que pierde calidad visual y sensorial rápidamente. Después de dos semanas se pueden incrementar las pudriciones, el amarillamiento y la deshidratación (Suslow y Cantwell, 2013) La deshidratación es uno de los problemas que presenta el pepino dulce en poscosecha, afectando su presentación comercial. Además inciden fuertemente en la durabilidad y calidad poscosecha el grado de madurez y la temperatura de almacenaje (Lizana y Levano, 1977). Este fruto es de origen subtropical y tiene susceptibilidad al almacenaje a temperaturas bajas que inducen daño por frío (Lizana y Levano, 1977). Las temperaturas óptimas de conservación fluctúan entre 10 a 12.5 °C y humedad relativa de 95 % (Suslow y Cantwell, 2013).

La producción y conservación de alimentos es un importante problema social de creciente preocupación en los países en vías de desarrollo que ha obligado a la asignación de esfuerzos para investigar la preservación de frutos frescos (Cortez-Mazatán et al., 2011). Ya que tras la recolección, las frutas y hortalizas, al ser productos perecederos sufren un proceso acelerado de envejecimiento y degradación, caracterizado por un empeoramiento del estado físico (deshidratación, arrugamiento, cambio de color.) unido a una pérdida de propiedades organolépticas y nutricionales debido al metabolismo del propio organismo (Gómez, 2011).

Para aumentar el nivel productivo del pepino, es necesario considerar cada una de las diferentes fases del proceso de producción, a fin de analizar cuál es la respuesta de las plantas a las condiciones de manejo a que son sometidas. En México este cultivo es muy importante, sin embargo, el pepino posee una baja capacidad de conservación debido a que una vez recolectado en madurez comercial empieza a experimentar rápidamente cambios metabólicos tendientes a la senescencia y muerte en los tejidos, lo que lo hace muy susceptible a daños mecánicos y bioquímicos en su etapa de poscosecha (Suslow and Cantwell, 2013). Aunado a los problemas anteriores, existen otros que reducen la calidad y vida útil del pepino tales como la manipulación inadecuada en el proceso de transporte (Moreno et al., 2013). Estos problemas pueden ser contrarrestados con un buen manejo de poscosecha utilizando diversos métodos, los cuales, como se mencionó anteriormente, permiten controlar la pérdida de turgencia, causada por la transpiración y respiración (Muy Rangel et al., 2011; Walter et al., 1990),

además de otros cambios físicos y químicos que demeriten la apariencia y calidad final del fruto. La velocidad de deterioro, está asociada con el manejo y condiciones de almacenamiento, transporte y mercadeo (Kader, 2002).

Por otra parte, el uso de alternativas biotecnológicas también ha permitido mejorar la calidad de poscosecha de los productos hortícolas y mejorar sus propiedades organolépticas. Estudios desarrollados con biofertilizantes, abonos orgánicos, bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal han demostrado que estos bioproductos pueden mejorar la calidad tanto externa como interna de los frutos (Ordookhani y Zare, 2011; Vázquez-Ovando et al., 2012; Oliveira et al., 2013) sin embargo, este aspecto no ha sido estudiado ampliamente y se dispone de pocos informes en la literatura internacional. En este mismo sentido, se encuentra la aplicación de los fosfitos.

4.2 Poscosecha

El alto carácter perecedero de las frutas y hortalizas, aunado al manejo deficiente durante poscosecha y al uso de tecnologías de acondicionamiento y almacenamiento inadecuadas, se traduce en elevadas pérdidas de la calidad durante su comercialización y distribución en los mercados (Rivera-Pastrana et al., 2007). Sin embargo, en los últimos años se han venido desarrollando diferentes tecnologías de poscosecha, que en conjunto con programas de buenas prácticas de manejo del producto, permiten reducir las pérdidas, además de mantener una aceptable calidad. De acuerdo a estudios realizados se pueden enumerar diferentes efectos físicos y fisiológicos, obtenidos en las frutas durante el manejo poscosecha, a continuación se detallan los cambios más representativos.

Color/apariencia. El color es el cambio más obvio que se presenta en muchos frutos y es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no. Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos, son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas (Brownleader et al., 1999; Aguilar, 2005).

Pérdida de peso. El mecanismo principal de pérdida de humedad, en frutas frescas y vegetales, es la difusión del vapor de agua. Lo anterior debido a un gradiente de presión entre el interior y el exterior del fruto (Galletta et al., 2004).

Índices de madurez. Durante el proceso de maduración, en los frutos carnosos se generan cambios en la composición química, color, textura, tasa respiratoria y cambios químicos en los carbohidratos de la pared celular, que al degradarse incrementan el nivel de azúcares que contribuyen a mejorar la palatabilidad del fruto (Rodríguez et al., 2006).

Tasa respiratoria. Las células vegetales continúan siendo metabólicamente activas después de la cosecha, y siguen obteniendo la energía necesaria del proceso de respiración aeróbica (Del Valle y Palma, 1997). La tasa de deterioro (percebilidad) de productos cosechados es proporcional a la tasa respiratoria (Kader, 1992).

4.3 Métodos de poscosecha

Para prolongar la vida poscosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas el almacenamiento a bajas temperaturas, la utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, el uso de envases y recubrimientos (Quezada et al., 2003). Todas ellas ejercen un control en los procesos fisiológicos conduciendo a la eventual senescencia y descomposición de los productos (Moreno et al., 2013).

4.4 Enfriamiento

El enfriamiento es una operación de acondicionamiento que se aplica normalmente después del envasado de las frutas y hortalizas para la eliminación rápida del calor de campo (calor sensible) hasta alcanzar la temperatura recomendada para su almacenamiento o transportación (Thompson et al., 2007). Este método se basa en retardar o disminuir los procesos metabólicos, incluyendo la respiración y la transpiración, así como la actividad enzimática que puede deteriorar el producto, usando bajas temperaturas (Salunkhe et al., 1991; Trejo-Márquez et al., 2007). El enfriamiento puede realizarse mediante: cámaras de enfriamiento convencional, con aire forzado, con agua fría (hidroenfriamiento), con hielo frapé o con vacío.

La selección del método depende, en gran parte, de las características físicas y fisiológicas del producto a enfriar, así por ejemplo, el método de hielo, el de cámaras de refrigeración convencionales y el de vacío sólo puede aplicarse a unos cuantos productos. El método del hidrogenenfriamiento es aplicable a una mayor diversidad de productos hortofrutícolas, sin embargo los costos del sistema de refrigeración requerido para los grandes volúmenes de agua (en lluvia, rociado o inmersión) así como la tendencia actual del ahorro del agua, limitan su aplicación. El método de aire forzado es el que ha resultado más adaptable a la mayoría de los productos y por lo tanto el más recomendable aún para operaciones en pequeña escala. El pepino es uno de los productos que, comúnmente, se enfrían con este último método (Kader, 2002).

4.5 Atmósferas modificadas

La reducción de O₂ y el aumento de CO₂ pueden mantener la calidad de muchas frutas frescas durante períodos prolongados, este método se basa en establecer diferentes concentraciones de gases a la que existe en la atmosfera natural (Salunke et al., 1991). Entre los gases que pueden utilizarse para modificar atmósferas, se encuentran el dióxido de carbono, oxígeno, monóxido de carbono, nitrógeno, etileno y vapor de agua. La modificación de la concentración de gases que componen el aire en los empaques durante el almacenamiento de frutas y hortalizas, busca incrementar la vida en anaquel y mejorar la calidad de los mismos (Polinter, 2010). Debido a la modificación de la composición de los gases, se logra disminuir la tasa de respiración, el enriquecimiento con etileno y la transpiración, aunque puede ocurrir el desarrollo de patógenos debido al incremento de la humedad dentro del empaque (Sandhya, 2010). A nivel comercial, las atmósferas modificadas (AM) se usan muy poco para los frutos inmaduros de las hortalizas, sin embargo en algunos casos se observa un aumento en su vida útil. El almacenamiento a corto plazo en atmósferas con elevados niveles de CO₂ es bueno para reducir el oscurecimiento antes del procesamiento, además pueden ayudar a retener el color verde en hortalizas inmaduras como pepinos (*Cucumis sativus*) y melones amargos (*Momordica charantia*) (Kader, 2002). Estudios en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) (Gómez y Camelo, 2002) y en mora de castilla (*Rubus glaucus* B.; Sora et al., 2006) muestran que el empleo de estas atmósferas alargan la vida de anaquel de los frutos. Sin embargo, la exposición del producto fresco a O₂ por debajo de su nivel de tolerancia puede

aumentar la respiración anaeróbica y conducir al desarrollo de mal sabor. El almacenamiento en atmósfera modificada puede reducir la capacidad de los frutos para producir etileno y alterar la producción de sustancias volátiles en el aroma (Mattheis et al., 2005).

4.6 Recubrimientos comestibles

La película o cubierta comestible consiste en una capa delgada que se pre-forma o forma directamente sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora (Del-Valle et al., 2005; Bravin et al., 2006). Se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos ya sea como componentes únicos o combinados, con la finalidad de desarrollarlas con mejores propiedades de barrera y mecánicas (Quintero et al., 2010; Kester y Fennema, 1986). El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada ya que reducen la disponibilidad de O₂ e incrementan la concentración de CO₂ (Avena-Bustillos et al., 1997; González-Aguilar et al., 2005).

Los recubrimientos comestibles aplicados a frutas con el fin de mantener sus atributos en poscosecha han recibido intensa investigación durante los últimos 20 años por diferentes grupos de investigadores (Huaqiang et al., 2004; Olivas et al., 2007; Rojas-Grau et al., 2007). Estas sustancias pueden actuar favorablemente sobre algunas características como la conservación del peso y la disminución de la tasa respiratoria, mejorando las propiedades organolépticas y sirviendo como vehículo para incorporar otros aditivos alimentarios, que mejoren la calidad del alimento que recubren y reduzcan el embalaje descartables y no degradables (Pen y Jiang, 2003; Han et al., 2004; Bautista et al., 2006).

Dependiendo de su composición química, las películas comestibles pueden:

1. Regular procesos de transferencia de masa involucrando oxígeno (Miller y Krochta, 1997; Ayrancy y Tunc, 2003), dióxido de carbono (Galiotta et al., 1998b), vapor de agua (Avena-Bustillos y Krochta, 1993), etileno (Galiotta et al., 1998b) y otros compuestos volátiles (Miller y Krochta, 1997).
2. Tener efecto en las propiedades mecánicas de los alimentos (Galiotta et al., 1998a).

Las películas comestibles pueden ser hechas con proteínas (Galiotta et al., 2004), lípidos (Morillon et al., 2002) y / o carbohidratos (Camirand et al., 1992).

4.7 Recubrimientos en pepino

Los recubrimientos aplicados a las superficies de las frutas y verduras son comúnmente llamados ceras si algún componente del mismo es en realidad una cera. La aplicación de recubrimientos en manzanas, cítricos, frutales de hueso, aguacates, tomates y pepinos antes de la comercialización es la práctica estándar en los Estados Unidos y muchos otros países. El propósito de revestimientos en frutas y verduras es reducir la pérdida de agua, la senescencia y promover el envejecimiento lento, impactar en el brillo, y permitir una mejor calidad y precio de comercialización (Baldwin, *et al.*, 2011).

Muy Rangel et al. (2004) reportan un aumento en la vida útil del pepino cv. conquistador, al aplicar cera comercial Decco®; Galletti et al. (2006) en pepino dulce (*Solanum muricatum* AIT) con película plástica de polietileno y Chien y Ling, (1997) en pepino (*Cucumis sativus*) empaquetados en bolsas de polietileno de baja densidad.

El Ghaouth *et al.* (2007) obtuvieron efectos favorables en la capacidad de almacenamiento en cultivos de pepino y pimiento recubiertos con quitosan. y una reducción de algunos parámetros de calidad.

Moreno et al. (2013) observaron cambios fisicoquímicos positivos en poscosecha en tres cultivares de pepino (zapata, constable y líder) mediante el recubrimiento con el plástico comercial Cryovac RD 45.

4.8 El PVAc como recubrimiento comestible

Entre los distintos productos capaces de formar películas o recubrimientos comestibles, se encuentra el alcohol polivinílico (PVA), el cual es un polímero biodegradable que es fácilmente consumido por los microorganismos y enzimas cuando se expone al medio ambiente natural (Chiellini et al., 1999; Spiridon et al., 2008). Además tiene múltiples usos en la preparación de materiales plásticos, en la industria textil y en la industria farmacéutica. El

PVA se obtiene mediante la hidrólisis del poliacetato de vinilo, PVAc. La hidrólisis no es completa y, finalmente, se obtiene un copolímero de acetato de vinilo y “alcohol vinílico”, P(VAc-co-VA). La hidrólisis da lugar a diferentes tipos de alcohol polivinílico, dependiendo del grado de hidrólisis. Cabe aclarar que el alcohol vinílico no existe como tal ya que es inestable y se estabiliza como aldehído acético (tautomerismo ceto – enol; Carey, 2003). Hagenmaier y Grohmann (1999; 2000) reportan que el PVA con un peso molecular mínimo de 2000 Da ha sido aprobado por la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) como aditivo alimentario directo en la goma de mascar y muchas otras aplicaciones relacionados con alimentos. Por su parte la Autoridad Europea para Seguridad de los Alimentos (EFSA de sus siglas en inglés), recientemente, publicó los resultados de un panel de expertos sobre el uso del poliacetato de vinilo (PVAc) en forma oral, concluyendo que el PVAc se absorbe mínimamente y que no es mutagénico, ni genotóxico (EFSA, 2005).

Son pocos los estudios que se han realizado usando el P(VAc-co-VA) como recubrimiento en especies hortícolas para alargar la vida de anaquel en poscosecha. Entre estos, se encuentra Ortiz (2013), quien recubrió pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con P(VAc-co-VA), durante el almacenamiento, y reportó que este recubrimiento mejora la apariencia y la calidad del fruto. Por su parte Guillén (2013) obtuvo mejoría en las propiedades físico-químicas ayudando a la conservación de la textura, brillo y coloración del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) durante la etapa de poscosecha. Finalmente, Cortez-Mazatán et al. (2011) revelan que, a pesar de que la diferencia no fue significativa en sus resultados, la cubierta protege levemente los frutos de tomate comparado con frutos no cubiertos.

La calidad y rendimiento de la producción hortofrutícola es derivada del manejo de los factores precosecha (Moccia et al., 2006) los cuales deberían orientarse a la optimización de su impacto en la calidad poscosecha (Crisosto y Mitchell, 2007) aunque no siempre es así puesto que se da prioridad a lograr la producción.

En la etapa de precosecha se determina la calidad del producto en el momento de la recolección, dando lugar al comportamiento en la vida útil poscosecha. Los factores precosecha que influyen sobre la calidad son muy diversos y están interrelacionados entre sí.

Unos dependen intrínsecamente de la propia planta (la integración del flujo de energía, agua y nutrientes) y otros son de tipo genético, ambiental, agronómicos y fisiológicos (Flores, 2009)

El estado nutricional es un factor importante para la calidad en el momento de la cosecha, así como en la vida poscosecha de frutas y hortalizas (Crisosto y Mitchell, 2007). El equilibrio entre uno o más nutrientes afecta al crecimiento y estado fisiológico del fruto pudiendo originar desordenes fisiológicos, tanto por deficiencia como por una dosis excesiva (Soares-Gomes et al., 2005). Los nutrientes como el nitrógeno, calcio y fósforo son los que mayor interés tienen, al participar de forma activa en numerosos procesos metabólicos (Romojaro et al., 2006).

4.9 Uso de fosfitos como control sanitario

Los fosfitos son sales del ácido fosforoso o fosfónico. También llamados fosfonatos. (Carmona y Sautua, 2011). El más común es el fosfito de potasio, y se hace mezclando una solución de hidróxido de potasio con ácido fosfónico. Los fertilizantes y fungicidas de fosfonato son absorbidos por las plantas y se incorporan en las células como iones de fosfito (H_2PO_3^-), pero no se utilizan en el metabolismo del fósforo. Con el tiempo, el fertilizante de fosfonato puede ser convertido por las bacterias del suelo a iones de fosfato, donde puede ser absorbido y metabolizado por las plantas. Esta conversión no se considera un medio muy eficaz de entrega de fósforo para las plantas en comparación con los fertilizantes fosfatados. Los iones de fosfito tienen efectos fungitóxicos directos sobre ciertos patógenos de las plantas, un beneficio que no se encuentra con fosfato (Landschoot et al., 2005). Son rápidamente degradados, de muy baja toxicidad y pueden actuar sinérgicamente con fungicidas de síntesis (Cooley, 2009). Tienen un efecto directo sobre los hongos *Oomycetes*, porque afectan el proceso de fosforilación oxidativa y también se ha descrito una acción fungistática en otros hongos patógenos (Lobato et al., 2010); el efecto indirecto es de protección, al desencadenar mecanismos de defensa en las plantas (Lobato et al., 2008, 2011; Olivieri et al., 2012). Referido a esto último, se ha demostrado que los fosfitos inducen incrementos en las fitoalexinas y quitinasas y promueven la actividad de enzimas relacionadas con el estrés oxidativo, como polifenoloxidasas y peroxidasa ante la presencia de patógenos (Olivieri et al., 2012; Thao and Yamakawa, 2009).

4.10 Efecto de los fosfitos en poscosecha

Son mínimos los estudios que discuten los efectos de la aplicación de fosfitos en la poscosecha de productos hortícolas. Por su parte Yommi et al. (2012), mencionan que los fosfitos mejoran el comportamiento poscosecha, ya que la firmeza, el color y la acidez titulable se mantuvieron en los frutos tratados en mayor medida que en los controles después de 10 días de almacenamiento. En patata, aplicados al tubérculo-semilla o en forma foliar, los fosfitos han reducido la susceptibilidad a patógenos de los tubérculos durante el cultivo y en poscosecha (Lobato et al., 2011). Trabajos realizados por Rickard (2000), indican que los fosfitos generan consistentes aumentos de rendimiento y calidad en varios cultivos. El deterioro ecológico ocasionado en muchas zonas agrícolas, se debe en parte al abuso que se hace de los insumos sintéticos empleados en la tecnología de la “Revolución Verde”, destacando el incremento en las dosis empleadas de fertilizantes y plaguicidas, así como el uso irracional de los recursos agua y suelo, es necesario incorporar tecnologías sustentables o ecológicas que permitan minimizar esos productos nocivos en los sistemas agrícolas convencionales (Bailey et al., 2009); tal es el caso de los biofertilizantes (BF) microbianos que pueden ayudar a reducir el deterioro ecológico, así como disminuir los costos de producción agrícola (Phua et al., 2012).

4.11 Los biofertilizantes y la poscosecha

El uso de alternativas biotecnológicas (biofertilizantes) también ha permitido mejorar la calidad de poscosecha de los productos hortícolas y mejorar sus propiedades organolépticas. Los biofertilizantes son productos biológicos, que contienen células vivas de diferentes tipos de microorganismos, los cuales tienen la capacidad de convertir los elementos nutricionales esenciales (N, P y otros) de indisponibles en disponibles a través de procesos biológicos tales como la fijación del nitrógeno, la solubilización de la roca fosfórica, la quelatización de iones, entre otros (Vessey, 2003; Terry et al., 2012). En la práctica agrícola se ha comprobado el efecto agrobiológico y agroecológico producido por los biofertilizantes sobre diferentes cultivos, lográndose incrementos de la productividad, en calidad y cantidad, así como una mayor resistencia de las plantas a condiciones adversas (Alarcón, 2009; Copetta et al., 2011).

Se ha demostrado científicamente que con el uso de estos productos biológicos se abarata la producción agrícola, se reducen los riesgos de contaminación ambiental, se mejoran las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos y por consiguiente su nivel de fertilidad y sanidad, así como la productividad de los cultivos en calidad y cantidad (Adesemoye y Kloepper, 2009; Terry et al, 2012).

Muchos productos naturales han sido empleados para potenciar el manejo ecológico de los agroecosistemas, entre los que podemos encontrar productos que ejercen funciones biorreguladoras y bioestimuladoras del crecimiento vegetal. Dentro de los biofertilizantes se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Hernández y Chailloux, 2001). Los mecanismos que utilizan estos microorganismos para mejorar el crecimiento, desarrollo, productividad y estado nutricional de las plantas se abordan enseguida.

4.12 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

El término PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) se emplea desde 1978 y se acepta para describir a las bacterias que habitan en la rizófora y que pueden tener un efecto positivo sobre los cultivos (Dileep y Dubet, 1992).

Según Kloepper et al. (1989), el efecto beneficioso de las rizobacterias radica en diferentes mecanismos mediante los cuales ellas ejercen su acción. Dentro de los estudios realizados se encuentran los de Fendrick et al. (1995) y Martínez et al. (1997) quienes mencionan que las rizobacterias son capaces de producir sustancias fisiológicamente activas como vitaminas, giberelinas, citoquininas, ácido indol-acético en cantidades importantes, las cuales mediante su acción conjunta estimulan la germinación de las semillas, aceleran el desarrollo de las plantas e incrementan el rendimiento de los cultivos. Por otra parte, Martínez y Dibut (1996) plantean ciertos géneros bacterianos, fijan el nitrógeno atmosférico en proporciones considerables. Goendi et al. (1995) encontraron que los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* producen polisacáridos extracelulares durante su crecimiento y proliferación. Estos compuestos son efectivos en la formación de agregados del suelo, lo que trae como consecuencias mejoras en el intercambio gaseoso y en la capacidad hídrica de los suelos.

Dentro del grupo de las PGPR se incluyen varios géneros bacterianos. Se destacan los géneros *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* y *Azotobacter*, de las cuales las tres últimas constituyen candidatos ideales dentro de este grupo (Bashan, 1993).

4.13 Las bacterias del género *Azotobacter*

El *azotobacter* es una bacteria Gram negativa, perteneciente a la familia *Azotobacteriaceae*, es un microorganismo aerobio, diazotrófico de vida libre, que se caracteriza por una eficiente fijación del nitrógeno atmosférico (N₂) al suelo y por producir sustancias fisiológicamente activas que estimulan el desarrollo y crecimiento de las plantas (Sarhan et al., 2011; Khan y Paiari, 2012).

Las bacterias del género *Azotobacter* se encuentran entre los organismos que reportan innumerables beneficios a la agricultura debido a que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. En los últimos años, este bioproducto ha llegado a ocupar un lugar de suma importancia al ser usado como biofertilizante agrícola ya que puede aportar ganancias de nitrógeno entre un 15 y un 50% (Ashraf et al., 2013). De acuerdo a Milic et al. (2004), las bacterias *Azotobacter* son microorganismos asimbióticos, que actúan como biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento vegetal. Estos son capaces de producir exudados metabólicos estimuladores del crecimiento vegetal tales como: auxinas, citoquininas, giberelinas y vitaminas (Tsavkelova et al., 2006; Jarak et al., 2010).

4.14 Las bacterias del género *Azospirillum*

Otra de las bacterias consideradas como una opción viable para desarrollar biofertilizantes, es la bacteria *Azospirillum*, la cual es una bacteria de vida libre, fijadora de nitrógeno, aislada de la rizósfera y productora de fitohormonas (Bashan et al., 2004). Este género está formado por bacterias diazotróficas, Gram negativas y su nombre deriva de los términos *azo* que significa capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y *spirillum* que significa movimientos espirales de la célula (Costurca, 1995; Basterlaere, 1996). Las bacterias del género *Azospirillum* mejoran el crecimiento vegetal, dada la producción y liberación de fitohormonas como auxinas,

citocininas y giberelinas, las cuales promueven la capacidad de *Azospirillum* para fijar nitrógeno (Bashan *et al.*, 2007).

Con el empleo de *Azospirillum* se han obtenido resultados positivos en cultivos agrícolas. En el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) la inoculación con dicha bacteria permitió usarla como herramienta biotecnológica para promover una bioprotección ante situaciones de estrés, incrementando el rendimiento y también la calidad nutricional durante la postcosecha (Fasciglione *et al.*, 2013). Por su parte Hernández *et al.* (2002) indican que los biofertilizantes como complemento de la nutrición mineral del tomate permiten reducir los contenidos de nitratos presentes en los frutos y las pérdidas que se producen durante el período postcosecha.

4.15 Las bacterias del género *Pseudomonas*

Pseudomonas constituye uno de los principales grupos de rizobacterias con actividad promotora del crecimiento vegetal. Hernández *et al.* (1998) y Fernández *et al.* (1998) señalan que entre sus mecanismos de acción se destacan el aumento de la toma de agua y nutrientes por la planta, la producción de fitohormonas y biocontrol de patógenos.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Sitio experimental

La investigación se desarrolló durante el ciclo verano-otoño del año 2013 en condiciones de casa sombra en las instalaciones del campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). En el Cuadro 1 se presentan algunas propiedades físicas y químicas del suelo del experimento obtenidas por el Laboratorio Central de la Universidad Autónoma de Chapingo. El terreno está localizado en el noroeste de Saltillo, Coahuila cuyas coordenadas geográficas son: 25° 27' de latitud norte y 101° 02' de latitud oeste, con una altitud de 1610 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima para esta región es seco estepario de acuerdo con la clasificación de Köepen, y conforme a la modificación hecha por García (1988) para la República Mexicana.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento.

Profundidad de suelo (cm)	pH	MO %	N mgKg ⁻¹	P mgKg ⁻¹	K mgKg ⁻¹	Arena %	Limo %	Arcilla %	TEXTURA
0-30	8.56	0.94	29.5	9.81	278	30.2	42.0	27.8	FRANCO-ARCILLO-LIMOSO
30-60	8.57	1.21	24.6	5.87	296	34.2	44.0	21.8	FRANCO

5.2 Material biológico

Se cultivó la variedad Dasher II + Poinsett 76 (Seminis, E.U.A.) de pepino la cual presenta ciclo de cultivo indeterminado y frutos color verde oscuro. Como biofertilizante se empleó una formulación conteniendo *Azospirillum brasiliensis* y *Azotobacter* spp, dos de las principales bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre, asociadas además de un grupo de bacterias del genero *Bacillus*, por lo que se favorece, además de la fijación de nitrógeno, el crecimiento del sistema radical. La formulación fue amablemente facilitada por la empresa Biofertilizantes Mexicanos S.A. de C.V. (Saltillo, Coahuila). Y para la inoculación se utilizó HFM (*Glomus intrarradices* y *Glomus fasciculatum*).

5.3 Cultivo en campo

5.3.1 Acondicionamiento de la parcela

La parcela experimental se acondicionó realizando barbecho y rastreo del terreno. Posteriormente se trazaron diez camas de siembra de 11 m de largo y 0.80 m de ancho distanciadas a 1.80 m de centro a centro, cubierta con acolchado plástico coextruido blanco-negro.

5.3.2 Sistema de riego

El sistema de riego, fue mediante goteo, para el cual se colocó previamente al acolchado una cintilla (Toro, Aqua-traxx 3000, E.U.A.) al centro de cada cama, con emisores separados a 0.20 m y gasto de 1.01 L.h^{-1} (a 0.55 bar). Debido a las necesidades de fertilización con N del experimento el riego fue fraccionado en dos sistemas independientes de distribución de agua. Los riegos se aplicaron siempre que el cultivo lo requirió mediante el apoyo de tensiómetros (Irrrometer, Modelo 12" y 24") colocados a 30 y 60 cm de profundidad.

5.3.3 Marco de plantación

El marco de plantación fue a tresbolillo con una distancia entre plantas de 0.30 m resultando una densidad de población estimada de 36630 plantas por hectárea.

5.3.4 Siembra

La siembra se realizó de forma directa el 09 de julio de 2013. Con el suelo a capacidad de campo colocando una semilla por cada cavidad de la cama a una profundidad de 1 cm aproximadamente. Posteriormente fueron inoculadas con HFM (*Glomus intrarradices* y *Glomus fasciculatum*) y finalmente tapadas con sustrato "peat moss" para facilitar la emergencia.

5.3.5 Tutorado

El tutorado se comenzó a los 20 días después de siembra (dds). La sujeción se realizó con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de uno de sus extremos a la zona basal de la planta (liado) y de otro a un alambre por encima de la planta. Conforme la planta fue creciendo se fue guiando su crecimiento rodeando progresivamente al hilo de sujeción con el ápice principal.

5.4 Diseño experimental

Durante el desarrollo del cultivo, los tratamientos fueron establecidos en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2x2 con cinco repeticiones, considerando como factores de variación dos tipos de fertilización y la aplicación o no de fosfitos. La unidad experimental contó con 67-71 plantas/repetición.

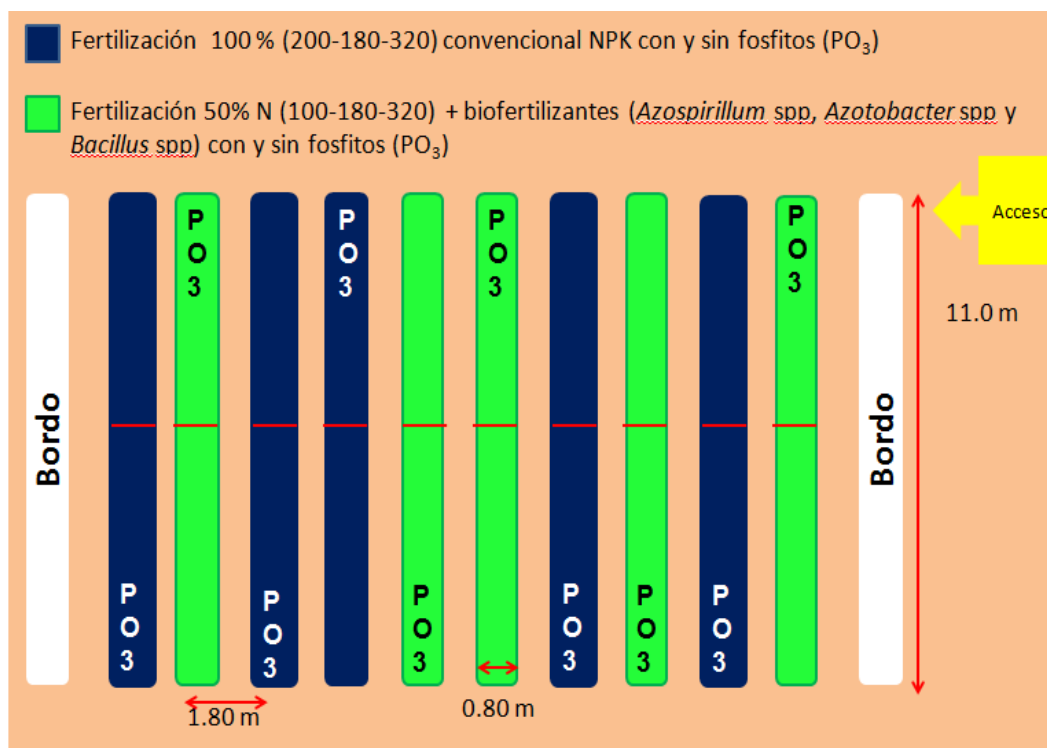


Figura 1. Croquis del establecimiento del experimento

5.5 Factores de estudio del cultivo

5.5.1 Fertilización

Para la fertilización se evaluaron dos tipos: i) fertilización al 100 % con fertilizantes solubles los cuales se aplicaron (200-180-320) NPK, con o sin fosfitos de potasio durante el ciclo del cultivo, y ii) fertilización convencional al 50 % de N (100-180-320) NPK complementada con un complejo biofertilizante considerado como aportador de nitrógeno y promotor de crecimiento vegetal; *Azospirillum brasiliensis*, *Azotobacter* spp, *Bacillus* spp.) con o sin fosfitos. La aplicación del biofertilizante (7.92 ml) se realizó una semana después de la siembra y posteriormente en dos ocasiones más con una semana de espaciamiento, el resto tanto macro- y los micronutrientes se aplicaron convencionalmente ya sea por fertirrigación o por aspersiones foliares.

5.5.2 Fosfitos

Para estudiar el posible efecto de los fosfitos se emplearon fosfitos de potasio (Defense Ax), la primera aplicación foliar se realizó a los 35 días después de la siembra, la cual consistió en colocar 24 ml l⁻¹ por medio de una mochila aspersora cuidando que se cubriera completamente el follaje de cada planta. Este tratamiento se repitió tres veces con un intervalo de 10 días entre aplicaciones.

5.6 Variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo

5.6.1 Fotosíntesis

La medida de la tasa fotosintética de las plantas se realizó mediante un analizador de gases infrarrojo LI-6400, inc. Lincoln, Nebraska, E.U.) a los 41 dds. Las lecturas se tomaron de 11:00 a 12:00 h. bajo condiciones de cielo despejado, en hojas bien desarrolladas.

5.6.2 Cosecha y rendimiento total

La cosecha se realizó a los 51, 58, 65, y 72 días después de la siembra, tomando en cuenta los parámetros de madurez de la variedad: color verde oscuro sin signos de amarillamiento y tamaño (20 cm x 6 cm aproximadamente) uniforme del fruto. Se utilizaron tijeras para cortar

los frutos y no dañarlos. Los frutos cosechados fueron pesados utilizando una balanza colgante de estimación compacta (DETECTO MATIC). Y el rendimiento total se determinó considerando los pesos acumulados de cada cosecha expresado en t.ha⁻¹.

5.7 Selección de frutos para la evaluación de calidad poscosecha

Se seleccionaron frutos del último corte considerando uniformidad en tamaño, madurez fisiológica e integridad (sin daños físicos, fisiológicos o patológicos) aparente. Para realizar las mediciones de las variables; pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, pH, ácido ascórbico, pectinas y acidez titulable.

5.8 Análisis estadístico

Los datos agronómicos obtenidos fueron sometidos a una prueba de normalidad para corroborar que los datos presentaran ésta distribución y evaluados estadísticamente mediante un ANVA de dos vías (A.-tipo de fertilización, B.- aplicación de fosfitos,; Cuadro 2) utilizando el software XLSTAT 2014, considerando un diseño factorial completamente al azar. Cuando se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza de 95 %.

5.9 Tratamientos en campo y poscosecha

Cuadro 2. *Tratamientos en campo.*

Fertilización 100% convencional NPK con fosfitos (PO₃)

Fertilización 100% convencional NPK sin fosfitos (PO₃)

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) con fosfitos (PO₃).

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) sin fosfitos (PO₃).

Cuadro 3. Tratamientos en poscosecha.

Fertilización 100% convencional NPK con fosfitos (PO_3) con recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 100% convencional NPK con fosfitos (PO_3) sin recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 100% convencional NPK sin fosfitos (PO_3) con recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 100% convencional NPK sin fosfitos (PO_3) sin recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) con fosfitos (PO_3) con recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) con fosfitos (PO_3) sin recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) sin fosfitos (PO_3) con recubrimiento P(VAc-co-VA).

Fertilización 50% N + biofertilizantes (*Azospirillum* spp, *Azotobacter* spp y *Bacillus* spp) sin fosfitos (PO_3) sin recubrimiento P(VAc-co-VA).

5.10 Elaboración del recubrimiento de poli(acetato de vinilo-co-alcohol vinílico)

Para estudiar el comportamiento de la calidad y vida de anaquel de los frutos de pepino recubiertos con el P(VAc-co-VA), la aplicación de biofertilizantes y fosfitos, se formuló una mezcla de reacción a base de alcohol polivinílico (PVA) y acetato de vinilo. Esta mezcla se elaboró según el procedimiento descrito por Alvarado (2011). La solución micelar se elaboró en un reactor de 500 mL al cual se le añadió 330 mL de agua destilada y filtrada; 0.068 g de persulfato de amonio (APS, 98 %, Sigma-Aldrich), 0.7 g de dodecil sulfato de sodio (SDS, 98.5 %, Sigma-Aldrich); y 25. g de PVA (BP-24; Chang Chun Petrochemical, Taipei). Se agitó mecánicamente durante 30 minutos a 300 rpm y con circulación de agua a 25 °C por la chaqueta del reactor. Una vez disuelto el PVA, posteriormente se desgasificó la solución pasando argón de ultra alta pureza durante 60 min. y la temperatura se aumentó a 60 °C. Por separado, en un matraz Erlenmeyer se desgasificó una solución de acetato de vinilo (60 g, 99%, Sigma-Aldrich) y de éter etílico (4.2 ml, 99%, Sigma-Aldrich). Este último actuó como agente de transferencia de cadena con el fin de disminuir el peso molecular del PVAc. La desgasificación de la mezcla de monómero y el agente de transferencia se realizó para eliminar

el oxígeno y que no inhibiera la reacción de polimerización, la mezcla es adicionada al reactor mediante una jeringa de vidrio Hamilton, Gastight (también desgasificada con argón) conectada a una bomba de adición a un flujo de 0.249 mL/min, durante cuatro horas, manteniendo la temperatura de la reacción en 60 °C, agitación de 220 rpm y flujo de argón en la mezcla de reacción. Terminada la adición, el sistema se mantuvo durante dos horas más para agotar el monómero. Con el procedimiento anterior se generó un látex que al ser aplicado sobre una superficie produce una película húmeda que secó en condiciones ambientales. Luego de la elaboración del látex, este se guardó en un frasco limpio a temperatura ambiente hasta el momento de utilizarlo.

Para la selección del recubrimiento, se elaboraron cuatro látex de prueba para producir el P(VAc-co-VA). Se elaboraron 2 con PVA BP 17 a diferente concentración, y 2 con BP 24 a diferente concentración. Los látex se probaron para recubrir frutos de pepino resultando el más adecuado aquel de BP 24 a 5.9% (p/p) ya que formó una película con 100% de adherencia, sin hoyos visibles, además de tomar en cuenta el color y aroma del recubrimiento.

5.11 Calidad de poscosecha

Se seleccionaron los frutos con tamaño uniforme y sin daños aparentes. Los frutos primeramente se lavaron en agua corriente y secaron con toallas de papel con cuidado de no dañar el epicarpio. Inmediatamente después se recubrieron con el látex P(VAc-co-VA) de forma manual utilizando guantes de látex (Duraflock, Micro flex, China). Primero se recubrió una mitad a lo ancho del fruto hasta que el látex se secó por completo y después la otra mitad.

5.12 Establecimiento del experimento de poscosecha

Para la evaluación de la calidad durante el almacenamiento de los frutos se evaluaron un total de ocho tratamientos, con 16 repeticiones, siguiendo un arreglo factorial 2x2x2 considerando como variables la fertilización en campo, los fosfitos aplicados en campo y el recubrimiento P(VAc-co-VA) aplicado en poscosecha; frutos con recubrimiento (CR), y frutos sin recubrimiento (SR). Cada fruto se consideró como una unidad experimental la cual se procesó de manera destructiva a lo largo del periodo de almacenamiento.

Para el almacenamiento los frutos se colocaron en mesas sobre un plástico blanco y se acomodaron de acuerdo a los tratamientos tomando 16 frutos por tratamiento, alternando bloques de frutos con recubrimiento (CR) y frutos sin recubrimiento (SR). El almacenamiento de los frutos fue a temperatura ambiente con humedad relativa (45 a 82 %) y temperatura (12 a 28 °C). Se hicieron cuatro muestreos cada cinco días, a los 5, 10, 15 y 20. Tomando cuatro frutos de cada tratamiento por muestreo a los cuales se les determinó los sólidos solubles totales (SST), pH, firmeza y pérdida de peso. En el caso de la determinación de ácido ascórbico, acidez titulable, y pectinas las muestras fueron congeladas a una temperatura de -43 °C y almacenadas para procesarlas al finalizar las evaluaciones durante el periodo de almacenamiento.

5.13 Variables de calidad de fruto

5.13.1 Pérdida de peso

El peso individual del pepino antes de realizar el recubrimiento se registró utilizando una balanza granataria (OHAUS modelo PA3102, CHINA). Posteriormente los muestreos se hicieron cada cinco días (5, 10, 15 y 20). Los resultados se reportaron como porcentaje de pérdida de peso al deducir el peso final del peso inicial, dividiendo dicha deducción por el peso inicial y el resultado multiplicado por 100.

5.13.2 Firmeza

La firmeza fue medida mediante la resistencia a la penetración del mesocarpio, para ello se retiró el epicarpio en la parte ecuatorial, base y ápice, donde posteriormente se aplicó presión utilizando un penetrómetro manual EFFEGI (modelo FT 011, Italia) (2-5 kg) con punzón de 0.8 mm de diámetro y un área de 0.5 mm².

5.13.3 Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (1994). Para la obtención de la muestra, se molió el fruto sin epicarpio durante

aproximadamente 2 minutos, después se tomó una alícuota y se colocó en el refractómetro manual (Misco Palm Abbe PA202, USA) la lectura se obtuvo como grados Brix (°Bx).

5.13.4 pH

El pH de las muestras de los frutos se determinó según lo describe el método de la AOAC (1994). Utilizando un potenciómetro (combo-HANNA, Europa).

5.13.5 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico se determinó mediante el método del 2,6- dicloroindofenol por titulación. El reactivo de Thielman fue preparado de acuerdo con la AOAC. 967.21.(**Apéndice 1**). Se utilizó una muestra de 10 g, la cual se añadió a un matraz (50 ml) con 5 ml de HCl al 2% y se llevó hasta el aforo. Posteriormente se filtró el contenido a través de una gasa, en un matraz Erlenmeyer. Se tomaron alícuotas de 10 ml y se titularon con el reactivo de Thielman hasta la aparición de una coloración rosa sin desaparecer durante 30 segundos, la lectura fue en mililitros gastados del reactivo.

Para calcular el contenido de ácido ascórbico en las muestras se realizó una curva de calibración, con una solución patrón de ácido ascórbico, según la AOAC. 967.21.

La concentración de la vitamina C en la muestra, se calcula según la fórmula:

$$Vit. C = \frac{V * FT * FD * 100}{P}$$

Donde:

Vit. C= vitamina C, en la muestra expresada en mg en 100 g.

V= Volumen total en ml del reactivo de Tillman.

FT= Factor de Tillman, obtenido a partir de la curva de calibración.

FD= Factor de dilución de la muestra.

P= Peso de la muestra en gramos.

5.13.6 Pectinas

Las pectinas se determinaron de acuerdo al método de la Norma Mexicana NMX-F-347-S-1980, utilizando 50 g de peso fresco de la muestra. La extracción se realizó mediante ebullición en agua durante una hora, cuidando mantener un volumen de 400 ml. posteriormente se filtró utilizando papel Whatman no. 4, se agregaron 10 ml de NaOH 1N dejando reposar durante la noche, posteriormente se agregaron 50 ml de solución de ácido acético 1N y 25 ml de CaCl₂ 1N y se dejó en reposo durante 1 hora, se volvió a calentar hasta ebullición y se filtró en caliente, el papel Whatman se secó a 105 °C hasta alcanzar un peso constante (Apéndice X).

5.13.7 Acidez titulable

Se pesaron 10 g de la muestra descongelada y se determinó la acidez titulable de acuerdo al método del AOAC (2000) 939 utilizando una muestra diluida 1:1 de la pulpa de pepino y agua destilada, a la cual se añadieron 4 gotas de fenolftaleína (**Apéndice 2**) y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) a 0.1N hasta el vire de color.

La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se calculó por medio de:

$$\% \text{ acidez} = \frac{g_{\text{ácidoX}}}{100 \text{ ml muestra}}$$

$$\% \text{ acidez} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq}_{\text{ácidoX}} * 100}{V}$$

Donde:

V_{NaOH} = volumen de NaOH usado para la titulación.

N_{NaOH} = normalidad del NaOH.

$\text{Meq}_{\text{ácido X}}$ = miliequivalentes de ácido. Los valores equivalentes de base a ácido para el ácido cítrico es: 0.064.

5.14 Espesor del recubrimiento de P(VAc-co-VA) en los frutos de pepino

Para la determinación del espesor del recubrimiento P(VAc-co-VA) en los frutos de pepino, se agregaron 3 gotas de colorante de fucsina ácida al 1 % al látex, previamente al recubrimiento y se homogeneizó, posteriormente se recubrió el fruto siguiendo la metodología descrita en la sección de Calidad de poscosecha y se dejó secar a temperatura ambiente. Se realizaron cortes transversales del fruto con ayuda de un bisturí los cuales tenían una longitud aproximada de 1.5 cm y 2 mm de espesor. Los cortes se colocaron en un portamuestras y se observaron al microscopio compuesto (Olympus, BX60, Japón). Con el objetivo de 50×.

5.15 Análisis estadístico

Los datos de poscosecha obtenidos fueron sometidos a una prueba de normalidad para corroborar que los datos presentaran ésta distribución y evaluados estadísticamente mediante un ANVA de tres vías (A.-tipo de fertilización, B.- aplicación de fosfitos, C.- recubrimiento; Cuadro 3) utilizando el software XLSTAT 2014, considerando un diseño factorial completamente al azar. Cuando se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza de 95 %.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Respuesta del cultivo en campo

6.1.1 Fotosíntesis

La fertilización 100% convencional de N presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) encontrando las plantas con mayor actividad fotosintética respecto a la fertilización 50% N + biofertilizantes (**Cuadro 4**) en la hora y fecha de muestreo. Resultados que contrastan con los de Ocampo et al. (2001) quienes reportaron que plantas de papa tratadas con microorganismos rizosféricos (aplicación de bacterias promotoras de crecimiento) incrementaron su tasa fotosintética. Por otro lado, Lira-Saldívar et al. (2011) reportaron resultados de plantas de tomate cherry inoculadas con *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* las cuales alcanzaron la máxima actividad fotosintética de las 8 a 10 horas, equiparando la actividad fotosintética para el resto de las horas del día, comparadas con plantas fertilizadas inorgánicamente. Los resultados de este estudio pudieron deberse a que como Engels y Marschner (1995) mencionan que de todos los nutrientes minerales, el nitrógeno (N) es cuantitativamente el más importante para el crecimiento de las plantas al intervenir sobre el crecimiento de las hojas, la duración del área foliar y la tasa fotosintética influyendo así tanto sobre el tamaño, como actividad de la fuentes de fotoasimilados. Probablemente la fertilización convencional aportó N mayormente disponible por lo que se observó tal respuesta en las plantas con la fertilización 100% convencional.

En cuanto a la aplicación de fosfitos, los análisis estadísticos no mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las tasas fotosintéticas de las plantas tratadas y no tratadas con fosfitos de potasio. Cervera et al. (2007) en un estudio con aguacate (*Persea americana Mill*) concluyeron que los fosfitos de potasio mejoran el rendimiento fotosintético, cuestión que en este estudio no se vio reflejada.

El tratamiento 100% convencional + sin fosfitos (SF) presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con mayor actividad fotosintética con respecto a la fertilización 50% N + con fosfitos (CF) el que menos actividad fotosintética presentó (**Cuadro 4**). Observándose que lo que provocó esta diferencia entre tratamientos fue el tipo de fertilización. Estos resultados difieren a los observados por Ocampo et al. (2001) quienes utilizaron la bacteria *Bacillus subtilis* en plantas de papa (*Solanum tuberosum*) y encontraron que además de proteger a las plantas

contra el ataque de *Rhizoctonia solani*, incrementaron sus procesos fisiológicos, como la tasa fotosintética y uso eficiente del agua.

No obstante lo anterior, los resultados aquí obtenidos deben de considerarse en justa proporción ya que fueron resultado de una medición puntual realizada en solo una hora del día. Por lo tanto, para sacar resultados concluyentes se deben realizar mayores experimentos los cuales incluyan más puntos de medición tanto a lo largo del ciclo de cultivo como a lo largo de la duración del fotoperiodo.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización y fosfitos, sobre la fotosíntesis en plantas de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76. Tomada de 11:00 am a 12: pm.

Tratamiento	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Fertilización	
100%	32.3 \pm 0.6 a
50%	30.2 \pm 0.7 b
Fosfitos	
CF	30.8 \pm 0.8 a
SF	31.7 \pm 0.7 a
100%+ SF	32.8 \pm 0.9 a
100% + CF	31.8 \pm 0.8 ab
50% +SF	30.5 \pm 0.8 ab
50% + CF	29.8 \pm 1.2 b

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.1.2 Rendimiento total

Respecto al rendimiento total, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) debido a la aplicación de biofertilizantes o la dosis completa de fertilización química (**Cuadro 5**). Los resultados en esta investigación son similares a los encontrados por Vásquez-Santiago et al. (2014) quienes evaluando el efecto de dos biofertilizantes; Azotón (a base de esporas de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter spp.*, y *Bacillus spp.*) y Ecorriza, conteniendo

el hongo *Glomus intraradices* suplementados con dos dosis de fertilización mineral (100 y 50%), en el rendimiento de pepino, no encontraron diferencia estadísticas entre ellos. Por su parte Rodríguez et al. (2010) encontraron mayores rendimientos por hectárea en plantas de ají (*Capsicum spp*) al aplicar biofertilizantes (micorrizas y rizobacterias) en comparación a una fertilización de síntesis química completa. Estos resultados sugieren que posiblemente de acuerdo al cultivo se obtienen diferentes resultados y que en este estudio no se obtuvieron resultados positivos en la variable rendimiento pero sugiere el uso de la fertilización química asistida con biofertilizantes como una alternativa ecológicamente viable al reducir la cantidad de agroquímicos empleados.

En cuanto a la aplicación de fosfitos, tampoco se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) ni en las interacciones de fertilización y fosfitos. Resultados que contrastan con los obtenidos por Rickard (2000) los cuales indicaron que los fosfitos generan consistentes aumentos de rendimiento y calidad en diferentes cultivos. También, Stapleton et al. (2001) mencionan que una alta concentración de éstos en la planta favorece producción precoz y aumenta rendimientos, debido a que los fosfitos tienen un impacto positivo en los procesos fisiológicos en las plantas. Autores como Garbelotto et al. (2009); Lobato et al. (2008); Carmona et al. (2010) obtuvieron resultados de los fosfitos en las plantas como antifúngicos y no como nutrimentos o promotores de crecimiento, Hernández (2014) encontró que las plantas de pepino tratadas con fosfitos de potasio (Bio – Alexin 70) dieron mayor rendimiento en comparación con las que estaban tratadas con productos comerciales y plantas sin ninguna aplicación, además de no presentar ninguna clase de patógenos. Sin embargo las discrepancias encontradas, pueden explicarse que en esta investigación el ciclo de cultivo fue interrumpido por una fitopatología y la cosecha no fue prolongada al término de producción del cultivo, ya que presentó la enfermedad de cenicilla y se tuvo que destruir. A pesar de ello, se pudo observar que el mildiú vellosa no se presentó de manera abundante como ha sucedido en cultivos de cucurbitáceas anteriores en el mismo sitio, esto sugiere que los fosfitos de potasio pudieron tener un efecto protector contra el mildiú pero no contra la cenicilla.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización y uso de fosfitos sobre el rendimiento total (78 días después de la siembra) de plantas de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76.

Tratamiento	Rendimiento
	<i>(t.ha⁻¹)</i>
Fertilización	
100%	74.9± 2.7 a
50%	82.9± 3.8 a
Fosfitos	
CF	79.2± 3.8 a
SF	78.6± 03.4a
100% +SF	73.5± 3.8 a
100% + CF	76.4± 4.3 a
50% + SF	83.8± 5.0 a
50% + CF	82.1± 6.4 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2 Calidad de frutos y respuesta en poscosecha

6.2.1 Pérdida de peso

Las pérdidas de peso aumentaron con el tiempo de conservación (**Cuadro 6**) comportamiento lógico ya que según Fernández y Rivera (1990) y López (1992), una vez cosechado, el fruto depende únicamente de sus reservas, continúa viviendo, respira, transpira y está sujeto a continuos cambios que determinan la declinación de la calidad interna y externa. Este proceso de senescencia consiste esencialmente en una serie de eventos irreversibles que conducen a la desorganización celular y a la muerte de los tejidos, y depende de determinados factores biológicos y ambientales.

En esta variable hubo diferencia significativa, únicamente, a los 5 días de almacenamiento, las mayores pérdidas correspondieron a la aplicación de 50% N, registrando una pérdida de peso 1.8% más alta que en los pepinos provenientes de la aplicación convencional al 100% N. De acuerdo a esto el tipo de fertilización afectó negativamente la pérdida de peso del pepino

durante los primeros días de almacenamiento. La mayor pérdida de peso pudo deberse a una menor retención de agua causada por cambios en el epicarpio, por ejemplo, por una cutícula más delgada. Resultados diferentes han reportado en cultivo de tomate inoculado con *Bacillus subtilis*, donde Mena-Violante et al. (2009) menores pérdidas en peso. Posiblemente por ser cultivos diferentes no responden de la misma manera.

Al parecer, los biofertilizantes complementan la aplicación del nitrógeno por debajo de lo recomendado ya que las pérdidas de peso a los 10, 15 y 20 días no mostraron diferencias significativas lo que sugiere que la aplicación combinada de biofertilizantes y fertilización química puede ser una alternativa viable principalmente debido a la utilización de menores cantidades de fertilizantes nitrogenados. Resultados similares fueron obtenidos por Padilla et al. (2006), quienes no encontraron diferencias significativas en la pérdida de peso, en el cultivo de melón con fertilización convencional y biofertilizantes comerciales a base de hongos y bacterias. En este mismo sentido González, et al. (2011), no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de peso al evaluar el efecto de microorganismos benéficos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) durante el almacenamiento.

En cuanto a la aplicación de fosfitos y el recubrimiento no se presentaron diferencias estadísticamente significativas durante los 20 días de almacenamiento. Así como entre tratamientos (**Apéndice 3**). Resultados diferentes a los de Walter et al. (1990) que reportaron mayor pérdida de peso en tres cultivares de pepino (8%) sin película plástica que aquellos que fueron cubiertos con película plástica (1%) después de quince días de almacenamiento a 20 °C. Y Muy Rangel et al. (2004) reportan menores pérdidas de agua en frutos de pepino encerados a comparación a los no encerados los cuales registraron hasta un 16%, durante 14 días de almacenamiento a 24 ± 2 °C. En este estudio se obtuvo registro en el porcentaje de pérdida de peso similares (**Cuadro 6**) y con condiciones de temperaturas similares oscilando entre los 12 y 28 °C. En éste estudio el recubrimiento no pudo contrarrestar la pérdida de peso posiblemente a que no pudo crear una barrera física a los gases como el vapor de agua, O₂ y CO₂ (Ramos–García et al., 2010). No pudiendo evitar la pérdida de peso.

Kader (1987), menciona que la pérdida de peso es un factor limitante para la vida de anaquel de diversos productos frescos Moreno et al. (2013) refieren que el principal problema poscosecha del pepino es la pérdida de turgencia, causada por la pérdida de agua a través de la

transpiración y respiración del fruto; en consecuencia ocurre marchitamiento y pérdida de consistencia del fruto. Además. Ben-Yehoshua (1987) menciona que la calidad comercial de los pepinos demerita cuando los frutos alcanzan pérdidas de peso superiores a 5 %. Otros autores consideran que los síntomas de pérdida de agua en frutas y hortalizas llegan a ser evidentes cuando pierden entre 5 y el 10 % de su peso, debido principalmente a la transpiración y a las características estructurales de los tejidos (Ryall y Lipton, 1982). Los frutos de pepinos de este experimento sobrepasaron los parámetros descritos anteriormente al final del almacenamiento obteniendo una pérdida de peso de 15.0 a 18.8 %, pudiéndolo atribuir a una mayor transpiración debido a las oscilaciones de temperatura, ya que no estuvieron en condiciones controladas de almacenamiento y posiblemente al grosor ($14.7 \pm 2 \mu\text{m}$) del recubrimiento ya que es mucho menor que el utilizado por Ortíz (2013) el cual tenía un grosor de ($31 \pm 1 \mu\text{m}$) y obtuvo resultados positivos en la pérdida de peso. Tomando en cuenta que es otro cultivo y por lo consiguiente no se pueden obtener los mismos resultados.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el porcentaje de pérdida de peso en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	Pérdida de peso (%)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	4.9 \pm 0.39 b	10.2 \pm 0.31 a	18.9 \pm 2.82 a	15.5 \pm 0.74 a
50%	6.7 \pm 0.79 a	10.9 \pm 0.77 a	16.8 \pm 1.97 a	17.7 \pm 4.08 a
Fosfitos				
CF	5.3 \pm 0.20 a	10.9 \pm 0.81 a	17.3 \pm 1.02 a	15.0 \pm 0.73 a
SF	6.3 \pm 0.91 a	10.2 \pm 0.21 a	18.4 \pm 3.31 a	18.2 \pm 4.06 a
Recubrimiento				
CR	5.4 \pm 0.90 a	9.8 \pm 0.32 a	20.7 \pm 3.07 a	14.5 \pm 0.93 a
SR	6.2 \pm 0.25 a	11.3 \pm 0.72 a	15.0 \pm 1.22 a	18.8 \pm 3.98 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.2 Firmeza

La firmeza en los frutos está considerada como un buen indicador de la madurez y depende del estado de la fruta en el momento de recolección, la temperatura y forma de almacenamiento y puede relacionarse con el color externo (Valero y Ruíz 1996). La fuerza de penetración está relacionada con la firmeza de los frutos y durante el tiempo de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos fertilización y fosfitos los cuales alcanzaron valores similares como se observa en el (**Cuadro 7**). Autores como Padilla et al. (2006) encontraron resultados diferentes en el cultivo de melón con fertilización biológica comercial (hongos y bacterias) y fertilización convencional, obteniendo valores de 6.9 a 10.6 N. Estrada, (2010) encontró diferencias significativas en la firmeza de frutas de fresa en diferentes etapas de maduración, con diferentes dosis de fosfitos (H_2PO_3^-) suministrados a partir del ácido fosfónico, En este estudio la aplicación de biofertilizantes y fosfitos no afectaron la calidad física durante el almacenamiento de los frutos de pepino. No obstante, la firmeza se vio modificada a los días 5 y 15 de almacenamiento, en el tratamiento recubrimiento, donde se presentó diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$), presentando mayor firmeza los frutos sin recubrimiento, esta diferencia pudo deberse a que el recubrimiento pudo provocar pérdida de turgencia, la degradación del almidón y modificaciones químicas en la pared celular (Chen et al., 2011). Pero al final del almacenamiento ya no hubo diferencia estadísticamente significativa, Los resultados obtenidos aquí difieren a los reportados por Muy Rangel et al. (2004) quienes registraron pérdida de firmeza en frutos de pepino sin encerar a los 4 días de almacenamiento y en los encerados a los 8 días, durante un periodo de almacenamiento de 12 días y en cámaras con diferentes condiciones de déficit de presión de vapor. La diferencia con los resultados de este estudio se podría deber a que la cera utilizada crea una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua, lo que reduce la velocidad de respiración y la deshidratación de los productos recubiertos (Gómez, 2011)

De acuerdo a Walter et al. (1990) La pérdida de firmeza en frutos de pepino 'Pickle' se caracteriza por el desarrollo de tejido esponjoso y menor turgencia, debido a la pérdida de agua de las células por la transpiración. También mencionan, que el estrés hídrico de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.), almacenados a 62 % HR y 15.5 °C, afectó la firmeza e indujo el desarrollo de tejido esponjoso así como presencia de células colapsadas en el mesocarpio.

Dichos cambios se relacionaron con la pérdida de adhesión intercelular y de turgencia por efecto de modificaciones en los componentes de la pared celular y citoplasma, respectivamente (Shackel et al., 1991; Waldron et al., 2003). Esto pudo ocurrir en el comportamiento de la firmeza al final del periodo de almacenamiento en los frutos de este estudio ya que estuvieron expuestos a temperatura ambiente (humedad relativa de 45 a 82 % y temperatura de 12 a 28 °C). En las interacciones entre los tratamientos: fertilización, fosfitos y recubrimiento no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) durante el periodo de almacenamiento (**Apéndice 4**). Los cambios en la firmeza al día 5 y 15 posiblemente se debe a que el etileno en frutos no climatéricos como el pepino, simplemente aumenta la velocidad de respiración y acelera un proceso de maduración ya iniciado por la fruta misma. y el recubrimiento ayudó a este proceso (FAO,1989).

Cuadro 7. *Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la firmeza en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.*

Firmeza (Resistencia a la penetración kg)				
Tratamiento	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	4.8 \pm 0.11 a	4.2 \pm 0.21 a	3.9 \pm 0.22 a	3.9 \pm 0.20 a
50%	4.8 \pm 0.07 a	4.1 \pm 0.18 a	3.7 \pm 0.23 a	4.1 \pm 0.24 a
Fosfitos				
CF	4.8 \pm 0.10 a	4.0 \pm 0.16 a	3.6 \pm 0.19 a	3.8 \pm 0.22 a
SF	4.8 \pm 0.09 a	4.3 \pm 0.23 a	3.9 \pm 0.25 a	4.2 \pm 0.21 a
Recubrimiento				
CR	4.6 \pm 0.12 a	4.0 \pm 0.25 a	3.3 \pm 0.23 a	3.6 \pm 0.23 a
SR	5.0 \pm 0.00 b	4.3 \pm 0.10 a	4.3 \pm 0.13 b	4.4 \pm 0.17 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.3 Sólidos solubles totales

Los valores encontrados en los sólidos solubles totales (SST) medidos en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), de los frutos de pepino se vieron afectados a los días 5 y 10 de almacenamiento, por el tipo de fertilización; donde la fertilización convencional al 100% registró mayor contenido de sólidos solubles totales en comparación con el de 50% N+ biofertilizantes (**Cuadro 8**). Tal vez porque tuvo una mayor acumulación inicial de azúcares facilitada por la nutrición mineral. Sin embargo, esta concentración disminuyó hacia los días 15 y 20 de conservación en el tratamiento convencional de N, mientras que los pepinos procedentes del tratamiento con biofertilizantes fueron capaces de mantener la concentración de SST a lo largo del periodo de almacenamiento. Estos resultados contrastan con los reportados para otros cultivos como los de Hernández et al. (2002) quienes obtuvieron valores mayores de SST pero en frutos de tomate con una fertilización de 50% de N + biofertilizantes (rizobacterias) que los que fueron obtenidos con dosis de 50 y 100% de N, durante un periodo de almacenamiento de 20 días.

En cuanto a la aplicación de fosfitos, los pepinos tratados con y sin fosfitos no mostraron diferencias estadísticamente significativas durante todo el periodo de almacenamiento en el contenido de SST. Sin embargo, en cuanto al recubrimiento se refiere, al día 10 los frutos presentaron diferencia estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) obteniendo mayor contenido de SST los frutos con recubrimiento en comparación con los sin recubrimiento (**Cuadro 8**). Quizás este comportamiento se debe a que durante el almacenamiento los pepinos sin recubrimiento presentaron mayor respiración, ya que González (2011) menciona que durante el período de poscosecha aumenta la respiración y por ende hay consumo de reservas de los azúcares, ácidos orgánicos y proteínas. Cortés et al. (2011) reportaron valores similares de 3.3 grados Brix en pepino fresco cv. Cohombro. Muy Rangel et al. (2004) reportaron valores de 2.5 a 4.0 de grados Brix en frutos de pepino cv. Conquistador. Por su parte Moreno et al. (2013) encontraron valores mayores de SST en pepinos protegidos con cubierta plástica durante 15 días de almacenamiento que en pepinos sin cubierta plástica. El comportamiento de los valores de SST ($^{\circ}$ Brix) en los frutos de pepino de este estudio no aumentaron porque de acuerdo Azcón y Talón (2003), mencionan que la acumulación de azúcares en frutos no climatéricos, ocurre durante la etapa de crecimiento, no experimentando cambios significativos durante la maduración, como sucede con los frutos climatéricos. Los pepinos son frutos no climatéricos (Suslow y Cantwell, 1997) que se caracterizan por presentar valores

bajos de grados Brix una vez recolectados (Musmade y Desai, 1998), pero si disminuyeron ligeramente posiblemente debido al consumo de los azúcares durante la respiración y otras actividades metabólicas (Cagatay et al., 2002), las cuales incrementan por el estrés que se presenta en los frutos después de la cosecha (Burg y Burg, 1965), las cuales son mayores en condiciones no controladas.

Cuadro 8. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	SST(°Brix)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	4.0± 0.11 a	4.0± 0.10 a	3.6± 0.19 a	3.4± 0.21 a
50%	3.6± 0.08 b	3.3± 0.10 b	3.8± 0.10 a	3.4± 0.15 a
Fosfitos				
CF	3.8± 0.12 a	3.7± 0.10 a	3.7± 0.15 a	3.3± 0.16 a
SF	3.9± 0.09 a	3.5± 0.15 a	3.7± 0.16 a	3.5± 0.19 a
Recubrimiento				
CR	3.7± 0.09 a	3.7± 0.11 a	3.6± 0.15 a	3.5± 0.17 a
SR	3.9± 0.08 a	3.4± 0.16 b	3.8± 0.16 a	3.3± 0.18 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Al inicio del almacenamiento los tratamientos muestran que el contenido de sólidos solubles totales (SST) resultó afectado por la fertilización, la aplicación de fosfitos y uso de recubrimiento (**Cuadro 9**), registrando mayor contenido de SST en el tratamiento 100%, sin fosfitos y sin recubrimiento. Sin embargo, conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento el comportamiento no fue el mismo, atribuyendo los cambios significativos principalmente al efecto del recubrimiento debido a que los frutos sin recubrir mostraron mayores irregularidades. Este comportamiento irregular se debe principalmente a que el pepino es un

fruto no climatérico en los cuales, la acumulación de azúcares ocurre en la etapa de crecimiento (Azcón y Talón, 2003) y que se caracterizan por tener valores bajos de grados Brix una vez recolectados (Musmade y Desai, 1998). Cortés et al. (2011), reportaron valores de 3.3 grados Brix en pepino fresco cv. Cohombro. Muy Rangel et al. (2004) reportaron valores de 2.5 a 4 de grados Brix en frutos de pepino cv. Conquistador y Moreno et al. (2013) reportaron valores de 2.6 a 4.1 grados Brix en variedades Zapata, Constable y Líder.

En el presente estudio, se presentaron valores semejantes a los reportados por los autores antes mencionados, en el intervalo de 2.7 a 4.2 grados Brix. Tras la recolección, la respiración y transpiración del fruto continúan, es por ello que se atribuye que al final del almacenamiento (Día 20), la mayoría de los tratamientos con frutos sin recubrir mostraron mayor descenso en los valores, lo cual puede estar relacionado a los cambios en la velocidad respiratoria y por consiguiente la degradación oxidativa de los azúcares (Wills et al., 1998). Estos resultados coinciden con los encontrados por Ramos et al. (2014), quienes encontraron valores más altos de SST en frutos de tomate recubiertos con el látex P(VAc-co-VA) comparados con los frutos sin recubrimiento, durante un periodo de almacenamiento de 14 días.

Cuadro 9. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	SST(°Brix)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+CR	3.8± 0.14 a	4.2± 0.15 a	3.3± 0.51 ab	3.0± 0.29 ab
100%+CF+SR	3.8± 0.43 a	3.4± 0.06 bcd	4.1± 0.21 ab	4.0± 0.25 ab
100%+SF+CR	4.1± 0.09 a	3.9± 0.22 abc	4.2± 0.08 a	4.2± 0.34 a
100%+SF+SR	4.2 ± 0.11 a	4.1± 0.07 ab	3.0± 0.30 b	2.7± 0.29 b
50%+CF+CR	3.4± 0.16 a	3.6± 0.14 abc	3.5± 0.1887 ab	3.2± 0.31 ab
50%+CF+SR	4.0± 0.16 a	3.5± 0.14 bc	3.9± 0.12 ab	3.1± 0.32 ab
50%+SF+CR	3.4± 0.04 a	3.2± 0.10 cd	3.6± 0.11 ab	3.8± 0.18 ab
50%+SF+SR	3.7± 0.12 a	2.8± 0.20 d	4.2± 0.24 a	3.6± 0.38 ab

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.4 pH

En el **Cuadro 10** se presentan los resultados de las evaluaciones de pH durante el estudio, mostrando que no hubo diferencia estadística entre tratamientos en cuanto a la fertilización. Conforme transcurrieron los días se observó un comportamiento similar en ambos tratamientos lo que sugiere que la inclusión de biofertilizantes en la nutrición del cultivo puede ser una alternativa ecológicamente viable debido al uso de fertilizantes nitrogenados en menores cantidades. Por su parte Hernández-Fuentes (2010) encontró valores de pH estadísticamente iguales en frutos de pimiento morrón fertilizados con fórmula convencional de NPK y diferentes dosis de lombrihumus. Hernández et al. (2002) encontraron que una dosis de mayor contenido de N en comparación con una dosis menor produjo mayor valor de pH en poscosecha en el cultivo de tomate, al inicio del almacenamiento. Pero al final no mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación a frutos tratados con biofertilizantes (rizobacterias y hongos micorrícicos). En cuanto al tratamiento con fosfitos a los días 5 y 20 sí se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) siendo siempre mayor el pH de los frutos a los que no se les aplicó fosfitos de potasio (**Cuadro 10**). Resultados diferentes a los encontrados por (Estrada, 2010) en frutos de fresa, en donde reportó menor pH en los frutos que se le aplicaron mayor cantidad de fosfitos.

El recubrimiento registró diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) en los cuales los frutos con recubrimiento a lo largo del almacenamiento mantuvieron mayor pH (**Cuadro 10**). El pH de los frutos se encuentra relacionado con la síntesis de ácidos orgánicos, en el caso de las hortalizas almacenadas se ha descrito un comportamiento general que al disminuir la acidez, consecuentemente aumentan los valores de pH (Salunkhe et al., 1991), Resultados que coinciden con los resultados promedios de ensayos realizados por Domene y Segura (2014) en cucurbitáceas como sandía con valores de pH de 5.3-5.68 y de acidez titulable de 0.09-0.1 y en el caso del cultivo de melón con valores de Ph de 5.64-6.21 y de acidez titulable de 0.07-0.12. En los frutos sin recubrimiento el pH mantuvo un intervalo similar a los valores encontrados por Moreno et al. (2013) de 5.6 a 6.0 en tres cultivares de pepino sin película plástica. lo cual coincide con los valores de acidez titulable del experimento, que de acuerdo a Niedziela et al. (1993) menor pH en tomate (*Solanum lycopersicum*) es menor calidad. Sin embargo de acuerdo a Domene y Segura (2014) niveles más bajos de pH permiten una vida de anaquel más amplia. Con esto probablemente puede decirse que los frutos de pepino con

recubrimiento posiblemente tengan mayor calidad pero menos vida de anaquel y que el descenso en el pH en los frutos sin película plástica se deba probablemente a la respiración (Moreno et al., 2013).

Cuadro 10. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el pH en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	pH			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	5.9± 0.05 a	6.1± 0.08 a	5.8± 0.11 a	6.0± 0.11 a
50%	6.0± 0.06 a	6.0± 0.08 a	5.8± 0.13 a	5.9± 0.09 a
Fosfitos				
CF	5.9± 0.05 b	6.0± 0.08 a	5.9± 0.12 a	5.9± 0.10 b
SF	6.0± 0.07 a	6.0± 0.08 a	5.7± 0.12 a	6.0± 0.10 a
Recubrimiento				
CR	6.1± 0.04 a	6.3± 0.03 a	6.1± 0.11 a	6.3± 0.08 a
SR	5.8± 0.03 b	5.7± 0.03 b	5.5± 0.06 b	5.6± 0.04 b

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

El comportamiento del pH en la interacción entre los tratamientos estuvo muy marcado, ya que durante los 20 días de almacenamiento se registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, fertilización, fosfitos y recubrimiento. Hubo un comportamiento similar a resultados de Moreno et al. (2013), registrando un descenso del pH a los 3 días de almacenamiento y un aumento a los 6 días, atribuyendo que el descenso puede ser resultado de la acumulación de ácidos orgánicos que van a determinar el sabor final del pepino y el aumento se deba probablemente al alcance de la maduración, en este estudio dicho comportamiento se registró a los días 15 y 20 de almacenamiento (**Cuadro 11**). Los valores más altos en el pH, se interpreta como mayor calidad del fruto (Niedziela et al., 1993). El valor más alto de pH de los frutos de pepino en las interacciones de los tratamientos, puede atribuirse al efecto del recubrimiento ya que los frutos con recubrimiento son los que presentaron mayor valor en el pH. Tucker, (1993) menciona que el pH se comporta de acuerdo

a la variación en la acidez titulable, ya que aumenta cuando la acidez desciende y viceversa, lo cual ha sido reportado para algunos frutos. Por lo tanto la disminución ó aumento en pH de los frutos, se atribuye al menor ó mayor contenido de ácidos orgánicos presentes en forma ionizada en el tejido vegetal (Salisbury y Ross, 1994). Y en los frutos de pepino de este estudio presentaron valores bajos de acidez titulable los frutos sin recubrimiento.

Cuadro 11. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el pH en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	pH			
	Día 5	Día 10	Día15	Día 20
100%+CF+CR	6.1± 0.02 ab	6.4± 0.05 a	6.2± 0.20 ab	6.4± 0.10 a
100%+CF+SR	5.8± 0.03 c	5.7± 0.03 b	5.8± 0.20 ab	5.6± 0.13 c
100%+SF+CR	6.2± 0.04 ab	6.3± 0.07 a	5.9± 0.31 ab	6.3± 0.15 ab
100%+SF+SR	5.7± 0.01 c	5.8± 0.10 b	5.5± 0.07 b	5.6± 0.08 c
50%+CF+CR	6.0± 0.01 bc	6.3± 0.03 a	6.4± 0.04 a	6.0± 0.20 abc
50%+CF+SR	5.7± 0.07 c	5.7± 0.07 b	5.3± 0.06 b	5.6± 0.03 c
50%+SF+CR	6.3± 0.12 a	6.3± 0.06 a	6.2± 0.25 ab	6.4± 0.08 a
50%+SF+SR	5.9± 0.07 bc	5.7± 0.03 b	5.4± 0.04 b	5.8± 0.06 bc

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.5 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico es uno de los nutrientes más relacionado con las hortalizas y frutas. Como esta vitamina es sensible a la oxidación química y enzimática, así como soluble en agua, ella es utilizada como indicador en el control de la calidad (Favell, 1998; Arroqui et al., 2001).

En el contenido de ácido ascórbico, el análisis estadístico no determinó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos; fertilización y fosfitos pero si recubrimiento en el día 5 de almacenamiento, donde los frutos con recubrimiento presentaron mayor cantidad de ácido ascórbico comparado con los frutos sin recubrimiento. La cantidad de ácido ascórbico permaneció entre los valores de 1.4 a 2.1 ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) durante el almacenamiento como se observa en el (Cuadro 12) valores muy diferentes a los encontrados por Ayala (2003) de 29.7 mg 100g en pepino dulce. González (2011) menciona que el ácido ascórbico aumenta durante

la maduración y disminuye durante la conservación en las frutas y hortalizas. Esto quiere decir que en éste estudio no se registraron cambios significativos debido a que el pepino no siguió madurando durante el almacenamiento. Y no se vio reflejada en la calidad nutricional de los frutos al final del almacenamiento. Con respecto a esto Kader, (1992) Menciona que la disminución de vitamina C, es perjudicial a la calidad nutricional de los frutos y según Shewfelt, (1990) temperaturas inferiores a 20°C aumentan el contenido de vitamina C y las del grupo B dependiendo del cultivo, mientras que en contraste, el tomate acumula el máximo almacenado entre 27 y 30 °C.

Cuadro 12. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el ácido ascórbico en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	Ácido Ascórbico (mg 100g ⁻¹)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	1.5± 0.26 a	1.7± 0.30 a	1.7± 0.30 a	1.5± 0.26 a
50%	2.0± 0.35 a	1.4± 0.24 a	1.6± 0.28 a	1.7± 0.30 a
Fosfitos				
CF	1.9± 0.33 a	1.6± 0.28 a	1.7± 0.30 a	1.6± 0.28 a
SF	1.7± 0.30 a	1.6± 0.28 a	1.7± 0.30 a	1.7± 0.30 a
Recubrimiento				
CR	2.1± 0.37 a	1.6± 0.28 a	1.6± 0.28 a	1.6± 0.28 a
SR	1.5± 0.26 b	1.6± 0.28 a	1.7± 0.30 a	1.7± 0.30 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

En los tratamientos solo se observa diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en la fecha 10, el tratamiento con fertilización 100% convencional+CF+CR registró mayor contenido de ácido ascórbico sobre la fertilización 50 %N+CF+CR. Esto quiere decir que solo afectó el contenido de ácido ascórbico el tipo de fertilización. Al finalizar el periodo de

almacenamiento en los tratamientos no afectaron el contenido de vitamina C, pero se observó una disminución en algunos tratamientos quizás debido a las altas temperaturas que oscilaban en el lugar de almacenamiento (**Cuadro 13**).

cuadro 13. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el ácido ascórbico en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	Ácido Ascórbico (mg 100g ⁻¹)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+CR	2.2± 0.38 a	2.0± 0.35 b	2.1± 0.37 a	1.5± 0.26 a
100%+CF+SR	1.3± 0.22 a	1.6± 0.28 ab	1.5± 0.26 a	1.5± 0.26 a
100%+SF+CR	1.6± 0.28 a	1.7± 0.30 ab	1.2± 0.21 a	1.3± 0.22 a
100%+SF+SR	1.1± 0.19 a	1.5± 0.26 ab	2.1± 0.37 a	1.7± 0.30 a
50%+CF+CR	2.5± 0.44 a	0.9± 0.15 a	1.7± 0.30 a	1.5± 0.26 a
50%+CF+SR	1.4± 0.24 a	1.7± 0.30 ab	1.4± 0.24 a	1.7± 0.30 a
50%+SF+CR	1.9± 0.33 a	1.7± 0.30 ab	1.4± 0.24 a	2.0± 0.30 a
50%+SF+SR	2.2± 0.38 a	1.4± 0.24 ab	1.9± 0.33 a	1.7± 0.30 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.6 Análisis de la pectina

La pectina es un tipo de fibra soluble en agua que se encuentra formando parte de la pared celular y lámina media en los tejidos vegetales (Ninomiya, 2011) las cuales desempeñan por lo tanto un papel muy importante en la consistencia de la fruta (López et al., 2010). Dentro de los procesos que afectan la textura de los frutos durante su maduración a senescencia, encontramos a la despolimerización de las sustancias pécticas que provoca el ablandamiento de los tejidos por el incremento de la actividad enzimática en la maduración (Sañudo *et al.*, 2008). Durante el almacenamiento no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) en el contenido de pectinas entre los tratamientos; fertilización, fosfitos y recubrimiento (**Cuadro 14**), así como en la interacción entre tratamientos (**Apéndice 5**). En

general el contenido de pectinas disminuyó durante el periodo de almacenamiento posiblemente, debido a la poca actividad de la enzima poligalacturonasa (PG); enzima asociada a la maduración del fruto, el sitio principal de su actividad es la laminilla media (Rattanapanone et al., 1978; Tucker y Grieson, 1982) ya que durante la maduración de los frutos, se han observado grandes cambios en la fracción péptica de la pared celular; atribuidos a la acción de las PGs que de acuerdo al sitio de la cadena en que ejercen su acción se pueden clasificar en endopoligalacturonasa y exopoligalacturonasas, las cuales catalizan la hidrólisis de los endo y exo enlaces α -(1→4) de las cadenas de galacturónidos, correlacionándose con un incremento en el contenido de las pectinas solubles y con ello el ablandamiento que sufren los frutos durante la maduración (Fischer y Bennett, 1991). Con esto se puede explicar a que los incrementos en el contenidos de las sustancias pépticas que se observaron en frutos con fertilización 50% N, sin fosfitos y sin recubrimiento, fueron los que presentaron mayor ablandamiento. Ortiz, (2013) tampoco obtuvo diferencias significativas en el contenido de pectinas en el cultivo de pimiento, con dos tipos de fertilización y uso del recubrimiento de P(VAc-co-VA).

Cuadro 14. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre las pectinas en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	Pectinas (mg 100g ⁻¹)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	241.2± 0.03 a	175.5± 0.02 a	201.5± 0.01 a	218.1± 0.02 a
50%	178.5± 0.01 a	201.4± 0.02 a	246.9± 0.03 a	228.1± 0.03 a
Fosfitos				
CF	224.9± 0.02 a	210.5± 0.02 a	250.1± 0.02 a	215.8± 0.02 a
SF	194.9± 0.02 a	166.5± 0.01 a	198.2± 0.02 a	231.2± 0.02 a
Recubrimiento				
CR	222.0± 0.07 a	201.5± 0.07 a	229.8± 0.07 a	216.6± 0.06 a
SR	197.7± 0.09 a	175.4± 0.06 a	218.6± 0.10 a	230.4± 0.09 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.2.7 Acidez titulable

Los ácidos orgánicos son esenciales para el mantenimiento del balance azúcar/ácido en frutos y pueden ser considerados como una reserva energética ya que normalmente son degradados y convertidos a azúcares durante la maduración (Echeverry y Castellanos, 2002). En el presente estudio solo hubo diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) en los días 5 y 20 de almacenamiento. En cuanto al tipo de fertilización, la fertilización 100% convencional registró el mayor contenido de ácido cítrico en el día 20 como se observa en el (**Cuadro 15**), tales resultados contrastan los efectos producidos por biofertilizantes en el cultivo de melón reportados por Padilla et al., (2006). La mayor concentración de ácido cítrico en frutos de plantas fertilizadas 100% con N sintético pudo deberse a que este tipo de fertilización Permitió prolongar la integridad del fruto hacia las etapas finales del experimento.

Para el caso de los frutos de plantas tratadas con fosfitos no se observó ningún efecto en comparación con los frutos provenientes de plantas no asperjadas.

Con respecto al recubrimiento el mayor contenido de ácido cítrico se observó en los frutos sin recubrimiento (**Cuadro 15**), lo cual coincide con un menor pH. Resultados similares a los de Moreno et al., (2013) con pepinos sin película plástica donde registró el mayor contenido de ácido cítrico (0.071 %). Hernández et al. (2002) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de acidez titulable pero en frutos de pimiento con fertilización química vs biológica, y protegidos con bolsas de polietileno durante un periodo de almacenamiento de 30 días. Esta diferencia entre resultados podría atribuirse a la diferencia entre cultivos y a condiciones diferentes entre experimentos.

En cuanto a la interacción de los factores de los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) (**Apéndice 6**).

Cuadro 15. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la acidez titulable en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	A.T (% A.C)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Fertilización				
100%	0.031± 0.005 a	0.029± 0.004 a	0.030± 0.004 a	0.036± 0.004 a
50%	0.038± 0.008 a	0.028± 0.004 a	0.030± 0.003 a	0.023± 0.004 b
Fosfitos				
CF	0.039± 0.009 a	0.031± 0.004 a	0.031± 0.004a	0.031± 0.004 a
SF	0.031± 0.004 a	0.026± 0.004 a	0.029± 0.004 a	0.028± 0.004 a
Recubrimiento				
CR	0.025± 0.003 b	0.025± 0.003 a	0.027± 0.0036 a	0.027± 0.003 a
SR	0.045± 0.009 a	0.031± 0.004 a	0.033± 0.0051 a	0.033± 0.005 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

6.3 Espesor del recubrimiento P(VAc-co-VA) en el fruto

Según las mediciones del recubrimiento P(VAc-co-VA) en los frutos de pepino, la película formada tuvo un espesor promedio de $14.7 \pm 2 \mu\text{m}$ (**Figura 2**). Ortíz (2013) obtuvo un grosor de $31 \pm 1 \mu\text{m}$ del recubrimiento de P(VAc-co-VA) en frutos de pimiento cv. Aristotle.

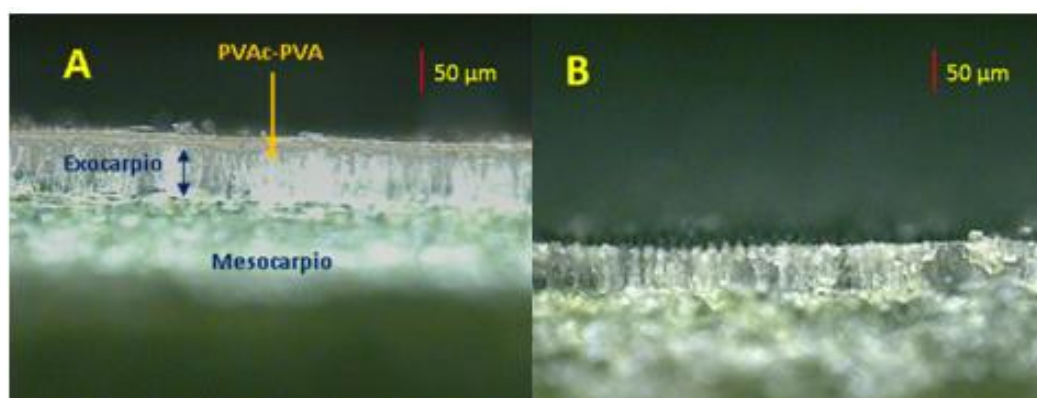


Figura 2. Micrografía de una sección transversal del pericarpio del fruto de pepino, recubierto (A); no recubierto (B).

El espesor de la película generada por el látex de P(VAc-co-VA) obtenido en este experimento pudo ser una de las razones por las cuales el recubrimiento no tuvo el desempeño esperado durante la poscosecha. Principalmente en lo que respecta a la protección del fruto contra la pérdida de agua (pérdida de peso). El espesor del recubrimiento es un factor fundamental a considerar en la resistencia que puede presentar dicho material para el intercambio gaseoso (vapor de agua) influyendo de manera directamente proporcional al potencial matricial e inversamente proporcional a la conductividad del agua (Baldwin et al., 2011).

6.4 Comportamiento general de las variables de calidad de pepino durante la poscosecha.

En las **Figuras 3 y 4** se puede observar el comportamiento de las variables de poscosecha durante el periodo de almacenamiento, donde las variables como el pH, ácido ascórbico, firmeza, sólidos solubles totales y pectinas mantuvieron un comportamiento sostenido a lo largo del periodo de almacenamiento desde el inicio hasta el final. Este comportamiento, se observó tanto en frutos recubiertos como no recubiertos y coincide de manera general con el comportamiento de un fruto no climatérico. Sin embargo, la acidez titulable presentó un descenso de concentración en los frutos no recubiertos el día 10. Posiblemente se vió afectada por la temperatura de acuerdo a García (2003) que durante el almacenamiento, los cambios en acidez puede variar de acuerdo con la madurez y temperatura de almacenamiento. El porcentaje de pérdida de peso del fruto mantuvo un crecimiento de forma lineal, teniendo un mayor porcentaje hacia el día 15 donde se detuvo en el tratamiento de pepinos con recubrimiento, mientras que los frutos sin recubrimiento con la pérdida de peso hacia el día 20.

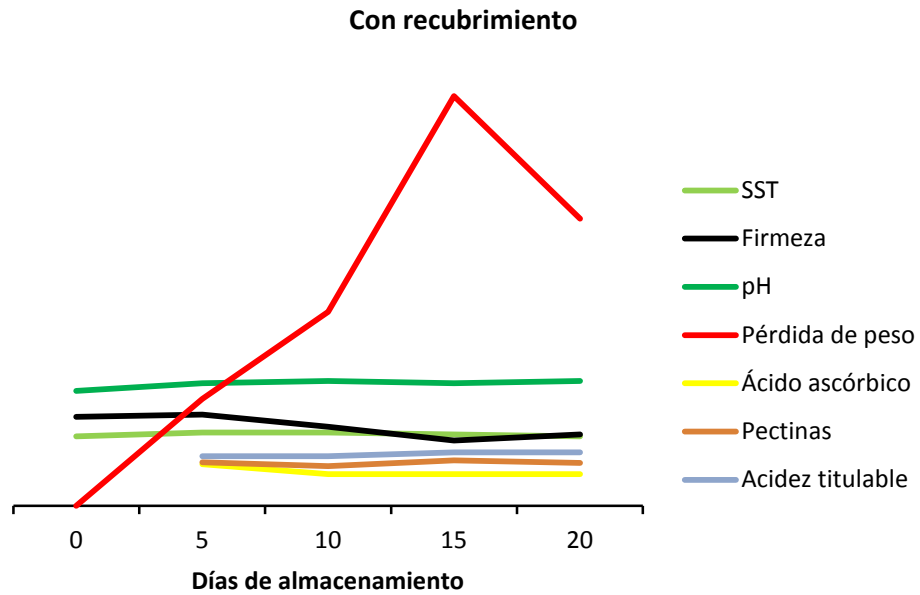


Figura 3. Comportamiento general de las variables de calidad poscosecha en frutos de pepino var. Dasher II+ Poinsett 76 con recubrimiento P(VAc-co-VA) almacenados a temperatura ambiente.

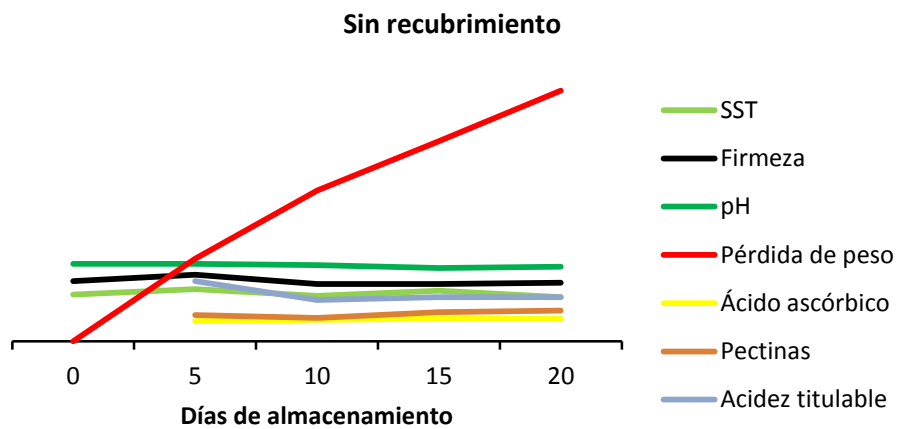


Figura 4. Comportamiento general de las variables de calidad poscosecha en frutos de pepino var. Dasher II + Poinsett 76 sin recubrimiento almacenados a temperatura ambiente.

VII. CONCLUSIONES

En el ciclo de cultivo estudiado, el pepino respondió favorablemente a la fertilización 50% N + la aplicación de biofertilizantes, porque mostró rendimiento similar a la de la fertilización 100% convencional. Aun cuando el ciclo del cultivo haya sido detenido. En cuanto a la aplicación de fosfitos de potasio, esta no provocó diferencias en el rendimiento comparada con la no aplicación de los mismos.

La fertilización biológica con fertilización 50% N convencional más biofertilizantes tuvo un efecto similar en la calidad y vida de anaquel en el fruto de pepino que la fertilización 100% convencional de N, ya que pudo igualar la calidad en las variables físicas y químicas, excepto en la variable acidez titulable hacia el final del experimento.

La aplicación de fosfitos de potasio no tuvo efecto en las variables de calidad, Esto quiere decir que la aplicación de fosfitos de K no puso en riesgo las propiedades y calidad de los frutos de pepino.

El recubrimiento de P(VAc-co-VA) solo tuvo efecto positivo en la variable pH.

En las interacciones se puede observar que en las variables de calidad de poscosecha, el recubrimiento fue quien marcó diferencia en los SST, y pH, por lo tanto la aplicación de biofertilizantes y fosfitos durante el desarrollo del cultivo, y aplicación de recubrimiento en poscosecha solo mejoran algunas variables de calidad del pepino.

VIII. PERSPECTIVAS

En ésta investigación se obtuvieron resultados confiables y satisfactorios, no obstante, entre las perspectivas a tomar en cuenta para investigaciones futuras, se consideran que durante la fase de desarrollo del cultivo se necesita realizar más mediciones de variables que puedan servir como control para poder obtener los resultados a los cuales se pretende llegar. Y medir todos los parámetros a considerar en el lugar del establecimiento del experimento para poder discutir si intervienen en los resultados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesemoye, A.; Kloepper, J. (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer use efficiency. *Applied Microb. Biotechnology*. 85: 1-12.
- Aguilar, M. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Coordinación General de Postgrados e Investigación. México D.F., México. 112.
- Alarcón, A. 2009. Evaluación de la aplicación de micorrizas arbusculares y *Azotobacter* sobre el crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis para optar por el título académico de Master en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba. 81p.
- Alvarado, L. 2011. Síntesis de poliacetato de vinilo mediante polimerización en heterofase para aplicación en el cubrimiento de frutas. Tesis Ingeniería, 39. Instituto Tecnológico de Durango.
- Álvarez-Hernández, J.; Venegas.-Flores, S.; Soto-Ayala, C.; Chávez-Vargas A.; Zavala-Sánchez L. (2011.). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México.
- Arroqui, C^a.; Rumsey, R^b.; Lopez, A^c.; Virseda, P^a. (2001). Effect of different soluble solids in the water on the ascorbic acid losses during water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering*. 47(2): : 123-126.
- Ashraf, A.; Zaheer, A.; Malik, A.; Ali, Q.; Rasool, M (2013). Plant growth promoting rhizobacteria and sustainable agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research*. 7(9): 704-709.

- AYALA, G. (2003). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. Raíces Andinas - Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Universidad Nacional de San Marcos. Lima. Perú.1-12.
- Avena-Bustillos, J. y Krochta, J. (1993). Water vapor permeability of caseinatebased edible films as affected by pH calcium crosslinking and lipid concentration. *J. Food Science*. 58(4): 904-907.
- Avena-Bustillos, J.; Saltveit, E. (1997). Water vapour resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. *Journal of Food Science*. 62: 351-354.
- Ayranci, E. T., S. (2003). A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*. 80: 423-431.
- Azcon, J. T., M. (2003). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2ª (Ed.). McGraw-Hill. México, D. F.: 651.
- Bailey, L. B., M.; Längle, T. (2009). "Social and economic drivers shaping the future of biological control: A Canadian perspective on the factors affecting the development and use of microbial biopesticides." *Biol. Control*. 52: 221-229.
- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R.; Bai, J. (Eds.). (2011). *Edible coatings and films to improve food quality*. CRC Press. 460.
- Bashan de, L. H., G.; Glick, B. R.; Bashan, Y. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. en *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo*. (Eds) Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A. Trillas, México. 177-224.

- Bashan, Y. H., G.; De Bashan, L. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. *Canadian Journal of Microbiology*. 50: 521–577.
- Bashan Y. 1993. Potencial use of *Azospirillum* as biofertilizer. *Turrialba* 23 (4): 286-291.
- Bastelaere, E. (1996). Isolation and characterization of plant inducible genes in *Azospirillum brasilense* sp 7. *Disertaciones de Agriculture*. 5: 35-50.
- Bautista, S. H., A.; Velásquez, M.; Hernández, M.; Ait, E. y Bosquez, M.E. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*. 25 (2): 108-118.
- Ben-Yehoshua, S. (1987). Transpiration, water stress, and gas exchange. In: *Postharvest Physiology of Vegetables*. J Weichmann (ed). Marcel Dekker, Inc. New York: 113-138.
- Bravin, B. P., D.; Sensidoni, A (2006). Development and application of polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*. 76: 280-290.
- Brownleader, M. J., P.; Mobasheri, A.; Pantelides, A.; Sumar, S.; Trevan, M.; Dey, P. (1999). Molecular aspects of cell wall modification during fruit ripening. *Critical Review in Food Science*. 39(2):: 149-164.
- Burg, P. B., A. (1965). Ethylene action and the ripening of fruits. *Science*. 148: 1190-1196.
- Cabrera, J. P., C.; Urday, E.; Santiago, J. (2007). Preparación y caracterización de películas de alcohol polivinílico conteniendo nanopartículas de TiO₂. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 8(4): 323-332.

- Camirand, W. K., J.; Pavlath, A.; Wong, D.; Cole, M (1992). Properties of some edible carbohydrate polymer coatings for potential use in osmotic dehydration. *Carbohydrate polymers*. 17: 39-49.
- Canales-López, B. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*. 17(3): 271-276.
- Carey, F. A. (2003). *Organic Chemistry*, 5th Edition. McGraw – Hill, Boston. 759 - 761.
- Carmona, M. F., N.; Scandiani, M (2010). *Manual Mancha Ojo de Rana*. Ed. Horizonte A. Buenos Aires, Argentina. 48.
- Carmona, M. S., F. (2011). Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. *Actas Simposio Fertilizar*. Rosario. Argentina. 1-20.
- Carvajal S.; Mera, C. (2010). Fertilización biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*. 5(2): 77-96.
- Cervera, M.; Cautín, R.; Jeria, G. (2007). Evaluación del fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de *Phytophthora cinnamomi* en paltos (*Persea Americana* Mill) cv. hass plantados en contenedor. *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate)*. Viña Del Mar, Chile. ISBN No 978-956-17-0413-8. : 1-8.
- Chen, F. L., H.; Yang, H.; Lai, S.; Cheng, X.; Xin, Y.; Yang, B.; Hou, H.; Yao, Y.; Zhang, S.; Bu, G.; Deng, Y (2011). Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chemistry*. 126: 450-459.

- Chiellini, E. C., A.; Solaro, R. (1999). Biodegradation of poly(vinyl alcohol) based blown film under different environmental conditions. *Polymer Degradation and Stability*. 64: 305-312.
- Chien, W. L., Q (1997). Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biol. Technology*. 10(3): 195-200.
- Chirinos J.; Leal, A. M., J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del estado Anzoátegui. *Revista Digital Ceniap*. 11: 11-17.
- Chitarra, F. C., A (1990). Pos-colheita de frutas e hortaliças. *Fisiologia e manuseio*. 293.
- Cooley, D. (2009). Chapter 8: Biorational approaches to disease management in apple. *Biorational tree-fruit pest management*. Aluja, M., Leskey, T.C. and Vincent, C. (eds.). CAB Int., UK.: 214-252.
- Copetta, A. B., L.; Bertolone, E.; Berta, G (2011). Fruit production and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) are affected by green compost and arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101(3): 106-115.
- Cortés, J. R., E (2011). Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 9(1)(24-34).
- Cortez-Mazatán, G. V.-A., L.; Lira-Saldivar, R.; Peralta-Rodríguez, R. (2011). Polyvinyl acetate an edible coating for fruits. Effect on selected physiological and quality characteristics of tomato. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(1): 15-22.
- Coscaturca, A. (1995). Genetic studies on the auxin hypothesis in the *Azospirillum*/plant interaction. *Dissertationes de Agriculture*. 275: 1-25.

- Crisosto, H. M., G (2007). Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. In Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas. 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. : 55-62.
- Del Valle, J. P., M. (1997). Preservación II: Atmosferas controladas y modificadas. en: Aguilera, J. M. (ed.), Temas en tecnología de alimentos. Instituto Politécnico Nacional. México D.F., México.: 89-130
- Del-Valle, V. H.-M., P.; Guarda, A.; Galotto, M (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. Food Chemistry. 91: 751-756.
- Dileep, B. D., H (1992). Seed bacterization with a fluorescens *Pseudomonas* for enhanced plant growth, yield and disease control. . Soil Biology and Biochemistry. 24(6): 539-542.
- Domene, M., Segura, M. (2014). Parámetros de Calidad Interna de Hortalizas y Frutas en la Industria Alimentaria. Fichas de transferencia: 005.
- Echeverry, S.; Castellanos, F. (2002). Comportamiento poscosecha en almacenamiento a dos temperaturas de platano en las variedades:“dominico harton, africa y fhia 20 “. Trabajo final de Especialización en Ciencias. 118.
- El Ghaouth, A. A., J.;Ponnampalam, R.; Boulet, M (2007). Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. Journal of Food Processing and Preservation. 15(5).
- EFSA (The European Food Safety Authority). (2005). Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food on a

request from the Commission related to the use of polyvinyl alcohol as a coating agent for food supplements Question number EFSAQ- 2005-017. The EFSA Journal. 294.

Engels, C. a. H. M. (1995). Plant Uptake and utilization of Nitrogen. In: Nitrogen fertilization in the environment (ed. P.E. Bacon). Marcel Dekker Inc. New York.: 41-81.

Estrada, E. (2010). Fosfitos en la producción de fresa. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México.: 1-104.

Estrada-Ortíz, E. T.-T., L.; Gómez-Merino, F.; Nuñez-Escobar,R.; Sandoval-Villa, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17(3): : 129-138.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1989). Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte II. Oficina Regional de La Fao para América Latina y el Caribe. . Serie: Tecnología Postcosecha 7. Santiago, Chile.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).(2009). Anuario estadístico de la FAO. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx> (consultado junio).

Fasciglione, G.; Casanovas, M.; Yommi, A.; Quillehauquy V.; Sara R. y Barassi, C. Efectos positivos en cultivo y poscosecha de lechuga de la aplicación de la bacteria *Azospirillum*. Boletín Poscosecha, Frutas, Hortalizas y Ornamentales.

Favell, J. (1998). A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. Food Chemistry. 62 (1): 59-64.

Fendrik, I. D. G., M.; Vanderleyden, J.; De Zamaroczy, M (1995). *Azospirillum* V and relate microorganisms genetic-physiology-ecology. Ecological Sciences. 37(12): 577.

- Fernández, Y. V., P.; Frías, A.; Díaz de Vilegas, M (1998). Evaluación de diferentes métodos para la producción de metabolitos secundarios a partir de dos cepas de *Pseudomonas* sp. En: XI seminario científico instituto nacional de ciencias agrícolas. Programas y resúmenes, La Habana. 189.
- Fischer, R. B., A (1991). Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 675-703.
- Flores, K. (2009). Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. España.: 183.
- Fuenzalida, E. (1987). Efecto de la aplicación de ácido giberélico y Alar en postcosecha sobre la evolución de la madurez de pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) en almacenaje refrigerado. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso.: 107.
- Galiotta, G. D., L.; Guilbert, E.; Cuq, B (1998a). Mechanical and Thermomechanical Properties of Films Based on Whey Proteins as Affected by Plasticizer and Crosslinking Agents. *J. Dairy Science.* 81(12): 3123-3130.
- Galiotta, G. V., F.; Ferrari, N.; Diano, W. (1998b). Barrier properties of the whey protein isolate films to carbón dioxide and ethylene at carious wáter activities. In: Colonna, P. and S Guilber (eds.). *Biopolymer Science: Food and Non Food aplicaciones. Les Colloques.* INRA Ed. Montpellier, France. 91: 327-335.
- Galiotta, G. H., F.; Molinari, D.; Capdevielle, R.; Washington, D (2004). Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha.* 6(2): 117-123.

- Galletti, L. B., H.; Drouilly, D. y Lizana L, A (2006). Atmósfera modificada en fruto de pepino dulce. IDESIA. 24(2): 35-40.
- Gálvez, H. F. (2004). El cultivo de pepino en invernadero. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2a ed. R J Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. 282-293.
- Garbelotto M., H. T. Y. S. D. J. (2009). Efficacy of phosphonic acid, metalaxy-M and copper hydroxide against *Phytophthora ramorum* in vitro and in planta. *Plant Pathol.* 58: 111-119.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Offset Larios, S.A. México, DF. 217.
- García, B. (2003). Caracterización poscosecha de variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brrot). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH, Chapingo, Estado de México.
- Goendi, D. S., H.; Adiningsih, A (1995). Nutrient solubilizing and aggregate stabilizing microbes isolated from selected humid tropical soil. *Menara-perkebunan* (Indonesia). 63(2): 60-66.
- Gómez, P. C., A (2002). Calidad de postcosecha de tomates almacenados en atmosferas controladas. *Horticultura Brasileira*, Brasilia. 20: 38-43.
- Gómez, E. 2011. Recubrimientos para frutas y hortalizas. V Curso Internacional. Tecnología Poscosecha y Procesado Mínimo.ETSIA-UPCT. Cartagena. España. 1-32.
- González, O. R., R.; Amavizca, B.; Maldonado, J.; Peñuelas, O.; Velázquez, A.; Mungarro, C. Gutiérrez, M. y Arellano, M. (2011). González, O.; Rojo, R.; Amavizca, B.; Maldonado, J.; Peñuelas, O.; Velázquez, A.; Mungarro, C. Gutiérrez, M. y Arellano,

M. XI Simposio Internacional de Agricultura Sostenible. Instituto Tecnológico de Sonora. 5: 1-8.

González, V. (2011). Reconocimiento e inspección de alimentos de origen vegetal parámetros indicadores de calidad. Frutas y Hortalizas. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Disponible: <http://es.slideshare.net/monicaglezglez/frutas-y-hortalizas-6965719>.

González-Aguilar, G. M.-G., I.; Goycoolea-Valencia, F.; Díaz-Cinco, M.; Ayala-Zavala (2005). Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. Simposium nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados. 1: 121-133.

Guillen, J. (2013). Parámetros fisiológicos y vida de anaquel en tomates cubiertos con película plástica. . Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila, México. 93

Hagenmaier D.; Grohman, K. (1999). Polyvinyl acetate as a high-gloss edible coating. Journal Food Science. 64: 723-728.

Hagenmaier, D.; Grohman, K. (2000). Edible food coatings containing polyvinyl acetate. United States Department of Agriculture patents. 6: 162-475.

Han, C. Z., Y.; Leonard, W.; Traber ,G (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). Postharvest Biology Technology. 33 (1): 67-78.

Hernández, A. F., A.; Hernández, A (1998). Identificación de cepas de *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas cepacia* aisladas de la rizofera del maíz. Cultivos tropicales. La Habana Cuba. 19: 5-8.

- Hernández, M. C., M. (2001). La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.). *Temas de Ciencia y Tecnología*. 5(3): 11-27.
- Hernández, M. C., M.; Salgado, J.; Marrero, V.; Ojeda, A.; MacDonald, J (2002). Efecto de la biofertilización nitrogenada y la biofertilización en la calidad y conservación postcosecha del tomate. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 6:17: 17-24.
- Hernández-Fuentes, A. C., R.; Pinedo- Espinoza, M. (2010). *Iber. Tecnología Postcosecha*. 11(1): 82-91.
- Huaqiang, D. L., C.; Jiahou, T.; Kunwang, Z.; Yueming, J (2004). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *J Food Engineering*. 64 (3): 355- 358.
- Hernández, J. (20014). Evaluación debiosetímulo a base de fosfitos para el control de enfermedades en el cultivo de pepino; Guanagazapa, Escuintla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción.: 78.
- Jaime, M. L., J.; Sánchez, C. (2012). Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. *Inteligencia de mercado de pepino*. Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México.: 94.
- Jarak, M. D., S.; Dordevic, B (2010). Benefits of inoculation with *Azotobacter* in the growth and production of tomato and pepper. *Proceedings for Natural Sciences*. 119: 71-76.
- Kader, A. (1987). and gas exchange of vegetables.. En: *PostHarvest Physiology of Vegetables*. . J. Weichmann, Ed. Marcel Dekker, New York.: 25-43.

- Kader, A. (1992). Biología y Tecnología de Poscosecha. Una revisión general. PostHarvest Technology of Horticultural Crops. Univ. Calif. Publ. 311-324.
- Kader, A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. 3a Ed., University of California. Publication 3311: 575.
- Kester, J. F., O (1986). Edible films and coatings: A review. Food Technology. 40: 47-59.
- Khan, S. P., A (2012). Effect of N-fixing biofertilizers on growth, yield and quality of chilli (*Capsicum annum* L.). The Bioscan. 7(3): 481-482.
- Kloepper, J. L., R.; Zablutowilz, R (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Tibtech. 7: 39-44.
- Landschoot, P. P., D.; Cook, J. (2005). Sorting out the phosphonate products. Science for the Golf Course. 73-77.
- Laurin, M. L., J.; González, V.; Porcuna, L. (2006). El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos. VII Congreso SEAE Zaragoza. Silla.Valencia. 105: 101-111.
- Lehninger, A. (1995). Las bases moleculares de la estructura y función celular. Calvet, P. F. y Bozal, F. J. (Eds.). Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1117
- Li, B. X., M.; Wu, P. (2001). Effect of phosphorus deficiency stress on rice lateral root growth and nutrient absorption. . Acta Bot. Sin. 43: 1154-1160.
- Lira-Saldívar RH, H.-P. A., Valdez-Aguilar LA, Ibarra-Jiménez L y Cárdenas-Flores A (2011). Uso de los biofertilizantes para la producción orgánica de tomate cherry en condiciones de casa sombra. Agricultura Sostenible. 7: 106-117.
- Lizana, A. L., B. (1977). Caracterización y comportamiento de post-cosecha del pepino dulce *Solanum muricatum*, Ait. Proc. . Tropical Region A.S.H.S. 21: 11-15.

- Lobato, C. M., F.; Tambascio, C.; Dosio, A.; Caldiz, O.; Daleo, R.; Andreu, B.; Olivieri, P. (2011). Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. *Eur. J. Plant Pathol.* 130 (2): 155-160.
- Lobato, M. O., P.; González, A.; Wolski, A.; Daleo, R.; Caldiz, O.; Andreu, B. (2008). Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *Eur. J. Plant Pathol.* 122: 349-358.
- Lobato, M. O., F.; Daleo, G.; Andreu, A (2010). Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *J. Plant Dis. Prot.* 117(3): 102–109.
- López, J. ;Corral ., L.; Gutiérrez, D. (2010). *Análisis de Alimentos II. Manuales de práctica.* . 3ª Edición. Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 25.
- Lopez-Elias, J. R., C.; Huez, A.; Garza, S.; Jiménez, J.; Leyva, I. (2011). “Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda”. *Idesia [online]*. 29: 21-27.
- Lovvat, C. M., R. (2006). Phosphite fertilizer. What are they?. Can you use them?. What can they do?. . *Batter Crops whit plant Food.* 90(4) 11:13.
- Mahmood G, S., M.; Payvast, A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum* L) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods.* 3: 44-49.
- Marin, P., Valera, D., Moreno, M., Molina- Aiz, F., López, A.; Peña, A (2013). Influencia de diferentes tipos de estructuras de invernadero, mallas anti-insectos y técnicas de control climático, sobre la fotosíntesis y la transpiración de plantas de tomate. *Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas.* Madrid. Ref. N° C0198: 1-6

- Martínez, R. D., B (1996). Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible. En: INIFAT. Curso-taller “Gestión medio ambiental del desarrollo rural”, Cuba INIFAT. 63-81.
- Martínez, R. D., B.; Casanova, I.; Ortega, M (1997). Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo de tomate en suelo ferralítico rojo. Efecto sobre los semilleros. *Agrotecnia de cuba*. 27: 23-26.
- Mattheis, J. F., X.; Argenta, L (2005). Interactive responses of Gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. *Journal of agricultural and food chemistry*. 53(11): 4510-4516.
- Mena-Violante, G. O., O.; Dendooven, L.; Martinez, G.; Gonzalez,J.; Davies, T.; Olalde, V. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*. 16: 261-267.
- Mena-Violante H.; Olalde-Portugal, V. (2007). Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. *Scientia Horticulturae*. 113: 103-106.
- Milic, V. J., M.; Mrkovacki, N.; Milosevic, N.; Govedarina, M.; Duric, S.; Marinkovic, J (2004). Microbiological fertilizers use and study of biological activity for soil proteccion puposes. A periodical Scientific Research of Institute of Field and Vegetable Crops. 40: 153-171.
- Miller, K. K., J. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. *Trends Food Science. Tech*. 8: 228-237.

- Moccia, S. C., A.; Oberti, A.; Tittonell, A. (2006). Yield and quality of sequentially grown cherry tomato and lettuce under long-term conventional, lowinput and organic soil management systems. *Eur. Journal. Horticultural Science*. 71: 183-191.
- Moreno, D. C., W.; García, E.; Ibañez, A.; Barrios, J. M.; Barrios, B. (2013). Postharvest Physicochemical changes in three cucumber cultivars with and without plastic film. *Mexican Journal of Agricultural Sciences*. 4 (6): 909-920.
- Morillon, V. D., F.; Blond, G.; Capelle, M.; Voilley, A (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid based edible films: a review. *Crit. Rev. Food Science. Tech*. 42: 67-89.
- Musmade, M. D., T. (1998). Cucumber and melon. In: *handbook of vegetables science and technology*. . Salunke, B. K. and Kadam, S. S. (Eds.). Dekker, M. Inc. New York.: 245-253.
- Muy Rangel D, S., J; Diaz J.; Valdéz, B. (2004). Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Rev. Fitotecnia. Mexicana*. 27 (2): 157 – 165.
- Muy Rangel D, S., J; Diaz J.; Valdéz, B. (2011). Efecto de las Condiciones de Almacenamiento y el Encerado en el Estatus Hídrico y la Calidad Poscosecha de Pepino de Mesa. *Mundo Alimentario*, info@mundoyalimentario.com. 19-27.
- Niedziela, C. E. N., P.V.; Willits, D.H.; Peet M.M. (1993). Short-term salt-schock effects on tomato fruit quality, yield and vegetative prediction of subsequent fruit quality. *J. Am. Soc. Horticultural. Sciencie*. 118: 12-16.
- Ninomiya, K. (2011). List of Vegetables High in Pectin. Enlace: <http://www.livestrong.com/article/367234-list-of-vegetables-high-in-pectin/>.

- Nísperos-Carriedo, M. B. E. S., P. (1991). Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. Proc. Fla. State Hort Soc. 104: 122-125.
- Ocampo, J. J., D.; Salas, M.; Mena, H.; Virgen, G.; Flores, A. ; Olalde, V. (2001). Uso de Microorganismos Rizosféricos en Solanáceas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN U. Irapuato. México.: 7.
- Olivas, I. M., S.; Barbosa-Canovas, V (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. Postharvest Biol Technology. 45 (2): 89-96.
- Oliviera, B. M., F.; Gomes-Filho, E.; Marco, A.; Urban, L.; Miranda, R (2013). The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. PLoS ONE. 8(2): e56354.
- Olivieri, F. F., M.; Machinandiarena, M.; Lobato, M.; Caldiz, D.; Daleo, G.; Andreu, A (2012). Molecular modifications in tuber periderm and cortex associated to pathogen resistance induced by phosphite treatment. Crop Protection. 32: 1-6.
- Ordookhani, K. Z., M (2011). Effect of *Pseudomonas*, *Azotobacter* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on lycopene, antioxidant activity and total soluble solid in tomato (*Solanum lycopersicum* L) F1 Hybrid, Delta. Advances in Environmental Biology. 5(6): 1290-1294.
- Ortíz, G. (2013). Efectos del acolchado plástico y la fertilización química y biológica sobre la calidad y vida de anaquel de pimiento, asistida con recubrimiento biodegradable de poliacetato de vinilo-alcohol polivinílico. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila, México. 154.

- Padilla, E. E., M.; Sánchez, A.; Troncoso-Rojas. R.; Sánchez, A. (2006). Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. *Rev. Fitotecnia. Mexicana.* 29 (4): 321 – 329.
- Parras, Y. C., F (2002). Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. *Cultivos tropicales. La Habana Cuba.* 23 (3): 31-41.
- Pen, L. T. J., Y.M (2003). Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. *Food Science Technology.* 36 (3): 359 - 364.
- Phua, K. W., A.; Rahim, A (2012). “Development of multifunctional biofertilizer formulation from indigenous microorganisms and evaluation of their N₂-fixing capabilities on chinese cabbage using 15N tracer technique.”. *Pertanika J. Trop. Agricultural. Science.* 35: 673-679.
- Polinter (2010). Boletín técnico de Poliolefinas internacionales En: [http:// polinter.com.ve](http://polinter.com.ve).5p. Consulta Febrero.
- Povolny, M. (1969). Investigations on the effectiveness of seaweed extract on yield and quality of pickling cucumbers. *Hort. Abstr.* 64: 857.
- Pulok, K. M., N.; Neelesh, M.; Niladri, K.; Birendra, S (2012). “Phytochemical and therapeutic potential of cucumber”. *Fitoterapia.* 84: 227-236.
- Quezada, J. D., M.; Gutiérrez, M.; Debeaufort, F (2003). Application of edible coatings to improve shelf–life of mexican guava. *Acta Horticulture.* 599: 589–594.
- Quintero, C. F., V.; Muñoz, A (2010). Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga.* 1(5): 93-118.

- Ramos, G. L., R.; Peralta, R.; Cotez, G.; Cárdenas, A (2014). Extensión de la vida de poscosecha en frutos de tomate por efecto de un látex polimérico comestible. *Revista Internacional de Botánica Experimental*.: 1-5.
- Ramos-García, L. B.-B., S.; Barrera-Necha, L.; Bosques-Molina, E.; Alia-Tejacal, I.; Estrada-Carrillo, M. (2010.). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28: 44-57.
- Rattanapanone, N. S., J.; Grierson, D. (1978). Evidence for changes in mRNA content related to tomato fruit ripening. *Phytochem*. 17: 14-85.
- Rickard, D. (2000). Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. *J. Plant Nutr*. 23: 161-180.
- Rivera-Pastrana, D. G.-B., A.; Martínez-Téllez, M.; Rivera-Domínguez, M.; González-Aguilar, G (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Rev. Fitotecnia. Mexicana*. 30 (4): 361 – 372.
- Rodríguez, E. B., M.; Menjivar J (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum spp.*) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*. 59 (1) 55-64.
- Rodríguez, M. A., H.; Galvis, J (2006). Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Rev. Agronomía Colombiana*. 24(1): 67-76.
- Rojas-Grau M.; Tapia, S. B., M. (2007). Using polysaccharide based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biol. Technology*. 45 (2): 265-275.

- Romajaro, F., Martínez-Madrid, M., Pretel, M (2006). Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en postcosecha de productos agrarios. V Simposio Ibérico VIII Nacional de Maduración y Post-Recolección, Orihuela Alicante. 91-96.
- Ryall, A. L., W. (1982). Refrigerated storage. In: Handling Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. L Ryall, W Lipton (eds). AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. 1: 293-306.
- Salisbury, B. R., w. (1994.). "Fisiología Vegetal". . Grupo Editorial Iberoamericana S.A. México,. 71-441.
- Salunkhe, K. B., H.; Reddy, N. (1991). Storage, processing, and nutritional quality of fruit and vegetables. (2nd ed.). CRC Press, Florida, USA. 1: 323.
- Sandhya, L. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. Food Science and Technology. 43: 381-392.
- Sañudo, J. S., J.; Osuna, T.; Muy Rangel, D.; López, G.; Labavitch, J. (2008). Control en la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1 metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(2): : 141-147.
- Sarhan, T. M., G.; Teli, J (2011). Effect of bio and organic fertilizers on growth yield and fruit quality of summer squash. Sarhad J. Agricultural. 27(3): 377-383.
- Shackel, A. G., C.; Labavitch, J.; Ahmadi, H. (1991). Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. Plant Physiol. 97: 814-816.
- Shewfelt, L. (1990). J. Food. . Qual. 13: 37-54.

- Soares-Gomes, A., Trugo, L.C., Botrel, N., Da Silva-Souza, L.F (2005). Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus L.*) by preharvest soil application of potassium. *Postharv. Biol. Technology*. 35: 201-207.
- Sora, A. F., G.; Flórez, R (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth.*) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana*. 24(2): 306-316.
- Spiridon, I. P., IC.; Bodârlau, R.; Vasile, C (2008). Enzymatic degradation of some nanocomposites of poly(vinyl alcohol) with starch. *Polymer Degradation and Stability*. 93: 1884-1890.
- Stapleton, C. C., C.; Legard, D.; Price, J.; Sumler, J (2001). Transplant source affects fruiting performance and pests of ‘Sweet Charlie’ strawberry in Florida. *HortTechnology*. 11: 61-65.
- Suslow, T.; Cantwell, M. (1997). Cucumber. *Producer facts. Perishables Handling No. 90.* University of California, Davis. USA.: 2122.
- Suslow, T.; Cantwell, M. (2013). Cucumber: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Department of plant Sciencies, University of California Davis. Disponible en http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Pepino_796/ (Consultado Octubre, 2014).
- Terry, E. D. d. A., M.; Padrón, J.; Tejada, T.; Zea, M. Camacho-Ferré, F. (2012). Effects of different bioactive products used as growth stimulators in lettuce crops (*Lactuca sativa L.*). *Journal of Food, Agriculture. Environ.* 10: 386-389.
- Thao, H. Y., T (2009). Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator?. *Soil Science. Plant Nutr.* 55: 228–234.

- Thompson, J. E. M., F.G.; Kasmire, R (2007). Capítulo 11. Enfriamiento de Productos Hortofrutícolas. En: Pelayo-Zaldívar, C and M. Cantwell (eds. de la versión en español). . Tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas. 1ª.ed. Ed. University of California-Davis.: 560.
- Tsavkelova, E. K., S.; Cherdyntseva, T.; Netrusov, A (2006). Microbial producers of plant growth stimulator and their practical use. A review. Applied Biochemistry and Microbiology. 42: 117-126.
- Tucker, A.; Grieson, D. (1987). Fruit ripening. In: The biochemistry of plants. P.K. Stumpf and E.E. Conn (Eds), Academic Press. 12: 265-313.
- Valero, C. R., M. (1996). Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. En: <http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000CtmcsPDF+T%C3%A9cnicas&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co> Consulta: Junio 2006.
- Vasco, M. R. (2003). El cultivo del pepino bajo invernadero. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (ed). Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. 691-722.
- Vasquez-Santiago, E. L.-S., R.; Valdéz-Aguilar, L.; Cárdenas-Flores, A.; Ibarra-Jimenez, L.; González-Sandoval, D. (2014). Respuestas del pepino a la fertilización biológica y mineral con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. 2 (10): 11.
- Vázquez-Ovando, A. A.-L., M.; Adriano-Anaya, L.; Salvador-Figueroa, M.; Ovando-Medina, I (2012). Sensory and physico-chemical quality of banana fruits "Grand Naine" grown with biofertilizers. African Journal of Agricultura Research. 7(33): 4620-4622.

- Vessey, K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 255: 571-586.
- Waldron, W. P., M.; Smith, A (2003). Plant cell walls and food quality. *Food Science. Food Safety*. 2: 101-1149. .
- Walter, M.; Epley, G.; McFeeters, F (1990). Effect of water stress on stored pickling cucumbers. *J. Agric. Food Chemistry*. 38: 2185-2191.
- Waris, M. H., I.; Khan, A.; Ahmad, F.; Iqbal, M.; Shoaib, M.; Ullah, Z. (2014). "Screening of cucumber varieties against downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*? and its chemical management". *Pak. J. Phytopathology*. 29: 321-329.
- Wills, R. M., B.; Graham, D. y Joyce, D. (1998). *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. University of New South Wales. Press-Cab International. Sidney, Australia. 262.

X. APÉNDICES

Apéndice 1. Preparación del reactivo de Thielman.

Se pesa 0.2 g de 2,6 dicloroindofenol por cada 100 ml de agua destilada, mezclar y dejar reposar durante 24 hr. Y al final filtrar.

Apéndice 2. Preparación de fenolftaleína al 2 %.

Se pesa en una balanza común 2.0 g de fenolftaleína y se disuelven en 100 ml de alcohol absoluto (95-96 °).

Apéndice 3. *Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre el porcentaje de pérdida de peso en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.*

Pérdida de peso (%)				
Tratamiento	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+CR	4.7± 0.25 a	10.5± 1.16 a	17.7± 0.87 a	14.8± 0.66 a
100%+CF+SR	5.4± 0.34 a	10.3± 0.33 a	16.5± 0.64 a	17.3± 1.92 a
100%+SF+CR	3.2± 1.05 a	9.3± 0.15 a	24.2± 12.06 a	16.9± 1.72 a
100%+SF+SR	6.2± 0.37 a	10.6± 0.47 a	17.2± 0.71 a	13.0± 0.32 a
50%+CF+CR	5.1± 0.12 a	9.07± 0.38 a	20.6± 1.30 a	13.1± 1.89 a
50%+CF+SR	6.2± 0.49 a	13.6± 2.80 a	14.5± 3.37 a	14.8± 0.39 a
50%+SF+CR	8.8± 3.10 a	10.2± 0.41 a	20.4± 5.83 a	13.0± 2.67 a
50%+SF+SR	6.8± 0.70 a	10.8± 0.21 a	11.7± 3.39 a	30.0± 15.96 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Apéndice 4. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la firmeza en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Firmeza (Resistencia a la penetración kg)				
Tratamiento	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+SR	4.463± 0.37	3.838± 0.51	3.363± 0.29	3.675± 0.41
100%+CF+SR	5.000± 0.00	4.188± 0.11	4.175± 0.18	3.850± 0.39
100%+SF+CR	4.603± 0.24	4.225± 0.73	3.613± 0.80	3.663± 0.56
100%+SF+SR	4.963± 0.04	4.575± 0.24	4.275± 0.18	4.575± 0.18
50%+CF+CR	4.800± 0.15	3.913± 0.40	2.713± 0.22	3.025± 0.40
50%+CF+SR	5.000± 0.00	4.225± 0.22	4.100± 0.32	4.750± 0.25
50%+SF+CR	4.588± 0.24	3.850± 0.61	3.375± 0.38	4.213± 0.46
50%+SF+SR	5.000± 0.00	4.375± 0.25	4.525± 0.43	4.275± 0.48

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Apéndice 5. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre las pectinas en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Pectinas (mg 100g⁻¹)				
Tratamiento	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+CR	272.4± 0.044	219.1± 0.039	193.0± 0.038	205.1± 0.053
100%+CF+SR	298.0± 0.061	121.1± 0.054	242.7± 0.016	159.4± 0.045
100%+SF+CR	191.6± 0.071	156.6± 0.026	216.9± 0.026	275.2± 0.027
100%+SF+SR	202.9± 0.088	205.2± 0.040	153.7± 0.028	235.8± 0.030
50%+CF+CR	174.3± 0.037	270.6± 0.074	242.7± 0.052	214.5± 0.026
50%+CF+SR	154.9± 0.034	231.1± 0.035	322.4± 0.071	284.1± 0.080
50%+SF+CR	259.6± 0.008	159.8± 0.034	266.4± 0.072	171.5± 0.052
50%+SF+SR	135.1± 0.030	144.3± 0.027	156.0± 0.087	242.2± 0.084

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Apéndice 6. Efecto de la fertilización, uso de fosfitos y el recubrimiento P(VAc-co-VA) sobre la acidez titulable en frutos de pepino var. Dasherr II + Poinsett 76 almacenados a temperatura ambiente.

Tratamiento	A.T (mg 100g ⁻¹)			
	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
100%+CF+CR	0.023± 0.009 a	0.158± 0.009 a	0.022± 0.009 a	0.023± 0.009a
100%+CF+SR	0.046± 0.014 a	0.192± 0.011 a	0.036± 0.010 a	0.046± 0.004 a
100%+SF+CR	0.020± 0.005 a	0.143± 0.011 a	0.026± 0.008 a	0.040± 0.003 a
100%+SF+SR	0.036± 0.012 a	0.146± 0.007 a	0.035± 0.013 a	0.036± 0.014 a
50%+CF+CR	0.021± 0.007 a	0.146± 0.006 a	0.038± 0.005 a	0.024± 0.007 a
50%+CF+SR	0.066± 0.031 a	0.172± 0.011 a	0.029± 0.011 a	0.032± 0.014 a
50%+SF+CR	0.035± 0.004 a	0.144± 0.007 a	0.022± 0.004 a	0.019± 0.008 a
50%+SF+SR	0.031± 0.010 a	0.173± 0.009 a	0.031± 0.010 a	0.016± 0.002 a

Fertilización: 100 %= 100 % de N convencional, 50 %= 50 % del N convencional + biofertilizantes. CF: con fosfitos, SF: sin fosfitos. Letras iguales indican que no hay diferencias entre tratamientos (\pm el error estándar de la media) y letras distintas indican una diferencia significativa según la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).