



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS A BASE DE  
CERAS Y COMPUESTOS NATURALES VOLÁTILES  
PARA EL CONTROL DE PODREDUMBRE GRIS EN  
JITOMATE TIPO SALADETTE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A :  
MILIAN YAZARETH PÉREZ ESTRADA**

**ASESORES: DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ  
I.A. SELENE PASCUAL BUSTAMANTE**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO  
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ  
 Jefa del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis: Aplicación de recubrimiento a base de ceras y compuestos naturales volátiles para el control de podredumbre gris en jitomate tipo saladette

Que presenta la pasante: Milian Yazareth Pérez Estrada  
 Con número de cuenta: 40703760-9 obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de marzo de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Clara Inés Álvarez Manrique	
VOCAL	Dra. Ma. De los Ángeles Cornejo Villegas	
SECRETARIO	Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez	
1er SUPLENTE	M. en C. Ma. De la Luz Zambrano Zaragoza	
2do SUPLENTE	M. en C. Araceli Ulloa Saavedra	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).  
 HHA/pm

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas y permitirme formar parte de su equipo de estudiantes profesionistas, obteniendo una buena formación de su parte.

A la Dra, Ma. Andrea Trejo Márquez y Selene Pascual Orozco por brindarme todo el apoyo y parte de su tiempo para la revisión de mi tesis y orientación en la experimentación de la misma.

A mis sinodales por su tiempo dedicado en la revisión de mi trabajo y las observaciones realizadas al mismo para mejorarlo.

A mis padres que con su apoyo, amor y confianza hicieron posible este logro en mi vida, estando al pendiente de mí para ayudarme y orientarme hacia el camino de la perseverancia.

A PAPIME (Elaboración de materiales educativos para fortalecer la enseñanza en el Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos- Procesos Tecnológicos de Frutas y Hortalizas de la carrera Ingeniería en Alimentos (PE202610)) de la Dirección General de Asuntos del personal Académico de la UNAM por el apoyo técnico brindado al presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

Este logro, uno de los momentos más esperados de mi vida y cierre de un ciclo, inicio de uno nuevo, es dedicado con amor y orgullo a mis padres, que con su apoyo hicieron posible que termináramos juntos una etapa de nuestras vidas, en donde las noches fueron días, las horas minutos, las comidas cenas y el amor siempre fue amor.

Gracias papas, por estar siempre conmigo, por apoyarme en todas las decisiones que tome, fueran buenas o fueran malas, por dedicarme tanto tiempo de su vida, por enseñarme todos los principios y valores con los que sabido defenderme, por preocuparse y sobre todo por amarme, demostrándome que con esfuerzo y dedicación se puede hacer tanto para obtener resultados como este. Los amo y todos mis logros serán dedicados siempre a ustedes, estoy segura de que cualquier persona se sentiría tan orgullosa de tenerlos a ustedes como padres, y yo me siento muy privilegiada y orgullosa de ser su hija.

A ustedes hermanos, Paola e Isaac, por tantos días divertidos y tristes en donde la casa de nuestros padres se llenaba de risas y lagrimas con regaños, donde esos regaños se convirtieron en el fruto de lo que ahora somos como personas y como familia; gracias por brindarme su apoyo cuando lo necesite y por llenarme de tanta alegría en los momentos más difíciles académicamente, los adoro.

A mis sobrinitos, Daniela y Uriel, que con su llegada hicieron que la familia creciera e hicieron más divertidos los días, llenándolos de alegría y amor, mi trabajo y esfuerzo también es dedicado a ustedes para demostrarles que si se puede terminar algo que se empieza, y que así como yo estoy orgullosa de ustedes por ser unos niños tan deseados, nobles, buenos, traviosos y muy especiales, quiero que también se sientan orgullosos de mí, y sepan que siempre voy a estar con ustedes para apoyarlos, los quiero mucho.

A mi esposo, Luis Isaac, gracias mi amor por apoyarme en los últimos semestres de mi carrera, después de conocerte antes de entrar a la Universidad y dejarte de ver cuatro años de mi vida sin saber nada de ti, Dios te puso nuevamente en mi camino en los últimos dos semestres de mi carrea, sin pensar que finalmente estarías conmigo apoyándome, no cabe duda; cuando alguien es para ti, aunque te quites. Te agradezco todo el apoyo, amor, cariño y respeto que me has brindado en este primer año de casados, un año desconocido para ambos, pero el único que ayudará a iniciar nuevos logros juntos y de los cuales nos sentiremos tan orgullosos como este, te amo.

Dios, te doy gracias, por darme una familia de la que me siento muy orgullosa, por permitirme conocer al hombre que me hace feliz, mi esposo; por poner en mi camino a todas esas personas que me ayudaron y enseñaron de los errores que he cometido en los años que me has prestado de vida, este logro también es dedicado a ti por permitirme llegar hasta donde ahorita estoy, por las bendiciones y felicidad de las que me has rodeado y sobre todo por la salud que me has dado.

Suegros, Sr. Isaac y Sra. Carmen, muchas gracias por el apoyo que me han brindado y por abrirme las puertas de su casa, también les dedicamos este logro a ustedes, por que sin su apoyo y confianza no estaríamos hasta donde estamos ahora, que Dios los bendiga.

Carolina, amiga mía, muchas gracias porque siempre me ayudaste, porque siempre estuviste conmigo aunque ya no lleváramos clases juntas, nunca nos separamos y aunque conocimos a más personas en el transcurso de la carrera, nunca sustituiste nuestra amistad, al igual que yo, porque sabemos que es sincera. Quiero darte las gracias, por la ayuda que me brindaste para concluir mi trámite de titulación sin esperar nada a cambio, personas como tu hay muy pocas, y quiero que sepas que siempre contarás conmigo para lo que se te ofrezca, te quiero.

Selene, Atzelbi, Liz y Andrea, muchas gracias por su ayuda con mi tesis, por esa despedida de soltera que será inolvidable y por su ayuda en la preparación de mi boda. ¡Espero que alguna de ustedes sea la próxima en casarse! Sé que aunque nos tratamos hasta el último semestre hicimos una muy bonita amistad y un muy buen equipo, ayudándonos mutuamente, lo cual les agradezco y recordaré por siempre. Muchas gracias.

Gracias a todas las personas que me ayudaron para concluir esta etapa de mi vida.

**“POR MI RAZA, HABLARA EL ESPIRITU”**



## ÍNDICE

ÍNDICE .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ABREVIATURAS .....	10
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	XII
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 Generalidades del jitomate .....	1
1.2 Origen del jitomate.....	1
1.3 Clasificación botánica .....	1
1.4 Morfología.....	1
1.4.1 La raíz .....	1
1.4.2 El tallo.....	2
1.4.3 La hoja.....	3
1.4.4 La flor .....	3
1.4.5 El fruto .....	3
1.5 Fisiología .....	5
1.6 Composición química y valor nutrimental.....	6
1.7 Clasificación .....	7
1.8 Variedades .....	10
1.8.1 Variedades producidas en México .....	11
1.9 Producción nacional y principales estados productores.....	12
1.10 Países exportadores.....	14
1.11 Manipulación de jitomate para consumo en fresco .....	14
1.11.1 Recolección, almacenamiento y refrigeración.....	14
1.11.2 Limpieza .....	16
1.11.3 Inspección, selección, clasificación y calibrado.....	16
1.11.4 Envasado y empaquetado .....	17
1.11.5 Conservación frigorífica .....	17
1.12 Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración .....	18
1.12.1 Cambios en la fotosíntesis.....	18



1.12.2	Respiración.....	18
1.12.3	Biosíntesis de etileno.....	19
1.12.4	Pérdida de peso .....	19
1.12.5	Carbohidratos .....	19
1.12.6	Compuestos nitrogenados .....	20
1.12.7	Minerales .....	20
1.12.8	Ácidos orgánicos .....	20
1.12.9	La poligalacturonasa y su papel en el cambio de textura .....	20
1.12.10	Componentes volátiles.....	21
1.12.11	Pigmentos.....	21
1.13	Pérdidas postcosecha.....	21
1.13.1	Desórdenes fisiológicos.....	22
1.13.1.1	Daños por frío.....	22
1.13.1.2	Maduración irregular.....	22
1.13.1.3	Quemaduras de sol .....	23
1.13.1.4	Fruto hueco o puffines .....	23
1.13.1.5	Podredumbre apical.....	23
1.13.1.6	Rajaduras o grietas.....	24
1.13.2	Daños mecánicos .....	24
1.13.3	Plagas y enfermedades .....	25
1.14	Podredumbre ( <i>Fusarium ssp.</i> ) .....	30
1.15	Métodos de conservación del jitomate .....	33
1.16	Recubrimientos comestibles .....	35
1.16.1	Aceites esenciales.....	36
2	OBJETIVOS .....	40
2.1	Objetivo general.....	40
2.2	Objetivos particulares .....	40
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1	Cuadro metodológico.....	41
3.2	Material biológico.....	42
3.3	Tratamiento de la muestra .....	42
3.4	Evaluación de los parámetros físicos, químicos, nutrimentales y de calidad.....	42



3.5	Obtención de cepas de patógeno .....	42
3.6	Desarrollo de pruebas <i>in vitro</i> .....	43
3.7	Preparación de los recubrimientos.....	43
3.8	Preparación de inóculo .....	44
3.9	Inoculación de los frutos .....	46
3.10	Aplicación de los recubrimientos.....	47
3.11	Condiciones de almacenamiento y muestreo.....	47
3.12	Métodos analíticos.....	47
3.12.1	Parámetros fisiológicos.....	47
3.12.1.1	Determinación de la producción de CO <sub>2</sub> .....	47
3.12.2	Parámetros de calidad.....	48
3.12.2.1	Determinación de pérdida de peso .....	48
3.12.2.2	Determinación del índice de decaimiento .....	48
3.12.2.3	Determinación de firmeza .....	49
3.12.2.4	Sólidos solubles.....	49
3.12.2.5	Determinación de pH y acidez total .....	49
3.12.3	Parámetros nutrimentales.....	50
3.12.3.1	Carotenos.....	50
3.12.3.2	Vitamina C.....	50
3.12.4	Parámetros químicos.....	50
3.12.4.1	Humedad.....	50
3.12.4.2	Azúcares reductores y totales.....	50
3.12.4.3	Cenizas totales.....	51
3.12.4.4	Proteína.....	51
3.12.4.5	Fibra cruda .....	51
3.13	Análisis estadístico .....	51
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
4.1	Evaluación de parámetros físicos, químicos y fisiológicos de jitomate tipo saladette .....	52
4.2	Evaluación de la actividad antifúngica de los aceites esenciales. ....	56
4.3	Selección de la formulación del recubrimiento con aceites esenciales.....	59
4.3.1	Efecto de los recubrimientos en la respiración.....	61
4.3.2	Efecto de los recubrimientos en los parámetros de calidad .....	62



4.3.3	Efecto de los recubrimientos en los parámetros nutrimentales .....	66
4.4	Efecto de la aplicación de los recubrimientos en los parámetros de calidad y fisiológicos del jitomate tipo saladette proveniente de huerta. ....	69
4.4.1	Efecto en la respiración .....	70
4.4.2	Efecto en parámetros de calidad .....	71
4.4.3	Efecto en parámetros nutrimentales .....	80
4.5	Efecto de la aplicación de los recubrimientos en los parámetros de calidad y fisiológicos del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero.....	82
4.5.1	Efecto en la respiración .....	82
4.5.2	Efecto en parámetros de calidad .....	83
4.5.3	Efecto en parámetros nutrimentales .....	90
CONCLUSIONES .....		94
RECOMENDACIONES .....		95
REFERENCIAS .....		96



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Contexto taxonómico del género <i>Lycopersicon</i>.</i>	2
<i>Tabla 2. Composición nutrimental del jitomate por 100 gramos</i>	6
<i>Tabla 3. Variedades de jitomates producidas en México</i>	11
<i>Tabla 4. Principales plagas que afectan al jitomate</i>	25
<i>Tabla 5. Plagas en jitomate y características</i>	25
<i>Tabla 6. Principales enfermedades que afectan al jitomate</i>	27
<i>Tabla 7. Enfermedades en jitomate y características</i>	28
<i>Tabla 8. Métodos de conservación del jitomate</i>	34
<i>Tabla 9. Composición de las formulaciones puestas a prueba</i>	44
<i>Tabla 10. Escala de daños para determinar el índice de decaimiento</i>	48
<i>Tabla 11. Caracterización física del jitomate</i>	52
<i>Tabla 12. Características fisicoquímicas del jitomate tipo saladette en estado de madurez pintón</i>	53
<i>Tabla 13. Composición química de jitomate tipo saladette</i>	55
<i>Tabla 14. Formulaciones modificadas partiendo de la formulación 8 y 9.</i>	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de raíces -----	2
Figura 2. Fructificación en racimo -----	3
Figura 3. Fruto del jitomate (corte longitudinal) -----	4
Figura 4. Características de la forma del fruto y de la estructura interna del mismo.-----	5
Figura 5. Formas de jitomates -----	10
Figura 6. Principales estados productores de jitomate en México. -----	12
Figura 7. Producción estacional de jitomate en México.-----	13
Figura 8. Participación del valor de las exportaciones mundiales.-----	14
Figura 9. Manipulación de jitomate para consumo en fresco.-----	15
Figura 10. Pudrición negra en jitomate. -----	22
Figura 11. Presencia de virus que dañan la maduración del fruto. -----	23
Figura 12. Podredumbre apical del fruto. -----	23
Figura 13. Agrietamiento del fruto.-----	24
Figura 14. Podredumbre en jitomate. -----	32
Figura 15. Ciclo de la enfermedad del hongo <i>Fusarium oxysporum f.sp lycopersici</i> -----	33
Figura 16. Estructuras químicas de los componentes mayoritarios de los aceites esenciales de (A) tomillo, (B) limón y (C) canela.-----	37
Figura 17. Colonias esporuladas de <i>Fusarium ssp.</i> -----	42
Figura 18. AE disueltos en medio PDA-----	43
Figura 19. Preparación de inoculo: A) Adición de tween al 0.5% sobre la placa de agar. B) Raspado de la superficie de las colonias. C) Filtrado del sobrenadante para la repetición de los pasos anteriores. D) Inoculo en solución para conteo.-----	45
Figura 20. Esquema de la cámara de Neubauer -----	45
Figura 21. Lavado de jitomates -----	46
Figura 22. Secado de jitomates con toallas estériles -----	46
Figura 23. Lotes de jitomates inoculados en cámara húmeda -----	46
Figura 24. Aplicación de los recubrimientos y secado por aireación. -----	47
Figura 25. Sistema cerrado para medir la producción de CO <sub>2</sub> -----	48
Figura 26. Penetrómetro manual-----	49
Figura 27. Refractómetro de mano -----	49
Figura 28. Potenciómetro manual-----	50



<i>Figura 29. Producción de CO<sub>2</sub> del jitomate tipo saladette durante su almacenamiento en refrigeración a 12 °C. -----</i>	<i>56</i>
<i>Figura 30. Crecimiento del hongo Fusarium ssp. en medio PDA con AE (Limón, canela y tomillo) a las concentraciones de 2000, 3000 y 4000 ppm en su último día de incubación. -----</i>	<i>57</i>
<i>Figura 31. Efecto de AE en la velocidad de crecimiento de Fusarium ssp. en pruebas in vitro a la concentración de 2000 ppm. -----</i>	<i>58</i>
<i>Figura 32. Efecto de AE en el crecimiento de Fusarium ssp. en pruebas in vitro a una concentración de 2000 ppm. -----</i>	<i>58</i>
<i>Figura 33. Actividad antifúngica de los aceites esenciales (limón, canela y tomillo) a la concentración de 2000 ppm. -----</i>	<i>59</i>
<i>Figura 34. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la respiración de jitomates tipo saladette almacenados a 12°C.-----</i>	<i>61</i>
<i>Figura 35. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el índice de decaimiento de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. ----</i>	<i>62</i>
<i>Figura 36. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la pérdida de peso de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. -----</i>	<i>63</i>
<i>Figura 37. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de acidez de jitomates tipo saladette almacenados a 12°C.-----</i>	<i>64</i>
<i>Figura 38. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de sólidos solubles de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C.-----</i>	<i>65</i>
<i>Figura 39. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la firmeza de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C.-----</i>	<i>66</i>
<i>Figura 40. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de vitamina C de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. --</i>	<i>67</i>
<i>Figura 41. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de carotenos de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. ---</i>	<i>69</i>
<i>Figura 42. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la respiración del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C.-----</i>	<i>71</i>



Figura 43. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el índice de decaimiento del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. ----- 72

Figura 44. Daños presentados durante el almacenamiento del jitomate tipo saladette proveniente de huerta con y sin recubrimientos ----- 73

Figura 45. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el pH del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C.----- 75

Figura 46. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de ácido cítrico del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C.----- 76

Figura 47. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de sólidos solubles del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. ----- 77

Figura 48. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C.----- 78

Figura 49. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. ----- 79

Figura 50. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de vitamina C del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C.----- 80

Figura 51. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de carotenos del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. ----- 81

Figura 52. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la respiración del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 83

Figura 53. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el índice de decaimiento del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 84



*Figura 54. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el pH del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 85*

*Figura 55. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la acidez del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 87*

*Figura 56. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de sólidos solubles del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C..----- 88*

*Figura 57. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 89*

*Figura 58. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 90*

*Figura 59. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de vitamina C del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 92*

*Figura 60. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de carotenos del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. ----- 93*



## **ABREVIATURAS**

° Brix – Grados Brix

AE – Aceite esencial

AQP – Análisis químico proximal

CMC – Carboximetilcelulosa

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

E/A – Relación de sólidos solubles/ácidos

FAO - Food and agriculture organization

HR – Humedad Relativa

nm – nanómetros

PDA – Agar papa dextrosa

PG – Poligalacturonasa

pH – Potencial de hidrógeno

ppm – Partes por millón

RC – Recubrimiento comestible

SAGARPA – Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

USDA – United States Department of Agriculture



## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de ceras en combinación con agentes antimicrobianos naturales para el control de enfermedades en jitomate. Los jitomates cultivados en invernadero y huerta fueron utilizados para la aplicación de recubrimientos. La actividad antifúngica de tres aceites esenciales (limón, canela y tomillo) se evaluó en diferentes concentraciones (2000, 3000 y 4000 ppm) mediante pruebas *in vitro*. Los recubrimientos comestibles se aplicaron y los parámetros de calidad (firmeza, sólidos solubles, pH, acidez, pérdida de peso e índice de decaimiento), nutrimentales (vitamina C y contenido de carotenos) y fisiológicos (respiración) se evaluaron en jitomates tipo saladette almacenados a temperatura de refrigeración (12°C).

Los resultados mostraron que los aceites esenciales (AE) que inhibieron por completo al hongo *Fusarium ssp.* fueron los AE de canela y tomillo a concentraciones de 2000, 3000 y 4000 ppm, mientras que para el AE de limón se observó un crecimiento del hongo al tercer día de incubación; con estos resultados se eligieron los AE de canela y tomillo a la concentración de 2000 ppm, los cuales se prepararon como recubrimientos con cera de abeja y/o silica contra la podredumbre y así se compararon con una cera comercial.

Los jitomates cultivados en huerta e invernadero fueron distribuidos para aplicarse los siguientes tratamientos: recubrimiento con cera de abeja y AE de canela, recubrimiento con cera de abeja y AE de tomillo, control (sin AE), control infectado (por *Fusarium ssp.* sin AE) y cera comercial. Los resultados mostraron una inhibición en el crecimiento del hongo causante de podredumbre en los jitomates con recubrimiento de AE de canela, mientras que los recubiertos con AE de tomillo tuvieron un comportamiento similar al lote control infectado, concluyendo que este último no fue efectivo en la concentración elegida para el control de podredumbre en jitomate. Los jitomates con cera comercial presentaron excelente apariencia física, pero no tuvo efecto sobre la inhibición del crecimiento del hongo, ya que los frutos empezaron a presentar daños a los 5 días de almacenamiento. Los jitomates provenientes de huerta y de invernadero presentaron un comportamiento similar, siendo el recubrimiento con AE de canela el que mejor resultó para ambos casos.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los productos hortofrutícolas que colocan al país dentro de los principales productores a nivel mundial, es el tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum*), el cual se encuentra ocupando el doceavo puesto en la producción, siendo China el mayor productor y Estados Unidos el segundo. En cuanto a la exportación de jitomate fresco, México ocupa el segundo lugar con cifras que rondan mil millones de dólares (SAGARPA, 2010). Al ser este producto uno de los más importantes para la alimentación mexicana por su alto contenido en vitaminas A, C y E, la capacidad antioxidante y su elevado contenido de licopeno, se ha puesto más atención para implementar la producción disminuyendo las pérdidas poscosecha ocasionadas por daños físicos, químicos y biológicos (Amaya *et al.*, 2010).

Una de las principales causas que ocasionan un gran número de pérdidas de este producto son los daños biológicos, los cuales son ocasionados por plagas, hongos y enfermedades en el fruto. Existen diferentes enfermedades que se presentan en el jitomate como el cáncer bacteriano causado por bacterias, la antracnosis, alternariosis, moho blanco, moho gris causado por *Botrytis cinerea* y podredumbre causada por *Fusarium ssp.*; dichas enfermedades pueden atacar a las flores, frutos y tallos (Reho, 2006). Uno de los principales síntomas de esta patología causada por *fusarium ssp.* es el marchitamiento ya que es una enfermedad típicamente vascular en la que la principal causa de la pérdida en rendimiento es el estrés hídrico derivado fundamentalmente de la oclusión mecánica de los vasos xilemáticos. Se produce también amarillamiento y necrosis foliar, el tejido vascular se vuelve pardo oscuro aunque la médula permanece sana, las bases de los tallos afectados se alargan y las plantas mueren frecuentemente (Guevara, 1997). En el fruto causa podredumbre y afecta la calidad final durante su vida en postcosecha.

Los productos químicos que se usan para el control de esta enfermedad han provocado la selección de poblaciones resistentes, además del riesgo de contaminación en condiciones intensivas y ambientes cerrados (Salas y Vera, 2006). Por ello, entre las opciones de manejo se ha considerado el control con tecnologías de origen natural y seguras que permitan mitigar el impacto negativo de este tipo de productos, como es el uso de aceites



esenciales, los cuales son productos naturales de gran valor e importancia económica (Cano *et al.*, 2008).

La aplicación de aceites esenciales (AE) es un método muy atractivo para controlar enfermedades tanto en cosecha como en poscosecha. Estos materiales son una mezcla compleja de compuestos volátiles producidos en diferentes partes de las plantas, y han sido reconocidos por poseer diversas funciones, incluyendo conferir la resistencia a plagas y enfermedades; algunos AE, así como sus constituyentes, han demostrado poseer propiedades antibacterianas y antifúngicas (Alzate *et al.*, 2009).

Otra tecnología que está siendo usada actualmente por la industria alimenticia es el uso de recubrimientos comestibles, los cuales se pueden aplicar en frutos frescos y en mínimamente procesados (Valle *et al.*, 2008). Aplicados a frutas permiten controlar la respiración de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo una barrera a los gases que reduce el deterioro del fruto, así como mejorar el brillo, la textura de la corteza, reducir el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuir la pérdida de peso por deshidratación aumentando su vida útil (Navarro, 2007; Amaya *et al.*, 2010). El presente estudio propone elaborar un recubrimiento comestible a base de ceras en combinación con agentes antimicrobianos naturales y determinar su efecto en el control de enfermedades en jitomate.

*Antecedentes*



## ANTECEDENTES

### 1 ANTECEDENTES

#### 1.1 Generalidades del jitomate

El jitomate es una baya, generada a partir de un ovario sincárpico de dos o más carpelos, con una placentación axial y con numerosos óvulos. Es originario de una planta silvestre nativa de los Andes, América del Sur, desarrollándose principalmente en zonas templadas y cálidas. Esta planta silvestre mide de 50 cm a un metro de altura y es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. Su nombre científico es *Lycopersicon esculentum* (Rodríguez *et al.*, 1997).

#### 1.2 Origen del jitomate

El jitomate o *Lycopersicon esculentum*, se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México, extendiéndose por todo el continente. El nombre de jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, tomate, que significa tomate de ombligo (SAGARPA, 2010). La planta fue aceptada durante mucho tiempo en Europa como ornamental, dado que se le creía venenosa, por su relación con las plantas de la familia de las solanáceas; y esta creencia se ha mantenido en muchas regiones hasta entrado el siglo XX. El alcaloide causante de la pretendida toxicidad es la tomatina, que se encuentra principalmente en las hojas y en el fruto verde, pero que se degrada al madurar. En su lugar de origen es una planta perenne, y en las zonas no tan cálidas es cultivada como planta anual (Rodríguez *et al.*, 1997).

#### 1.3 Clasificación botánica

Botánicamente, es una planta dicotiledónea la cual se clasifica como *Lycopersicon esculentum* perteneciente a la familia de las solanáceas (Tabla 1). Esta familia abarca varias especies de importancia económica (FAO, 2007).

#### 1.4 Morfología

##### 1.4.1 La raíz

El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal pivotante (Figura 1) que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad. Presenta raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente



ANTECEDENTES

la raíz principal y de fuera a dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Rodríguez *et al.*, 1997).

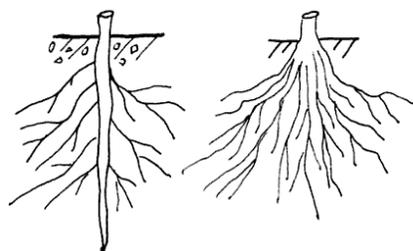


Figura 1. Tipos de raíces

Fuente: Rodríguez *et al.* (1997)

Tabla 1. Contexto taxonómico del género *Lycopersicon*.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Lycopersicon</i>
<b>Especie</b>	<i>Esculentum</i>
<b>Nombre binomial</b>	<i>Lycopersicon esculentum</i>

Fuente: FAO (2007)

1.4.2 El tallo

El tallo principal es un eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera a dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y



## ANTECEDENTES

las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Rodríguez *et al.*, 1997).

### 1.4.3 La hoja

La hoja, compuesta e imparipinnada, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Rodríguez *et al.*, 1997).

### 1.4.4 La flor

La flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir, con los sépalos soldados entre sí, y la corola gamopétala. El androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos o celdas del fruto (Figura 2) (Rodríguez *et al.*, 1997).



Figura 2. Fructificación en racimo

Fuente: Rodríguez *et al.* (1997)

### 1.4.5 El fruto

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según



## ANTECEDENTES

las variedades. En sección transversal se aprecian en él la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas (Figura 3) (Rodríguez *et al.*, 1997).

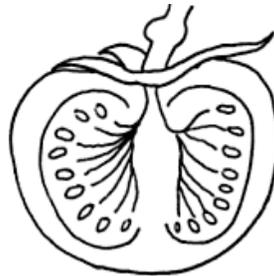


Figura 3. Fruto del jitomate (corte longitudinal)

Fuente: Rodríguez *et al.* (1997)

El espesor de la piel aumenta en la primera fase del desarrollo del fruto, adelgazando y estirándose al acercarse la maduración; por ello en algunos frutos se producen grietas.

El fruto del jitomate puede clasificarse botánicamente según el color de la piel, forma del fruto y la cantidad de celdas o carpelos como ya se había mencionado anteriormente (Figura 4). Algunos detalles del racimo, de las características de la forma del fruto y de la estructura interna del mismo son los siguientes (Mondoñedo *et al.*, 1981):

1. Desarrollo sucesivo de las flores y frutos. En un solo racimo puede haber, al mismo tiempo, flores en floración y frutos en pleno desarrollo. Las flores finales ya no se desarrollan más cuando el racimo está suficientemente cargado de acuerdo con el vigor del crecimiento.
2. Fruto de tipo redondo
3. Fruto de tipo elongado
4. Fruto de tipo acorazonado
5. Fruto de tipo pera
6. Óvulo o pared donde se desarrollan las semillas
7. Pericarpio. Éste consiste en una carnosidad externa cubierta con la piel o cáscara. La cáscara o piel puede ser rosada, roja o amarilla. El color cambia de acuerdo con el estado de madurez. La mayoría de las variedades tienen una piel amarilla y son de carne roja.

## ANTECEDENTES

8. La placenta. Esta es la parte central del fruto. Entre el pericarpio y la placenta se encuentran las paredes del ovario y las semillas.
9. Los lóculos o celdas. Estos son los compartimientos que contienen la semilla. La cantidad de celdas tiende a tener mejor consistencia. Por esto, son más apreciados y más adecuados para el consumo fresco.
10. La semilla. La forma de la semilla es plana y ovalada. La cáscara es peluda. La semilla mide entre 1 y 5 mm según la variedad y grado de desecado. La semilla está rodeada por una capa mucilaginosa.

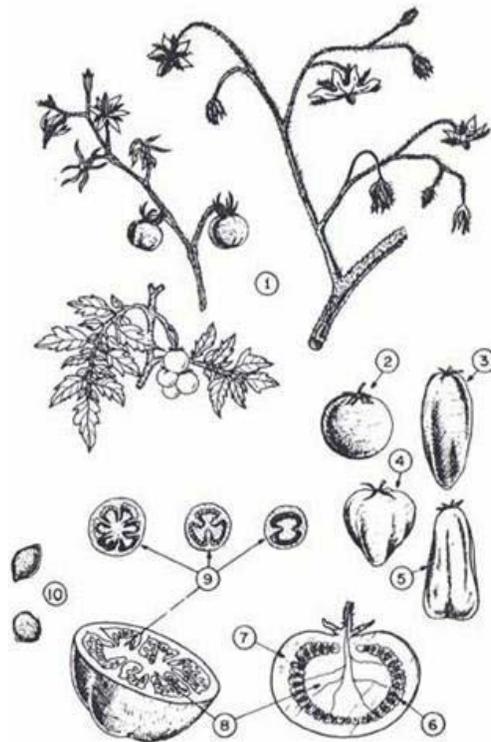


Figura 4. Características de la forma del fruto y de la estructura interna del mismo.

Fuente: Mondoñedo et al. (1981).

### 1.5 Fisiología

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del jitomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad. Durante el desarrollo se guía la planta y se efectúan diferentes podas para asegurar una producción de alto volumen y de buena calidad. El jitomate es neutro en cuanto a la duración de luz por día. Por lo tanto, florece a su debido tiempo de acuerdo con la edad y el desarrollo que tiene. Las temperaturas bajas y un crecimiento exuberante retardan la




---

 ANTECEDENTES
 

---

floración y provocan flores de difícil fecundación. La coloración del fruto se debe a la acumulación de pigmentos. La temperatura óptima durante la maduración del fruto es de 18 a 24 °C. La exposición del fruto al sol puede provocar un blanqueo o quemazón de la piel. Por esta razón, se requiere suficiente follaje para la protección de los frutos y favorecer una coloración pareja (Mondoñedo *et al.*, 1981).

### 1.6 Composición química y valor nutrimental

El jitomate es una rica fuente de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutrimental ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición nutrimental del jitomate por 100 gramos

Elemento	Cantidad
Agua	93.5 g
Proteína	0,9 g
Grasa	0,1 g
Calorías	23 Kcal
Carbohidratos	3,3 g
Fibra	0,8 g
Fósforo	19 mg
Calcio	7 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina A	1,100 UI
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,02 mg
Vitamina C	20 mg
Niacina	0,6 mg

*Fuente: Joomla (2010)*

El jitomate es rico en licopeno, pigmento que le proporciona su característico color rojo, y que también se encuentra en la sandía, la zanahoria, el albaricoque y el pomelo; la diferencia es que el jitomate tiene mayor proporción de este pigmento, hasta el punto de que proporciona el 90% del necesario para el organismo (Joomla, 2010).



## ANTECEDENTES

El licopeno es el más potente de los antioxidantes, se ha demostrado que esta sustancia puede prevenir e incluso combatir el cáncer porque protege las células de los efectos de la oxidación. El licopeno se libera sobre todo al cocinarse, y por eso es bueno comerse el jitomate en salsa y, en lo posible, acompañado con aceite o queso, porque así se absorbe mejor. El jitomate también posee el antioxidante glutatión, que ayuda a depurar el organismo de productos tóxicos e impide la acumulación de materiales pesados (Joomla, 2010).

El consumo de jitomate, entre sus propiedades, estimula el sistema inmune, lo cual ayuda a detener las enfermedades degenerativas. Es recomendado además para el manejo de enfermedades como reumatismo, gota, arteriosclerosis, parálisis, úlceras del estómago, tuberculosis, diabetes, estreñimiento, colitis, males de la garganta y el oído; también disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de boca, páncreas, cuello uterino, próstata, pulmón y estómago. El jitomate es un conocido remineralizante y desintoxicante. Además de las toxinas que expulsa debido a su efecto diurético, también se encarga de eliminar el ácido úrico y reducir el colesterol (Joomla, 2010).

### 1.7 Clasificación

El alto índice de cruzamiento natural entre variedades silvestres que crecen en su propio hábitat ha producido mucha variabilidad, y por ende se ha favorecido la evolución rápida de nuevas formas. Las especies silvestres y algunas formas de ellas que se cultivan en lugares apartados de diversos países de la América tropical y subtropical son, en los tiempos actuales, motivo de gran interés científico como germoplasma para formar cultivares mejorados (Cásseres, 1981).

La popularidad y alto valor comercial del jitomate resulta en que anualmente se introduzcan al mercado nuevos cultivares, de los cuales ya existe un elevado número en todo el mundo. Para poder utilizarlos bien se ha hecho necesario clasificarlos, según ciertas características sobresalientes, lo que permite que los cultivares se agrupen en tipos los cuales se describen a continuación.

Existen tres clasificaciones del jitomate, según diferencias exhibidas en los cultivares comerciales, lo que permite agruparlas de acuerdo a características definidas. Estos grupos similares se llaman tipos. La primera clasificación depende de la maduración y



## ANTECEDENTES

permite distinguir tres tipos de jitomate, según el número de días que tardan las plantas en iniciar la maduración después del trasplante. Así se reconocen los cultivares de los tipos (Cásseres, 1981):

- **Precoz:** el cual produce sus primeros frutos entre los 65 y los 80 días desde el trasplante.
- **Intermedio:** empieza a madurar entre los 75 a 90 días.
- **Tardío:** requiere de 85 a 100 días o más para que se pueda iniciar su cosecha.

Los límites de cada uno de estos tipos no son fijos ni exactos, ya que en el mismo lugar, pueden ocurrir variaciones en las condiciones climáticas de un año a otro que influyen muy específicamente la formación de los frutos. Estos límites pueden ser traslapados, quedando siempre la ubicación de un cultivar sujeto a los resultados que se obtengan localmente y a la opinión de los clasificadores.

La segunda clasificación depende del modo de crecer de la planta y el tipo de planta que se forma una vez que ésta ha alcanzado su desarrollo normal. Existen dos tipos de planta: determinado e indeterminado. Los cultivares de tipo determinado incluyen plantas cuyos tallos eventualmente terminan en un racimo floral. Estas plantas son generalmente pequeñas o medianas y su crecimiento se detiene una vez que el último racimo floral empieza a desarrollar sus frutos. Hay cultivares denominados semideterminados, en donde el espacio entre plantas de este tipo puede ser menor al que requiere para las plantas más grandes del tipo siguiente. La formación de frutos generalmente detiene el crecimiento; si no hay frutos puede continuar creciendo un poco más de lo usual, aún en el caso de plantas determinadas. Los cultivares de tipo indeterminado pueden crecer indefinidamente, si encuentran condiciones óptimas, y se caracterizan por desarrollar tallos largos y mucho follaje (Cásseres, 1981).

La tercera clasificación que se hace es según el color de la fruta al madurar. La óptima madurez depende del tiempo entre la recolección y la venta al consumidor. Según la duración de este periodo, se cosechan los jitomates en diferentes estados de madurez lo que influye en el color del fruto (Cásseres, 1981):

- *Verde maduro o verde hecho.* Los frutos apenas empiezan a mostrar un color amarillento rosado.



## ANTECEDENTES

- *Pintón o rosado*. La superficie de los frutos aparece coloreada por la mitad.
- *Pintón avanzado*. Los frutos tienen un color rojo o rosado.
- *Rojo maduro*. Los frutos tienen un color rojo intenso.

Otras clasificaciones de menor importancia son:

Por diferencias en el tipo de hoja (Cásseres, 1981):

- Normal
- Hoja de papa, que tiene pocas hojuelas enteras sin estar recortadas.
- Rugoso, en que la superficie de la hoja aparece finamente arrugada y la hoja entera se enrolla hacia abajo.

Por diferencia en la forma del fruto, en donde se diferencian 5 tipos, del más pequeño al más grande: cherry, saladette, tipo pera, bola estándar y bola grande (SAGARPA, 2010).

Clasificación según el tamaño, la cual varía de acuerdo a la región, exigencias del mercado y características de la variedad del jitomate. Una selección usual en cuanto al tamaño de los frutos consiste en lo siguiente:

- *Tamaño chico*, menos de 4 cm en su diámetro transversal mayor.
- *Tamaño mediano*, entre 4 y 7 cm en su diámetro transversal mayor.
- *Tamaño grande*, más de 7 cm en su diámetro transversal mayor.

La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano para jitomate, NMX-FF-031-1997-SCFI, establece la clasificación de acuerdo a los grados de calidad del fruto: México 1, México 2 y México 3. Con una combinación entre México 1 y México 2. Para ello, se toma en cuenta forma, textura, coloración, maduración y conservación del producto (SAGARPA, 2010).

Por su parte, la norma comunitaria distingue cuatro tipos: redondos lisos, asurcados, oblongos o alargados y finalmente, cherry y cocktail (SAGARPA, 2010). En el comercio existen diversas formas, colores y tamaños de jitomates (Figura 5); por lo que también son clasificados de acuerdo a estas características, en nuestro país es muy común encontrar jitomates de forma arriñonada que se conocen comúnmente como jitomates tipo riñón que se consumen preferentemente en verde, hasta formas achatadas y



ANTECEDENTES

semiachatadas en los tipo milano, y cuadrado o semiovalado en los tipo chonto (FAO, 2007).

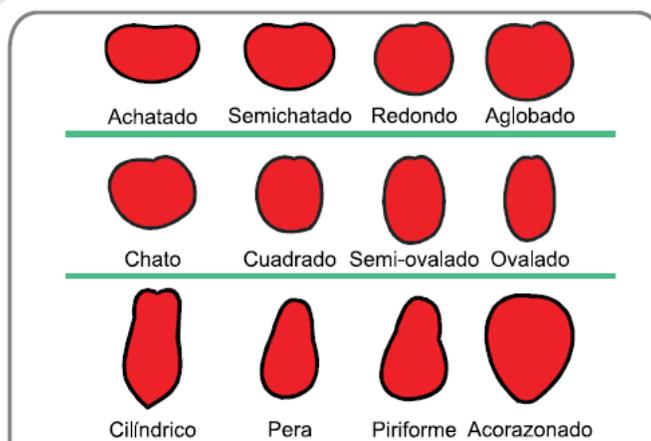


Figura 5. Formas de jitomates

Fuente: Jaramillo et al. (2007)

**1.8 Variedades**

Las variedades son conocidas generalmente por su nombre vulgar, a continuación se mencionan las variedades botánicas que son distinguibles científicamente (Cásseres, 1981):

Variedad cerasiforme, es conocida vulgarmente con el nombre de jitomate cereza, por su pequeño tamaño y diversidad de colores, que van desde el rojo al amarillo. Generalmente, el interior está dividido en dos únicas cavidades. La planta en conjunto no alcanza un gran desarrollo, destacando también el pequeño tamaño de las hojas. Esta variedad está considerada como la más primitiva de la especie, de la cual han derivado todas las demás.

Variedad vulgare, en esta variedad los jitomates pueden alcanzar gran tamaño. Los frutos son lisos, con numerosas cavidades en el interior. Las hojas y tallos son grandes y de color verde intenso.

Variedad piriforme, los jitomates tienen forma de pera, y normalmente solo poseen dos cavidades en el interior. El porte de la planta es de tamaño medio. Tras unas semanas, se obtienen plantas jóvenes con tallos y hojas de rápido crecimiento; momento de preparar las guías. En función del número de cavidades que hay en el interior del jitomate, son clasificadas algunas variedades.



ANTECEDENTES

*Variedad validum*, está caracterizada esencialmente por el aspecto y porte de tallos y hojas, así como la gran variabilidad que presenta en la forma y tamaño del fruto. Es una mata erguida de pequeño tamaño, con tallos muy rígidos y fuertes.

*Variedad grandifolium*, muy parecida a la anterior se diferencia por el aparato vegetativo. Son matas de gran tamaño en general, con hojas formadas por varios segmentos bastante grandes de borde entero.

De acuerdo con el destino del cultivo se pueden agrupar las variedades en 3 grupos. Así existen variedades para el consumo fresco, variedades para el uso industrial y variedades de doble propósito (Mondoñedo *et al.*, 1981).

1.8.1 Variedades producidas en México

En México se comercializan principalmente los tipos de jitomate que se muestran en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Variedades de jitomates producidas en México

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
Cherry (Cereza) 	Se produce en plantas de crecimiento indeterminado. Es pequeño y de piel delgada. Se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Tiene sabor dulce. Existen de color rojo y amarillo.
Saladette (Roma) 	Variedad italiana para conserva de jitomate pelado, fruto pequeño bi o trilobular, forma de pera, tamaño homogéneo de los frutos.
Pera 	Utilizado cada vez menos, en la industria conservera para jitomate pelado.
Beef 	Fruto de gran tamaño y baja consistencia. Producción precoz y agrupada.

Fuente: SAGARPA (2010)



### 1.9 Producción nacional y principales estados productores

Durante 2010, se produjeron en todo México 2 millones de toneladas de jitomate, siendo el principal productor el estado de Sinaloa, cuya producción y la de otros estados se muestran en la Figura 6. Regionalmente, a todo lo largo del territorio nacional se distribuye la producción de jitomate, sin embargo, la zona productora de mayor importancia es la noroeste (SAGARPA, 2010).

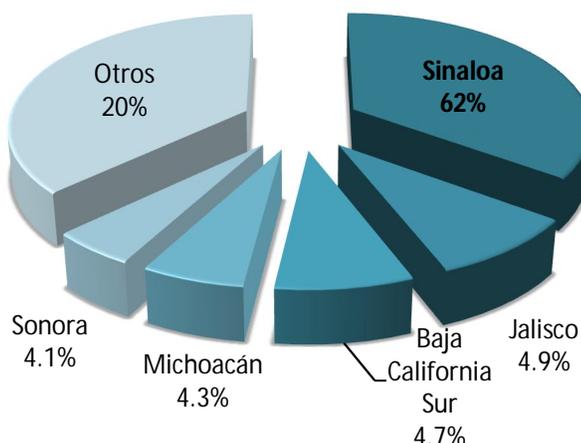


Figura 6. Principales estados productores de jitomate en México.

*Fuente: Elaborado con datos de SAGARPA (2010).*

En el 2009 se presentó un incremento en la producción nacional para abastecer el consumo, la cual se ubicó en dos millones 727 mil 691 toneladas, suficiente para repartir 25 kilos a cada habitante del país. En los últimos años, por ventas al extranjero ingresaron al país más de mil millones de dólares en promedio anual (SAGARPA, 2010).

En la República Mexicana, se produce jitomate durante todo el año. En el análisis temporal, durante los primeros meses del año, es cuando se genera el tope de producción nacional, en el estado de Sinaloa, que abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano. Por otro lado, durante el verano, la producción de los estados del centro y de Baja California, es la que abastecen la demanda interna y de exportación. Finalmente, en los meses de agosto a diciembre, son otras entidades las que cubren la producción.



ANTECEDENTES

No obstante que el jitomate es un producto que se cosecha a lo largo de todo el año, es en los primeros meses del mismo en que se concentra su producción, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo. Por otro lado, su mínimo nivel lo tiene durante el verano, en los meses de junio y julio, presentando un ligero incremento hacia finales del año (Figura 7) (SAGARPA, 2010).

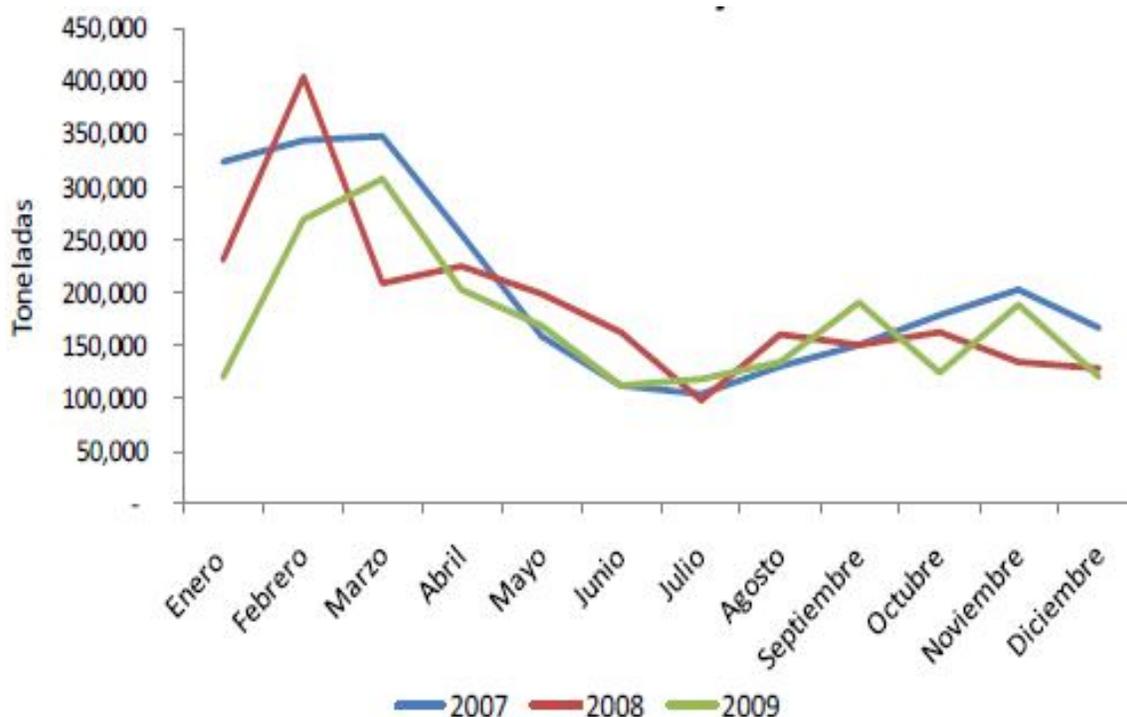


Figura 7. Producción estacional de jitomate en México.

Fuente: SAGARPA (2010).

En lo que respecta a las variedades de jitomate que se producen en el territorio mexicano, la de mayor distribución es saladette, representa el 56% del total, en segundo lugar se encuentra el jitomate bola, cuyo volumen de producción alcanza el 14% del total. En la distribución por estados, se encuentra Baja California como el principal productor de jitomate de bola, resalta el estado de Veracruz, como segundo productor de este tipo, ya que se encuentra ubicado en zona geográfica distinta a los líderes productores. El jitomate saladette es producido principalmente en Sinaloa, cerca del 50% del total nacional. Michoacán y San Luis Potosí participan con el 15 y 10%, respectivamente (SAGARPA, 2010).



### 1.10 Países exportadores

Los países que ocupan los primeros tres lugares en el ranking de mayores exportadores, comercializan poco más de 55% de total mundial. Holanda ocupa el primer sitio, con 22% del volumen de exportaciones mundiales de jitomate; México tiene el segundo lugar con 18% de las mismas; en tercer lugar, España con 17% del total mundial (Figura 8) (SAGARPA, 2010).

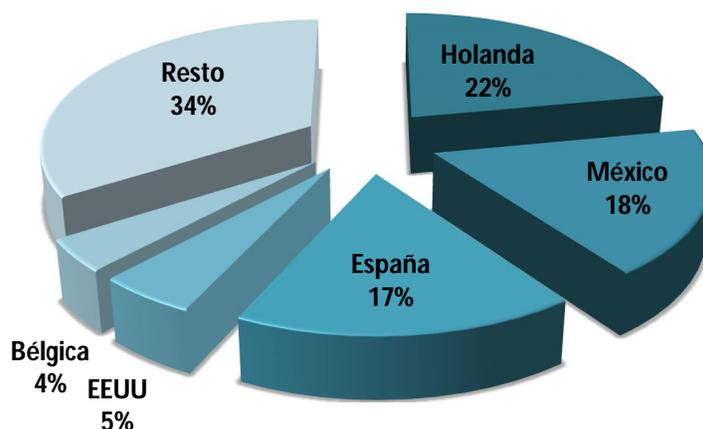


Figura 8. Participación del valor de las exportaciones mundiales.

Fuente: Elaborado con datos de la FAO (2010).

### 1.11 Manipulación de jitomate para consumo en fresco

El jitomate en fresco es acondicionado y se llevan a cabo las siguientes operaciones unitarias para su comercialización en fresco (Figura 9).

#### 1.11.1 Recolección, almacenamiento y refrigeración

La recolección se efectúa de forma manual y escalonadamente. Hay que considerar que las variedades están seleccionadas para adaptarse a un tipo preciso de recolección, según su estado de madurez. En el campo o invernadero, se eliminan los frutos muy inmaduros o sobremaduros, deformes, con daños fisiológicos, mecánicos o parasitarios, etc.

El transporte al almacén se realiza habitualmente en cajas de plástico, que se paletizan, evitando en todo lo posible el sobrellenado, los daños mecánicos, a los que el jitomate es



ANTECEDENTES

muy sensible, la insolación directa y la permanencia a elevadas temperaturas, porque favorecen la sobremaduración y las podredumbres posteriores (Artés y Artés, 2004).

El preenfriamiento del jitomate se considera esencial y se emplea normalmente la técnica de aire forzado húmedo (95-98% HR, con nebulización) y, en escasa medida, la refrigeración indirecta, con acumulación de hielo y circulación de agua fría. Las nuevas tendencias procuran una circulación del aire más eficaz para que mejore el coeficiente de conductividad, por un mayor contacto con los frutos, y un estricto control de la velocidad del aire para evitar que sea mayor de 4 m/s y aumente la deshidratación de los frutos y el coste energético (Artés y Artés, 2004).

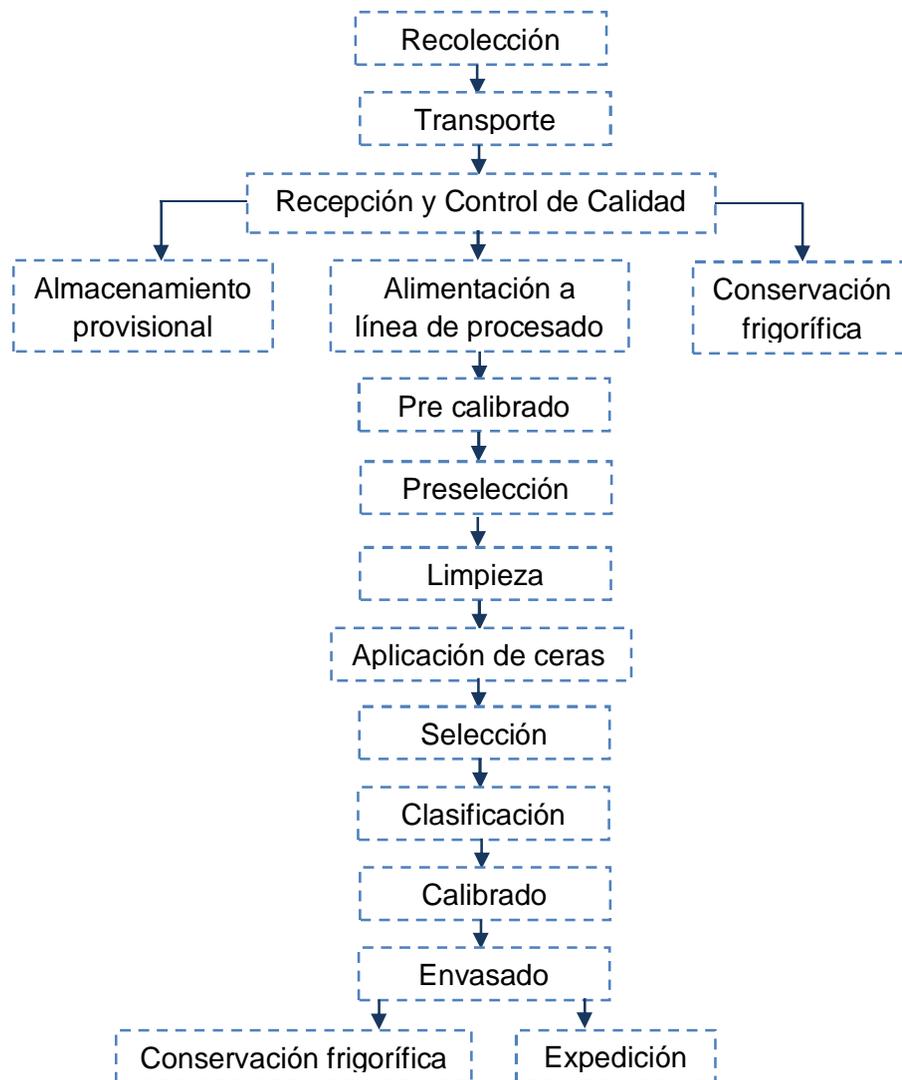


Figura 9. Manipulación de jitomate para consumo en fresco.

Fuente: Nuez (2001)



## ANTECEDENTES

### 1.11.2 Limpieza

La alimentación a la línea de manipulación se efectúa automáticamente, mediante despalletizador y volteador de cajas evitando también los daños mecánicos. Inmediatamente los frutos pasan por un precalibrador que elimina los calibres muy pequeños, no comerciales, y por un transportador de rodillos donde se preseleccionan para descartar los frutos no comercializables, los restos de material vegetal y posibles elementos extraños (Artés y Artés, 2004).

La limpieza se efectúa mediante un cepillado suave (tanto más cuanto más avanzada es la madurez) y extractor de polvo y residuos, y/o por lavado, generalmente en duchas de agua clorada (unas 100 ppm de cloro libre) a presión. El lavado facilita además la eliminación de residuos de tratamientos fitosanitarios precosecha (como mancozeb, metalaxyl, etilen-tiourea, etc). Se ha aconsejado que la temperatura del agua de lavado sea unos 5°C más elevada que la de los frutos para prevenir que el agua y microorganismos patógenos penetren en los frutos, realizándose esta operación en dos tanques, separados por una ducha de agua limpia (Artés y Artés, 2004). A continuación, el secado se efectúa por rodillos absorbentes y a continuación, junto a cepillos suaves se inyecta aire a temperatura ambiente, o a unos 40 a 50 °C como máximo, lo que facilita la fijación sobre la epidermis de las ceras naturales añadidas, cuando muy ocasionalmente se emplean y, sobre todo, evita riesgos de proliferación de microorganismos sobre los frutos mojados.

### 1.11.3 Inspección, selección, clasificación y calibrado

Las líneas que realizan estas operaciones disponen de mesas de inspección de rodillos giratorios y mecanización electrónica integrada del color, peso y calibre, para establecer hasta más de una veintena de categorías diferentes, con precisión superior al 95%, aunque en la práctica no se alcanza normalmente la decena. Los frutos se colocan sobre diabólos, cazoletas o tazas que los transportan a través del sistema, que determina automáticamente varios parámetros cuyos valores se comparan con datos prefijados. Para el peso se basan en su determinación mediante balanzas electrónicas, para el calibre, en el análisis de imagen por visión artificial y para el color, en el análisis por colorimetría de reflexión, con un analizador triestímulo (Artés y Artés, 2004).



## ANTECEDENTES

### 1.11.4 Envasado y empaquetado

El envasado permite mantener un microambiente favorable para la vida del jitomate, al aumentar el nivel de vapor de agua y, en su caso, generar una atmósfera modificada respecto del aire.

El envasado y empaquetado en cajas de transporte y distribución, tanto de frutos a granel como pre-envasados, se realiza tradicionalmente de forma manual, para 6 a 12 kg por caja. Es preferible efectuarlo sobre bandejas de alvéolos alojadas en cajas de cartón ondulado, para proteger mejor a los frutos en el transporte y la distribución, aunque se está extendiendo la disposición mecanizada de los jitomates en otros envases paletizables, mediante pequeñas ventosas de caucho con vacío, atendiendo exigencias comerciales (Artés y Artés, 2004).

### 1.11.5 Conservación frigorífica

El jitomate no suele requerir una conservación frigorífica prolongada, pero a veces es necesario almacenarlo para regular el mercado. En este proceso hay que tener presente que el jitomate es muy sensible a los daños por el frío, según el estado de madurez y la duración. El frío moderado en el jitomate (menos de 10°C) produce unos efectos directos y rápidos sobre las membranas, con daños a la célula, cuya gravedad depende de la intensidad y duración de la baja temperatura. También, puede tener una acción más gradual y duradera, que altera irreversiblemente el metabolismo del fruto tras unas 2 semanas. A partir de unos 6 días a temperaturas sub óptimas, los daños se manifiestan como depresiones de la epidermis (picado o “pitting”), ablandamiento, infiltración acuosa en los tejidos del mesocarpo, incapacidad para alcanzar la plena madurez, pérdida de aroma y aumento de la susceptibilidad a los ataques fúngicos. Un estrés severo por frío, que produce daños en pocos días, ejerce una acción irremediable, incluso letal. Pero si es limitado, puede tener consecuencias reparables, dependiendo del estado fisiológico, ya que los frutos inmaduros o precoces son más sensibles que los maduros o tardíos de la misma cosecha y que, con frecuencia, la sensibilidad al frío es inversamente proporcional al estado de madurez (Artés y Artés, 2004).

Los jitomates se pueden almacenar hasta 2 semanas en aire entre 5 y 12°C y 90% HR, según variedad, adoptándose las temperaturas más elevadas para los más inmaduros (Báez *et al.*, 1998). Por su parte, el Instituto Internacional del Frío recomienda entre 10 y



## ANTECEDENTES

16 °C, 90% HR y unas 3 semanas de conservación para el jitomate verde e inicio de pintón, y un rango de 7 a 10°C y unas 2 semanas de conservación para frutos maduros-firmes. Las condiciones recomendadas para transportar el jitomate verde-pintón son 12-13°C y una duración máxima de 20 días y para el jitomate maduro firme 7°C y 14 días, en ambos casos con una fuerte ventilación (Artés y Artés, 2004).

### 1.12 Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración

La recolección de los frutos implica una importante alteración en las condiciones naturales de su evolución y el proceso pos-recolección debe actuar para reducir los efectos que provocan esta operación, que son: supresión de la llegada de agua y elementos nutritivos, modificación en las condiciones de evolución del fruto, variaciones en la fisiología del fruto, riesgos de alteración por microorganismos, etc. (Nuez, 2001).

El factor esencial para cuidar la calidad en la comercialización consiste en efectuar la recolección con la madurez óptima, pues en los jitomates la recolección excesivamente anticipada provoca que se comporten como frutos no climatéricos y, si es demasiado avanzada, estarán muy blandos y excesivamente coloreados, muy sensibles a la manipulación y con una vida útil muy breve. A esta exigencia inicial debemos añadir la adecuada manipulación, evitando los daños mecánicos, y optimizar las condiciones del ambiente en su entorno (Nuez, 2001).

#### 1.12.1 Cambios en la fotosíntesis

Los jitomates verdes contienen clorofila y son capaces de fijar CO<sub>2</sub>, pero la actividad fotosintética neta es muy reducida. La cantidad de fotoasimilados fijada por el fruto es sólo el 10-15% de la necesaria para su crecimiento. Probablemente, la contribución más significativa de la luz y de la fijación oscura es conservar el carbono liberado para la respiración para la síntesis de proteínas y pigmentos durante la maduración (Nuez, 2001).

#### 1.12.2 Respiración

Al iniciarse la maduración, la respiración aumenta hasta alcanzar un máximo llamado pico climatérico en el que la producción de CO<sub>2</sub> aumenta hasta aproximadamente 20 ml CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, que representa el doble del mínimo pre-climatérico. Recientemente se ha observado que, cuando el fruto madura en la planta, no se produce el aumento típico de la respiración por lo que, la respiración climatérica en el jitomate podría no ser un



## ANTECEDENTES

requisito para la maduración, sino un artificio producido por la recolección del fruto (Nuez, 2001).

### 1.12.3 Biosíntesis de etileno

La producción de etileno se mantiene baja (menos de  $0,05 \text{ ml g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) durante el desarrollo del fruto. Coincidiendo aproximadamente con el inicio de la respiración climatérica, se produce un brusco incremento en la síntesis de etileno (producción autocatalítica) que alcanza un valor máximo de  $2-10 \text{ ml g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para descender a continuación. El etileno desempeña un papel importante en la iniciación y continuación de la maduración de todos los frutos climatéricos, induciendo un aumento en la respiración climatérica y el desencadenamiento de muchos, aunque no todos, los cambios subsiguientes que desembocan en la madurez completa (Nuez, 2001).

### 1.12.4 Pérdida de peso

La reducción de la temperatura es el principal factor a considerar en el control de la respiración y transpiración del fruto, y el crecimiento y acción de microorganismos.

La humedad relativa existente en el ambiente de almacenamiento constituye el segundo factor a considerar. La diferencia de presión de vapor, es decir la diferencia entre la humedad relativa de equilibrio del producto y la existente en su entorno, es la que provoca la transferencia de agua desde los frutos a la atmósfera que los rodea y, en consecuencia, de los factores ambientales y del propio fruto (tamaño, estado de madurez, permeabilidad de la epidermis, etc.), y su intensidad decrece durante el almacenamiento, pero ese decrecimiento sólo se produce de forma natural después de haber superado los niveles que hacen perder al jitomate su aceptación comercial (Nuez, 2001).

### 1.12.5 Carbohidratos

La acumulación de almidón durante el periodo de crecimiento rápido parece tener influencia en el contenido final de sólidos solubles totales. El almidón se acumula en el tejido locular y placentario, el cual empieza a hidrolizarse cuando el crecimiento del fruto alcanza el máximo, representando el 1% de la materia seca en el estadio verde maduro y el 0.03% del peso fresco en el fruto maduro.



## ANTECEDENTES

El azúcar principalmente glucosa y fructosa, representan alrededor de la mitad de la materia seca o el 65% de los sólidos solubles totales del fruto maduro (Nuez, 2001).

### 1.12.6 Compuestos nitrogenados

El contenido de nitrógeno total disminuye desde la formación del fruto hasta el inicio de la madurez, su evolución durante la maduración no parece tan clara. Se ha observado un aumento del nitrógeno (no proteico) soluble en alcohol durante la maduración y algunos autores han encontrado un pequeño aumento en el nitrógeno proteico precediendo al pico climatérico. Sin embargo, la información disponible es poco consistente. No obstante, hoy está fuera de duda que, aunque durante la maduración se produce una degradación importante de proteínas, también se sintetizan enzimas relacionados con los cambios que tienen lugar durante este periodo (Nuez, 2001).

### 1.12.7 Minerales

El nitrógeno, fósforo y potasio suponen más del 90% del contenido en minerales. Durante el desarrollo del fruto, el nitrógeno y el fósforo disminuyen desde el 3 al 0,6% y del 2 al 0,4% de la materia seca, respectivamente, mientras el potasio permanece constante, alrededor del 3% (Nuez, 2001).

### 1.12.8 Ácidos orgánicos

El contenido en ácidos orgánicos aumenta durante el desarrollo del fruto y se acumula en los lóculos principalmente. Los principales ácidos en el jitomate son el málico y el cítrico, que representan el 13% de la materia seca. Al principio del crecimiento el ácido málico es el predominante, mientras el cítrico sólo representa el 25%. El pH del jugo del fruto maduro oscila entre 4 y 4,8 (Nuez, 2001).

### 1.12.9 La poligalacturonasa y su papel en el cambio de textura

El ablandamiento del fruto es uno de los cambios más evidentes durante la maduración del jitomate. Este ablandamiento está asociado a profundos cambios estructurales en la pared celular e implica la solubilización de las pectinas. En este proceso se atribuye un papel fundamental a las enzimas pécticas y, en particular, a la poligalacturonasa (PG), ya que ésta degrada las paredes celulares a través de la degradación de la pectina que mantiene unidas las paredes celulares, conduciendo al ablandamiento progresivo del



## ANTECEDENTES

fruto, que si no se consumen llegará a un grado excesivo de blandura, no aceptable por el consumidor (Pérez y Zamora, 2002).

### 1.12.10 Componentes volátiles

La fracción volátil del jitomate está constituida por más de 400 sustancias, entre las que se encuentran hidrocarburos, éteres, fenoles, aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres, lactonas, compuestos sulfurados, aminas y una amplia gama de moléculas heterocíclicas.

La concentración en sustancias volátiles reductoras aumenta durante la maduración del fruto y es superior en los cultivos al aire libre que en los de invernadero. La maduración en la planta es preferible a la maduración post-recolección y el almacenamiento en refrigeración produce frutos con un aroma inferior (Nuez, 2001).

### 1.12.11 Pigmentos

El color verde de los jitomates inmaduros se debe a la clorofila. Con el inicio de la maduración la clorofila empieza a degradarse y se sintetizan los pigmentos amarillos, fundamentalmente xantofilas, y  $\beta$ -caroteno, que se hacen más aparentes con la progresiva destrucción de la clorofila. Posteriormente, aunque continúa la síntesis de dichos compuestos, el jitomate adquiere una coloración roja debido a la rápida acumulación de licopeno. El  $\beta$ -caroteno contribuye de forma importante al color del fruto en las primeras etapas de la maduración, alcanzando su valor máximo poco antes del total desarrollo del color y, junto al  $\alpha$ -caroteno, se encuentra en pequeñas cantidades en el fruto verde-maduro (Nuez, 2001).

## 1.13 Pérdidas postcosecha

Son consecuencia de alteraciones fisiológicas, físicas y patológicas. Estos últimos, dependen de la presencia de agentes microbianos de alteración en contacto con el producto y prosperan con facilidad a elevadas temperaturas y Humedad Relativa (HR), por lo que para combatirlos, debe reducirse cuanto sea posible la temperatura y gestionar bien la HR, evitando condensaciones. La magnitud de estas pérdidas varía en gran medida de acuerdo con el área de producción, la manipulación, el sistema de distribución y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo (Vargas, 1987).



## ANTECEDENTES

### 1.13.1 Desórdenes fisiológicos

#### 1.13.1.1 Daños por frío

Los jitomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10°C si se les mantiene en estas condiciones por 2 semanas a 5°C por un período mayor a los 6-8 días. Los síntomas del daño por frío son alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar completo color y pleno sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización prematura), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (especialmente pudrición negra, black mold, causada por *Alternaria* spp. (Ver Figura 10). El daño por frío es acumulativo y puede iniciarse en el campo antes de la cosecha (Suslow y Cantwell, 2002).



Figura 10. Pudrición negra en jitomate.

Fuente: Sandoval (2004)

#### 1.13.1.2 Maduración irregular

Se presentan áreas de color amarillo, madurando en forma heterogénea (ver Figura 11). Estos frutos son descartados en general en la caseta de empaque. Las principales causas son (Jaramillo *et al.*, 2007):

- Daño por enfriamiento.
- Virus (retrasan o suprimen la síntesis de licopeno en lugares del fruto).
- Exposición excesiva a altas temperaturas (aparecen áreas amarillas porque las temperaturas altas interfieren la síntesis de licopeno).

## ANTECEDENTES



Figura 11. Presencia de virus que dañan la maduración del fruto.

*Fuente: Jaramillo et al. (2007)*

### 1.13.1.3 Quemaduras de sol

Se presentan en la superficie del fruto, como llagas o quemaduras secas y de color blanco.

### 1.13.1.4 Fruto hueco o puffines

Una fertilización inadecuada origina un desarrollo incompleto de la sustancia gelatinosa que recubre la cavidad locular; el fruto hueco se produce además por mala polinización. Estos frutos se magullan más rápido que los demás, son más livianos y pueden ser separados en líneas de empaque que tengan descarga en agua, porque flotan (Jaramillo et al., 2007).

### 1.13.1.5 Podredumbre apical

Generada por problemas de traslocación del calcio. Se manifiesta en la parte apical de los frutos en forma de lesiones oscuras de aspecto seco (ver Figura 12).



Figura 12. Podredumbre apical del fruto.

*Fuente: Jaramillo et al. (2007)*



## ANTECEDENTES

### 1.13.1.6 Rajaduras o grietas

Pueden ser radiales o concéntricas, producidas por una expansión desigual de los tejidos durante el crecimiento o un simple fenómeno de turgencia. Ocurren normalmente, debido a la presencia de bajas temperaturas y rocío nocturno (ver Figura 13).



Figura 13. Agrietamiento del fruto.

*Fuente: Jaramillo et al. (2007)*

### 1.13.2 Daños mecánicos

Según distintas investigaciones, el daño mecánico produce más defectos durante la comercialización que todos los otros problemas combinados, incluyendo podredumbres.

Los frutos que son arrojados, en vez de ser depositados en el contenedor de cosecha, pueden deformarse si el contenedor de cosecha o transporte es muy profundo; pueden ser dañados durante el vaciado del cosechero en una mesa de selección o correa transportadora (si la mesa o correa transportadora están sucias, el movimiento de los frutos les causa abrasión); comprimidos en los cajones al ser embalados; los cajones pueden ser tirados, golpeados o comprimidos por peso; los caminos malos remueven los frutos y los magullan; los cajones, a su vez, pueden ser maltratados al descender del camión y, por último, los frutos pueden ser tirados y apretados en la bolsa del consumidor final (Jaramillo *et al.*, 2007).

El grado de madurez de los frutos tiende a influenciar el tipo y la cantidad de daño. La mayor incidencia de daño en frutos rojos que en verdes es lógica, porque cuanto mayor sea el grado de madurez, más blando será el fruto (FAO, 2007).



ANTECEDENTES

1.13.3 Plagas y enfermedades

Existen muchas plagas y enfermedades que atacan el cultivo del jitomate. La severidad de éstas varía según el clima y según la región. Algunas de estas se muestran en la tabla 4 y 5 (plagas) y tabla 6 y 7 (enfermedades).

**Tabla 4.** Principales plagas que afectan al jitomate

Principales plagas que afectan al jitomate			
	Insectos	Ácaros	Nematodos
<b>Chupadores</b>	Afidos/Pulgones	Ácaro blanco	
	Mosca blanca	Araña roja	
	Paratrioza		
	Trips		
<b>Masticadores</b>	Orugas		
	Gusanos		
<b>Minadores</b>	Minador de la hoja		Nematodo de la raíz

Fuente: Reho (2006)

En la Tabla 5 se muestra la descripción de algunas de las plagas, entre algunas otras:

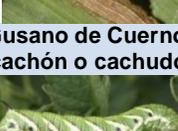
**Tabla 5.** Plagas en jitomate y características

Plaga	Nombre Científico	Características	Síntomas	Control
 <b>Afidos</b>	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Aulacorthum solani</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Myzus persicae</i>	Estos chupan la savia de la planta y transmiten virus.	Las hojas se enrollan hacia abajo, se arrugan, se marchitan y se decoloran.	Se controlan con enemigos naturales, prácticas culturales y aplicaciones de insecticidas.
 <b>Paratrioza</b>	<i>Paratrioza cockerelli</i>	Chupador. Succión la savia del fruto y su saliva es tóxica.	La toxina que inyectan en la hoja evita la formación del fruto.	Con agentes de control biológico y control químico.
 <b>Acaro Blanco</b>	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	La hembra puede ovipositar en el envés de las hojas más jóvenes.	Deformaciones de hojas, ramas y frutos debido a su saliva, deteniendo el crecimiento.	Existen numerosos acaricidas, aceites y jabones insecticidas, agentes biológicos contra ácaros depredadores.
 <b>Araña Roja</b>	<i>Tetranychus urticae</i> , <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	El adulto posee ocho patas y es casi microscópico (0.3 a 0.5 mm de largo).	El follaje adopta un aspecto blancuzco. El envés se ve recubierto de telarañas y por encima se arrastran los ácaros.	Destruir las malezas alrededor del campo. Seleccionar variedades de semillas con resistencia a la araña roja.



ANTECEDENTES

**Tabla 5.** Plagas en jitomate y características  
(Continuación)

Plaga	Nombre Científico	Características	Síntomas	Control
<b>Mosca Blanca</b> 	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>B. argentifolii</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	La identificación y diferenciación de los adultos se realiza en base a la posición de las alas.	Las plantas infectadas presentan menos vigor y las hojas se cubren con mielecilla.	Colocación de mallas en las bandas de los invernaderos; limpieza de malezas y tejidos de cultivos muertos, etc.
<b>Minador de la hoja</b> 	<i>Liriomyza sativae</i> , <i>Liriomyza trifolii</i>	El adulto de <i>Liriomyza sativae</i> es una mosca negra lustrosa con marcas amarillas.	En las hojas más dañadas, se reduce eficacia fotosintética y las plantas pierden la mayor parte de sus hojas.	Retiro de las hojas de jitomate infestadas. El empleo de insecticidas es un método de control más confiable.
<b>Nematodos</b> 	<i>Meloidogyne incognita</i>	Produce típicos nódulos en las raíces. Penetran desde el suelo.	Obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, implicando menor desarrollo de la planta.	Desinfección del suelo c/fumigantes; esterilización con vapor; tratamiento de raíces con productos químicos o biológicos.
<b>Gusano Cortador</b> 	<i>Agrotis sp.</i>	Son usualmente verdes, pardos, o amarillo suave.	Carcome la raíz y el tallo.	Los pesticidas impiden que accedan a las plantas.
<b>Hormiga o Bachaco</b> 	<i>Atta laevigata</i>	Conocida por la cabeza lisa y brillante, una de las más grandes en una colonia.	Son cortadoras de hojas.	Fungicidas
<b>Larva pasador o gusano cogollero</b> 	<i>Heteroderes laurentii</i>		Ataca las hojas dejando galerías en ellas.	Insecticidas
<b>Gusano de Cuerno, cachón o cachudo</b> 	<i>Cocytius antaeus</i>	Invernan como pupas en la tierra y se hacen más activos en julio.	Las larvas se alimentan de hojas y frutos. Los gusanos pueden defoliar una planta en menos de 3 días.	Los escarabajos predadores y las avispas parasíticas atacan las larvas manteniendo así las poblaciones bajo control.
<b>Chinches</b> 	<i>Cimex Lectularius</i>	De color negro con una banda amarilla sobre el pronoto.	Chupan savia y transmiten virus. En el lugar del picado se endurece la carne del fruto.	
<b>Taladrador</b> 	<i>Helicoverpa armigera</i>	Esta larva penetra en el tallo o en el cuello de las plantas grandes.	Se alimentan de los frutos y, emigran de un fruto a otro destruyendo varios en su desarrollo.	Control biológico con baculovirus, virus exclusivamente destruyendo insectos como bioinsecticidas.
<b>Barrenador, perforador del fruto</b> 	<i>Neoleucinodes elegantalis</i>	Su ciclo de vida pasa por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto.	Colocan sus huevos en frutos verdes; las larvas inician sus daños en las semillas tiernas hasta causar la pudrición del fruto.	Manejo Integrado del Cultivo.

Fuente: Reho (2006)



## ANTECEDENTES

**Tabla 6.** Principales enfermedades que afectan al jitomate

Principales enfermedades que afectan al jitomate		
Bacterianas	Fungosas	Virales
Cáncer bacteriano	Antracnosis	TMV
Mancha bacteriana	Cáncer del tallo/ Alternariosis	ToMV
Mancha negra del jitomate	Cenicilla	TYLCV
Marchitez bacteriana	Fusarium	TSWV
	Mancha gris de la hoja	CMV
	Moho gris	PVY
	Moho blanco	TBSV
	Tizón temprano	
	Tizón tardío	
	Verticilium	

Fuente: Reho (2006)

Las enfermedades de poscosecha de los productos agrícolas son aquellas que se presentan después de la cosecha, provocando el deterioro de los mismos antes de ser consumidos o procesados (SAGARPA, 2010; Mondoñedo *et al.*, 1981).

Las enfermedades pueden agruparse según sus causas en la forma siguiente (Mondoñedo *et al.*, 1981):

- De origen vegetal. Estas son causadas por hongos y bacterias.
- Causadas por virus. Como su nombre lo dice causadas por virus.
- Fisiogénicas. Estas son causadas por deficiencia de nutrientes y por factores adversos del clima.

Los frutos del jitomate son afectados por diversas enfermedades que ocasionan un alto índice de pérdidas:



ANTECEDENTES

Tabla 7. Enfermedades en jitomate y características

Enfermedad	Agente Causante	Descripción	Síntomas y daño al cultivo	Control
<b>Cáncer Bacteriano</b> 	<i>Clavibacter michiganensis</i>	Enfermedad vascular (sistémica) y superficial con una amplia gama de síntomas que resultan en pérdida del área fotosintética, marchitez y muerte prematura, así como producción de frutos no comerciables.	Marchitez, rizado y bronceado de las hojas, en un solo lado de la planta. Los síntomas se dividen en: superficiales (por colonización bacteriana de tejidos superficiales), y sistémicos (por invasión bacteriana del tejido vascular).	Semilla certificada, sana, o procedente de plantas y trasplantes sanos que hayan sido sometidos a un proceso de inspección. Quitar plantas infectadas mediante el corte a ras de suelo; desinfectar ropa y calzado.
<b>Mancha Bacteriana</b>  	<i>Xanthomonas campestris</i>	Enfermedad causada por <i>Xanthomonas campestris</i> pv. vesicatoria con síntomas similares a los de la mancha negra del jitomate	Las hojas infectadas muestran lesiones oscuras pequeñas que pueden causar el amarillamiento general de la hoja. El centro se vuelve irregular, café, ligeramente hundido, con superficie áspera y escamosa.	Semilla sana o tratada; trasplantes sanos certificados; rotar los cultivos con plantas no hospederas; rociar plantas con estreptomycin antes del trasplante y aplicar una mezcla de mancozeb.
<b>Mancha negra del jitomate</b> 	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Ataca a todas las partes aéreas de la planta: hojas, tallos, peciolo y flores. Las condiciones óptimas de desarrollo son temperaturas de 20 a 25 °C y períodos húmedos.	En las hojas aparecen pequeñas manchas negras rodeadas de una aureola amarilla. También aparecen manchas negras de forma irregular en tallo, peciolo y borde de los sépalos. Sólo los frutos verdes son atacados, observándose pequeñas marcas negras hundidas.	Eliminación de malezas, plantas y frutos enfermos; utilización de semillas sanas o desinfectadas y trasplantes sanos, y una fertilización equilibrada. Puede efectuarse también el control químico.
<b>Antracnosis</b> 	<i>Colletotrichum</i> sp	Enfermedad causada por el hongo <i>Colletotrichum</i> sp. durante períodos cálidos y húmedos.	En frutos maduros, en forma de manchas circulares acuosas hundidas. Las lesiones aumentan de tamaño, se vuelven más hundidas y se oscurece la sección central. Las esporas son color salmón.	Se aconseja plantar en suelos con buen drenaje; rotación de cultivos de 3 a 4 años. Control químico a base de fungicidas cuando el fruto se forma en el primer racimo.
<b>Cáncer del tallo</b>	<i>Alternaria</i> sp.	Se conoce como cáncer del tallo por <i>Alternaria</i> debido a su agente causal <i>Alternaria</i> sp., y suele abreviarse como ASC por sus siglas en inglés ( <i>Alternaria Stem Canker</i> ).	En trasplantes produce un chancro negro en el tallo a ras del suelo. En pleno cultivo las lesiones aparecen tanto en hojas como en tallos, frutos y peciolo. Los frutos presentan lesiones pardo-oscuras.	Se recomienda la eliminación de malezas, plantas y frutos enfermos; manejo adecuado de la ventilación y el riego; uso de semillas sanas y trasplantes sanos; y fertilización equilibrada.
<b>Cenicilla Polvorienta</b> 	<i>Leveillula taurica</i> , <i>Erysiphe orontii</i> y <i>oidium lycopersicum</i>	<i>L. taurica</i> : se manifiesta en climas cálidos y semiáridos. <i>E. orontii</i> : en regiones templadas y tropicales. <i>O. lycopersicum</i> afecta a cultivos de campo abierto e invernadero.	Manchas amarillas en el haz que se vuelven necróticas en el centro. En <i>O. lycopersicum</i> se muestra micelio superficial de color blanco con bordes amarillos en las hojas.	Se recomienda la eliminación de malezas y restos de cultivo, y uso de variedades resistentes y trasplantes sanos. Se puede usar control químico con fungicidas.



ANTECEDENTES

**Tabla 7. Enfermedades en jitomate y características**

(Continuación)

Enfermedad	Agente Causante	Descripción	Síntomas y daño al cultivo	Control
 <p><b>Fusarium</b></p>	<i>Fusarium oxysporum</i>	La diseminación se realiza mediante semillas, viento, labores de suelo, plantas enfermas o herramientas contaminadas. La temperatura óptima de desarrollo es de 28 °C.	Los primeros síntomas corresponden a la caída de peciolo de las hojas superiores. En ocasiones el amarillamiento comienza en las hojas inferiores y termina por secar la planta.	Puede realizarse control preventivo y rotación de cultivos, que reduce el patógeno en suelos infectados; eliminación de las plantas enfermas, etc., control químico.
<p><b>Mancha Gris de la Hoja</b></p>	<i>Stemphylium solani</i>	Se desarrolla principalmente en climas cálidos. Se disemina por viento o lluvia. Las condiciones propicias para la enfermedad son la humedad (20-30 °C).	Afecta al follaje de las plantas. Aparecen motas circulares de color café a negro. En ocasiones desarrollan una mancha gris en el centro rodeada de una aureola amarilla.	Uso de variedades resistentes; inspección de las plantas para detectar los primeros síntomas de la enfermedad y aplicar fungicidas protectores. Eliminar malezas.
 <p><b>Tizón Tardío</b></p>	<i>Phytophthora infestans</i>	Las esporas se transportan a largas distancias por viento y lluvia. Las condiciones de humedad y frío favorecen su desarrollo.	Afecta y destruye hojas, ramas y frutos. El 1er. síntoma es doblamiento hacia abajo del peciolo de hojas infectadas. Las lesiones en el fruto tienen aspecto grasoso.	No se debe sembrar en suelos donde se ha cultivado papa. Aplicación de fungicidas.
 <p><b>Tizón Temprano</b></p>	<i>Alternaria Solani</i>	En las hojas, hay manchas circulares a ovaladas café oscuro. El hongo es más activo a temperaturas suaves o templadas y tiempo lluvioso.	Las manchas se agrandan y destruyen las hojas, exponiendo el fruto al sol. El fruto tiene consistencia de cuero y se cubre de esporas negras.	Inspección del cultivo 2 veces por semana; si se utiliza aspersión, se debe regar temprano para permitir la correcta aireación de plantas; y fungicidas.
 <p><b>Marchitez por Verticillium</b></p>	<i>Verticillium sp.</i>	El hongo penetra en la raíz mediante filamentos radiculares rotos; produciendo una toxina que ocasiona la marchitez y manchado de hojas.	Parches amarillos en las hojas inferiores, venas color café y por último manchas secas color café, similares a las producidas por tizón temprano.	Eliminación de malezas; destrucción de restos de cultivo; uso de plantas sanas; rotación de cultivos. Los químicos son pocos eficaces.
 <p><b>Virus del mosaico del tabaco</b></p>	TMV: Tobacco Mosaic Virus	Puede transmitirse por la semilla y por la actividad humana. Puede estar presente en productos de tabaco (cigarros, cigarrillos, etc.).	Aparición de un diseño en forma de mosaico verde claro y oscuro en las hojas. Los frutos no suelen mostrar síntomas, pero se reducen en número y tamaño.	Medidas higiénicas para prevenir la introducción y difusión del virus; eliminar cualquier planta sospechosa tan pronto como se detecte.
 <p><b>Virus del mosaico del Tomate</b></p>	TOMV: Tomato Mosaic Virus	Se transmite por la semilla y por interacción mecánica.	En hojas hay formación de un mosaico verde claro y oscuro. En frutos se observan manchas café oscuro externas e internas en frutos maduros; manchas blancas anubarradas en frutos verdes, y necrosis.	El control consiste en evitar la transmisión mecánica; eliminar las variedades afectadas y utilizar variedades resistentes.

Fuente: Reho (2006), Jones (2001)



## ANTECEDENTES

Las principales enfermedades fisiogénicas causadas por deficiencias de nutrientes, son las siguientes (Mondoñedo *et al.*, 1981):

- Deficiencia de magnesio. Ésta se presenta como un amarillamiento de las hojas a media altura de la planta. La nervadura queda verde. Entre las causas están un pH bajo, una salinidad elevada y un exceso de potasio. El control consiste con 1 a 1.5 kg de sulfato de magnesio por 100 litros de agua. Se repite la aspersion cada 10 a 15 días.
- Grietas concéntricas. Estas son causadas por una excesiva insolación del fruto.
- Grietas radiales. Este agrietado del fruto es causado por excesiva absorción de agua y por deficiente transpiración.
- Malformación de las flores o de la inflorescencia. Esto ocurre a causa de un exceso de nitrógeno y demasiado riego.
- Podredumbre apical del fruto. Esto ocurre a causa de una falla en la absorción del agua. Un suelo seco, un pH bajo, una salinidad elevada y una estructura deficiente del suelo agravan el problema.

### 1.14 Podredumbre (*Fusarium ssp.*)

El hongo causante de la enfermedad (*Fusarium oxysporum f.sp lycopersici*) es un hongo cosmopolita, cuyo ciclo de vida incluye un crecimiento saprofítico y un crecimiento parasitario con distintas fases cada uno de ellos, se presenta principalmente como saprófito en el suelo, o también como patógeno especializado, denominado *forma especial (f. sp.)*, según la planta hospedante u hospedantes relacionados que afecte, gracias a los diversos mecanismos que tiene el hongo para vencer las defensas de muchas plantas (Guevara, 1997). Se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento, con una tasa diaria cercana a un centímetro en medio de papa-dextrosa agar (PDA) a 25 °C. La morfología de las colonias es muy variable y puede presentar dos tipos: una de tipo micelial caracterizada por la producción de abundante micelio aéreo, algodonoso, con una coloración variable, de blanco a rosado durazno y pocas microconidias (Garcés *et al.*, 2001).

El hongo produce tres clases de esporas (Garcés *et al.*, 2001):



## ANTECEDENTES

- Microconidias: esporas generalmente unicelulares, sin septas, hialinas, elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas.
- Macroconidias: esporas de paredes delgadas, fusiformes, largas, moderadamente curvadas en forma de hoz, con varias células y de 3 a 5 septas transversales.
- Clamidosporas: esporas formadas a partir de la condensación del contenido de las hifas y de las conidias, de paredes gruesas.

La fase parasitaria se inicia con la penetración de los tejidos del huésped y entrada a su sistema vascular; a continuación se produce colonización del sistema vascular con expresión de los síntomas en la planta. La fase saprofitica de crecimiento se inicia cuando los tejidos infectados del huésped empiezan a manifestar síntomas de senescencia y a morir (Guevara, 1997).

La formación de clamidosporas empieza cuando los niveles de carbohidratos descienden en los tejidos moribundos del huésped. Se forman, terminal o intercaladamente, a partir de hifas, tubos germinativos o macroconidios y generalmente están aisladas aunque ocasionalmente forman pares o cadenas. Conforme los tejidos del huésped se desintegran, las clamidosporas son liberadas al suelo, individualmente o junto con hifas en los restos vegetales. Una vez en el suelo con capaces de permanecer quiescentes durante varios años gracias a la pared fuertemente engrosada y a las reservas almacenadas, con fases de crecimiento esporádicas mientras esté disponible una fuente de nutrientes adecuada. Esta fuente de nutrientes, que puede proceder de exudados radiculares de plantas, tanto huésped como no huésped, o de desechos orgánicos en el suelo, estimula la germinación de nuevas clamidosporas. Cuando la fuente de nutrientes se agota, se forman nuevas clamidosporas con reservas frescas (Guevara, 1997).

La enfermedad se caracteriza por la aparición unilateral de los síntomas de marchitamiento, acompañado del amarillamiento parcial de las hojas y el doblamiento de los brotes hacia el lado de la planta enferma (Garcés *et al.*, 2001). El primer indicio aparece al inicio de la floración o formación de primeros frutos y es un amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales gradualmente se marchitan, mueren adheridas a la planta y posteriormente caen al suelo. Los síntomas pueden aparecer en un solo lado de la planta (ataque en el tejido conductor de algunas ramas) mientras que el resto permanece sano; al hacer un corte transversal en la parte baja del tallo se observa una coloración café



## ANTECEDENTES

oscuro del tejido vascular (xilema). Las plantas en estas condiciones presentan achaparramiento, finalmente puede morir la planta y producir solo algunos frutos de baja calidad (Figura 14) (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Una vez que la espora ha alcanzado la superficie del huésped se inicia el ciclo de infección (Figura 15), donde el hongo puede estar en la semilla o en el suelo, las clamidosporas pueden permanecer viables por más de cinco años y puede ser diseminado por suelo contaminado, agua de lluvia, implementos agrícolas, por la semilla, transplantes y agua de riego (Álvarez y Delgadillo, 2004). Las condiciones de cultivo pueden afectar a la velocidad de crecimiento, rendimiento y calidad del fruto (Guevara, 1997). El daño es más intenso de 21 a 33 °C. Las plantas mueren de 2 a 4 semanas después de la infección. Otras condiciones que lo favorecen son días cortos, pocos luminosos, alto contenido de nitrógeno combinado con bajo contenido de potasio (Álvarez y Delgadillo, 2004).

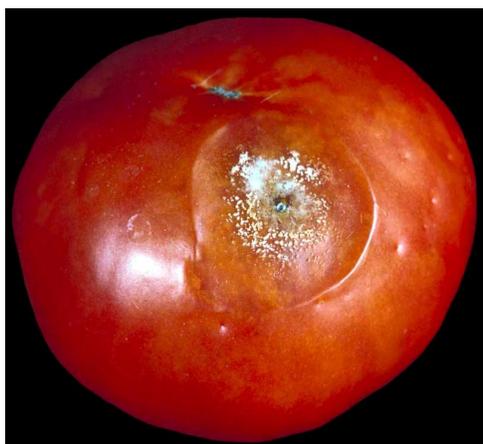


Figura 14. Podredumbre en jitomate.

*Fuente: Universidad de California, Davis (2012)*

Generalmente el ciclo empieza con la presencia de macroconidios, microconidios, micelio y/o clamidosporas en el suelo infestado; éstos germinan y penetran por heridas o aberturas naturales, atacando el xilema e invadiéndolo todo con lo cual éste adquiere una tonalidad amarillo ocre a café, la cual externamente se manifiesta como una clorosis; el micelio sigue desarrollándose y llega a invadir las células adyacentes al xilema; después se presenta una marchitez y la muerte de la planta. Las toxinas (lycomarasmina y ácido fusárico) y la obstrucción mecánica (tilosas) de los tejidos son los responsables de la marchitez y muerte de la planta (Álvarez y Delgadillo, 2004).

ANTECEDENTES

Es una de las enfermedades más severas en invernadero, ya que ataca flores, frutos y tallos. En el campo, la incidencia de la enfermedad aumenta cuando hay periodos prolongados de humedad y temperaturas bajas (15-20°C).

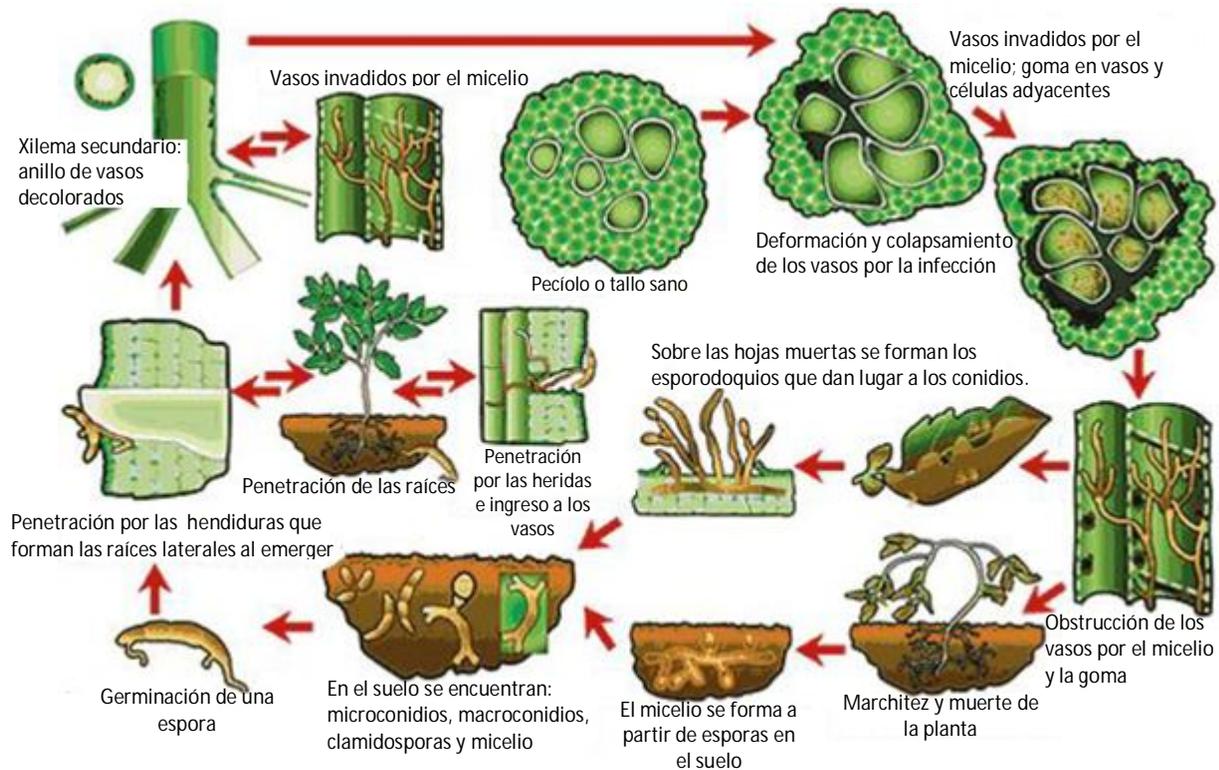


Figura 15. Ciclo de la enfermedad del hongo *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

Fuente: Nuño (2007)

1.15 Métodos de conservación del jitomate

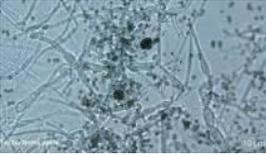
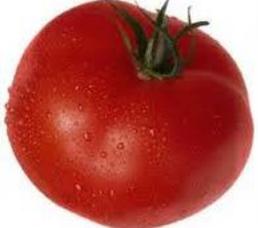
El control de enfermedades se basa en el empleo de productos químicos, sin embargo, han provocado la selección de poblaciones resistentes, además del riesgo de contaminación en condiciones intensivas y ambientes cerrados (Salas y Vera, 2006).

Por ello, entre las opciones de manejo se han considerado diferentes métodos de conservación del jitomate (Tabla 8), siendo uno de los más actuales y con pocos estudios el control con productos naturales, como el caso de aceites esenciales.



ANTECEDENTES

**Tabla 8.** Métodos de conservación del jitomate

Método	Condiciones	Referencia
<p><b>Ozono</b></p> 	<p>Aplicación de ozono gaseoso o agua ozonizada que es utilizado como agente antimicrobiano, siendo 1.5 veces más fuerte que el cloro.</p> <p>El agua ozonizada se puede emplear por aspersión o lavado en canal, la cual se recupera y se trata en combinación de ozono y filtración para reducir su uso.</p> <p>El ozono gaseoso se puede usar para sanitizar alimentos en almacenes y durante el transporte para prevenir bacterias, hongos y levaduras en la superficie de los alimentos.</p>	<p>Morales (2008).</p>
<p><b>Control biológico</b></p> 	<p>Uso de hongos entomopatógenos para el control de <i>Bemisia tabaci</i> (mosca blanca). Se utilizaron esporas de <i>Paecilomyces farinosus</i> (<math>1 \times 10^7</math> esporas/ml) y <i>P. javanicus</i> en la misma dosis; aplicados en las tardes para evitar su inactivación por la luz solar.</p>	<p>Ruiz y Medina (2001).</p>
<p><b>Película comestible</b></p> 	<p>Recubrimientos de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado. Almacenamiento por 4 semanas en cámara de refrigeración a <math>15 \pm 2</math> °C y <math>90 \pm 2\%</math> HR.</p>	<p>Galiotta <i>et al.</i> (2004).</p>
<p><b>Atmósfera controlada</b></p> 	<p>O<sub>2</sub> de 3-5%, CO<sub>2</sub> al 5% a temperatura de 7°C con HR de 95%.</p>	<p>García <i>et al.</i> (2006).</p>
<p><b>Atmósfera modificada</b></p> 	<p>Recipientes herméticos con una relación 1:3 (fruto-volumen). Se almacenaron a 10°C durante 23 días. La cantidad de agente oxidante atmosférico (AOA) fue de 3 g/kg de fruto.</p>	<p>Nieto (2006).</p>



### 1.16 Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles que envuelven el producto, creando una barrera semipermeable a gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y vapor de agua.

Estos recubrimientos también mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad estructural del producto que recubren, a retener compuestos volátiles y también pueden llevar aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, etc.).

Cuando los frutos son cubiertos por películas comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y por tanto retrasa el proceso de senescencia del producto. Además, crean una barrera a la transferencia al vapor de agua retrasando el deterioro del producto hortofrutícola por deshidratación (Pérez-Gago *et al.*, 2008).

En general, los recubrimientos comestibles (RC) están compuestos de ceras naturales, polisacáridos y proteínas, formando un envase ideal desde el punto de vista medioambiental, puesto que son biodegradables y pueden ser consumidos con el producto (Amaya *et al.*, 2010).

Para la formación de un RC se necesita en primer lugar una solución que pueda constituir una matriz estructural con suficiente cohesión. Existen dos grandes grupos de materiales usualmente empleados en la elaboración de RC: polisacáridos y proteínas. Entre los polisacáridos más empleados como base para formar RC se encuentran: almidones, maltodextrinas, metilcelulosa, carboximetilcelulosa, quitosano, pectina, alginato y gelano. Generalmente se combinan dos o más materiales con el fin de mejorar el intercambio de gases, la adherencia y las propiedades de permeabilidad a la humedad. Además de los componentes de naturaleza polimérica (matriz) y lipídica, otro componente importante de los RC son los plastificantes. Éstos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador del recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos. Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etc. Siendo el glicerol uno de los más utilizados (Rojas-Graü, 2007).



## ANTECEDENTES

La incorporación de agentes antimicrobianos dentro de recubrimientos comestibles constituye una técnica innovadora en el mantenimiento de la seguridad, inocuidad y vida útil de alimentos. Entre los principales agentes antimicrobianos incorporados en RC se encuentran sorbatos, ácidos, bacteriocinas, lisozima y, más recientemente, aceites esenciales (AE). Los AE pueden ser añadidos a los RC para modificar su sabor, aroma, olor e introducir propiedades antimicrobianas (Rojas-Graü, 2007).

### 1.16.1 Aceites esenciales

Se conoce como “aceites esenciales” (AE) a los principales productos aromáticos que existen en diversas partes de las plantas. Debido a que se evaporan por exposición al aire a temperatura ambiente, se denominan: aceites volátiles, aceites etéreos, aceites esenciales o esencias (Alzate *et al.*, 2009).

Son productos obtenidos de materias primas naturales por destilación, habitualmente con agua o vapor como en casos de frutos cítricos, mediante un proceso mecánico. Se caracterizan por ser una mezcla compleja de varios compuestos de aromas volátiles pertenecientes a diferentes clases de la química orgánica: hidrocarburos (principalmente terpenos, cuya fórmula es  $C_{12} H_{16}$ ), alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres y fenoles (Alzate *et al.*, 2009).

La aplicación de AE es un método muy atractivo para controlar enfermedades tanto en cosecha como en post-cosecha. Estos materiales son una mezcla compleja de compuestos volátiles producidos en diferentes partes de las plantas, y han sido reconocidos por poseer diversas funciones, incluyendo conferir la resistencia a plagas y enfermedades; algunos AE, así como sus constituyentes, han demostrado poseer propiedades antibacterianas y antifúngicas (Alzate *et al.*, 2009).

El AE de tomillo, *Thymus vulgaris*, presenta como componente mayoritario el timol y en algunas variedades su composición puede alcanzar valores hasta del 80%. Los AE obtenidos de las especies de *Thymus* han sido reconocidos por su actividad antibacteriana y antifúngica, razón por la cual se emplean a nivel industrial. El AE de limón, *Citrus limonium*, presenta como componente mayoritario el limoneno, alcanzando valores del 63% (Cerutti y Neumayer, 2004). Por su aroma a limón, tiene una alta demanda industrial y ha sido utilizado en la industria alimenticia, principalmente en la



## ANTECEDENTES

elaboración de saborizantes y aromas alimenticios (Alzate *et al.*, 2009). El AE de canela, *Cinnamon*, presenta como componente mayoritario el cinamaldehído, de la misma manera es empleado a nivel industrial y su concentración puede variar entre el 60 y el 75% del total (Figura 16).

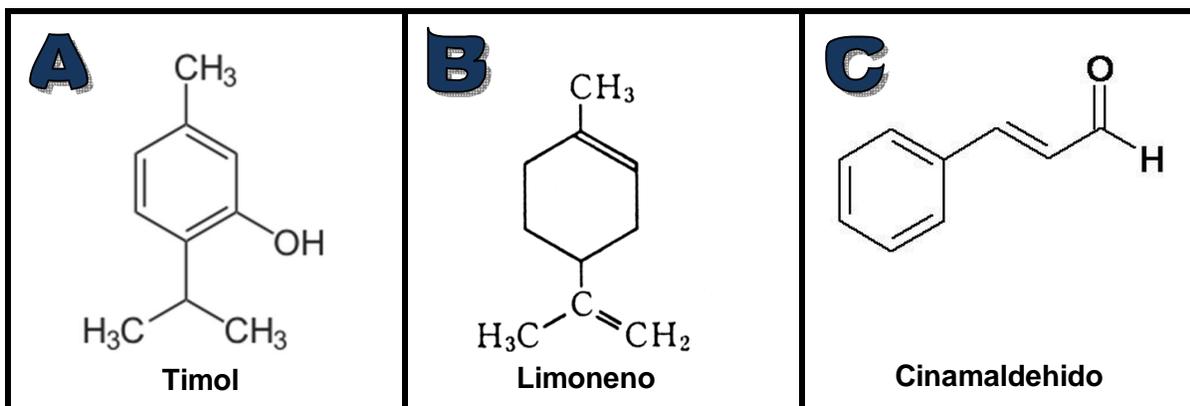


Figura 16. Estructuras químicas de los componentes mayoritarios de los aceites esenciales de (A) tomillo, (B) limón y (C) canela.

Existen diferentes trabajos que se han realizado y estudiado detenidamente acerca de RC sobre frutos, dentro de los cuales se mencionan los siguientes: películas con ácidos orgánicos para inactivar la *Escherichia coli* en papaya mínimamente procesada, combinación de calcio más cera en mangos 'kent' almacenados a 20°C por 15 días por el método de inmersión, quitosan y cera natural en manzanas Granny Smith a 10°C por 5 semanas, quitosan más vitaminas o calcio en el almacenamiento de fresas, terpeno de origen vegetal con diferentes métodos de aplicación (inmersión, pulverizado manual y aplicación convencional) para conservar cítricos, solución de cera comestible y agua en mango Tommy Atkins, soluciones de alginato-ácido-grasa previa inmersión en solución de calcio para conservar manzana mínimamente procesada, alginato con agentes antimicrobianos en manzana envuelta en film de polipropileno almacenada a 4 °C, cera de carnauba en la conservación de guayabas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración, gel a base de Aloe vera durante el almacenamiento refrigerado de cereza dulce (Amaya *et al.*, 2010).

El almidón de yuca también se usó en diferentes proporciones (0, 2, 3 y 4%) y se evaluó el efecto al desarrollar películas de almidón de yuca secas al aire y almacenadas a 5°C y 95% HR durante 8 días, sobre la calidad (pérdida de masa, pH, sólidos solubles, acidez



## ANTECEDENTES

titulable, color y firmeza) y vida útil del pepino (*Cucumis sativus de L.*) encontrándose que la película al 4% presentó mayor firmeza y retraso en el desarrollo de los sólidos solubles (Amaya *et al.*, 2010).

Igualmente, se evaluó la maduración de papaya revestida con película a base de almidón de yuca aplicada por inmersión en soluciones al 1, 2 y 3%, a temperatura ambiente; las soluciones al 1 y 3% conservaron el fruto por 4 días sin variación de su calidad y retrasaron los procesos de maduración, decoloración y firmeza (Amaya *et al.*, 2010).

En otro trabajo usaron películas de almidón de yuca en la valoración de la pérdida de masa (%), firmeza de la fruta y de la pulpa, acidez titulable, sólidos solubles totales, índice de madurez, pH, color de la cáscara y de la pulpa de mangos inmersos en soluciones al 0, 1, 2 y 3% durante 3 minutos, secadas al aire y almacenados a temperatura ambiente (29°C y 87% HR); las frutas fueron analizadas a los 0, 3, 6, 9 y 12 días, encontrando que en los frutos tratados con solución al 3% se redujo la pérdida de agua y se mejoró el aspecto visual mientras que el tiempo de vida útil fue de 12 días frente a 7 que duró el testigo (Amaya *et al.*, 2010).

Igualmente, se probó una microemulsión a base de almidón de yuca y cera de abeja en melocotón almacenado a temperatura ambiente y se comprobaron los cambios en la composición física, química y fisicoquímica, en donde se verificaron picos del orden de 40 mg de CO<sub>2</sub>/kg\*h en la tasa de respiración, mientras que el efecto de la microemulsión mostró ser similar al de la cera en todos los atributos. Se evaluó la influencia de la concentración de almidón, contenido de glicerol y pH de un recubrimiento de almidón y gelatina sobre la permeabilidad al dióxido de carbono, propiedades mecánicas y firmeza del aguacate, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos con valores de 0,6 N en frutos recubiertos y 0,3 N en frutos no recubiertos (Amaya *et al.*, 2010).

El jitomate ha sido sometido a tratamientos con una película de proteína de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado para evaluar la vida útil a 15°C y 90% H.R durante 4 semanas y con zeína para medir el efecto sobre la calidad postrecolección a 20°C, encontrando que los frutos recubiertos tuvieron una tasa de respiración menor que la de los frutos sin tratar y que la evolución de la firmeza se retrasó (Amaya *et al.*, 2010).



---

## ANTECEDENTES

---

Existe un trabajo de aplicación de almidón de yuca en jitomate, en donde los frutos fueron sumergidos en suspensiones al 2 y 3% en agua, secos y almacenados en condiciones ambientales (16- 21°C y 51- 91% H.R) para evaluar la pérdida de masa, pH, textura y sólidos solubles totales a los 0, 4, 8, 11, 14, 18 y 22 días, donde no existió influencia en la pérdida de masa y textura, pero si en la presentación del fruto, siendo la suspensión al 3% la que mejores características proporcionó (Amaya *et al.*, 2010).

*Objetivos*



---

## OBJETIVOS

---

### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo general

Determinar el efecto que tiene la aplicación de recubrimientos formulados a base de ceras y compuestos naturales volátiles para controlar la podredumbre en la etapa de postcosecha del jitomate tipo saladette y mejorar su calidad en fresco.

#### 2.2 Objetivos particulares

##### Objetivo particular 1

Realizar la caracterización química, física y de calidad del jitomate en fresco tipo saladette almacenado en refrigeración para conocer su comportamiento postcosecha.

##### Objetivo particular 2

Evaluar las concentraciones (2000, 3000 y 4000 ppm) de los aceites esenciales de limón, canela y tomillo que permitan inhibir el crecimiento del hongo *Fusarium ssp.* mediante pruebas *in vitro*.

##### Objetivo particular 3

Realizar la formulación de los recubrimientos a base de ceras (candelilla, carnauba y abeja) adicionado de aceite esencial (limón, canela, tomillo) para obtener la formulación que presente buenas propiedades físicas para ser aplicada en jitomate fresco.

##### Objetivo particular 4

Evaluar el efecto de los recubrimientos a base de ceras en los parámetros de calidad (pH, acidez, textura, sólidos solubles, índice de decaimiento y pérdida de peso), nutrimentales (vitamina C y licopeno) y fisiológicos (respiración) en jitomate cultivado en invernadero y huerta almacenado en refrigeración.

*Materialles*

*y*

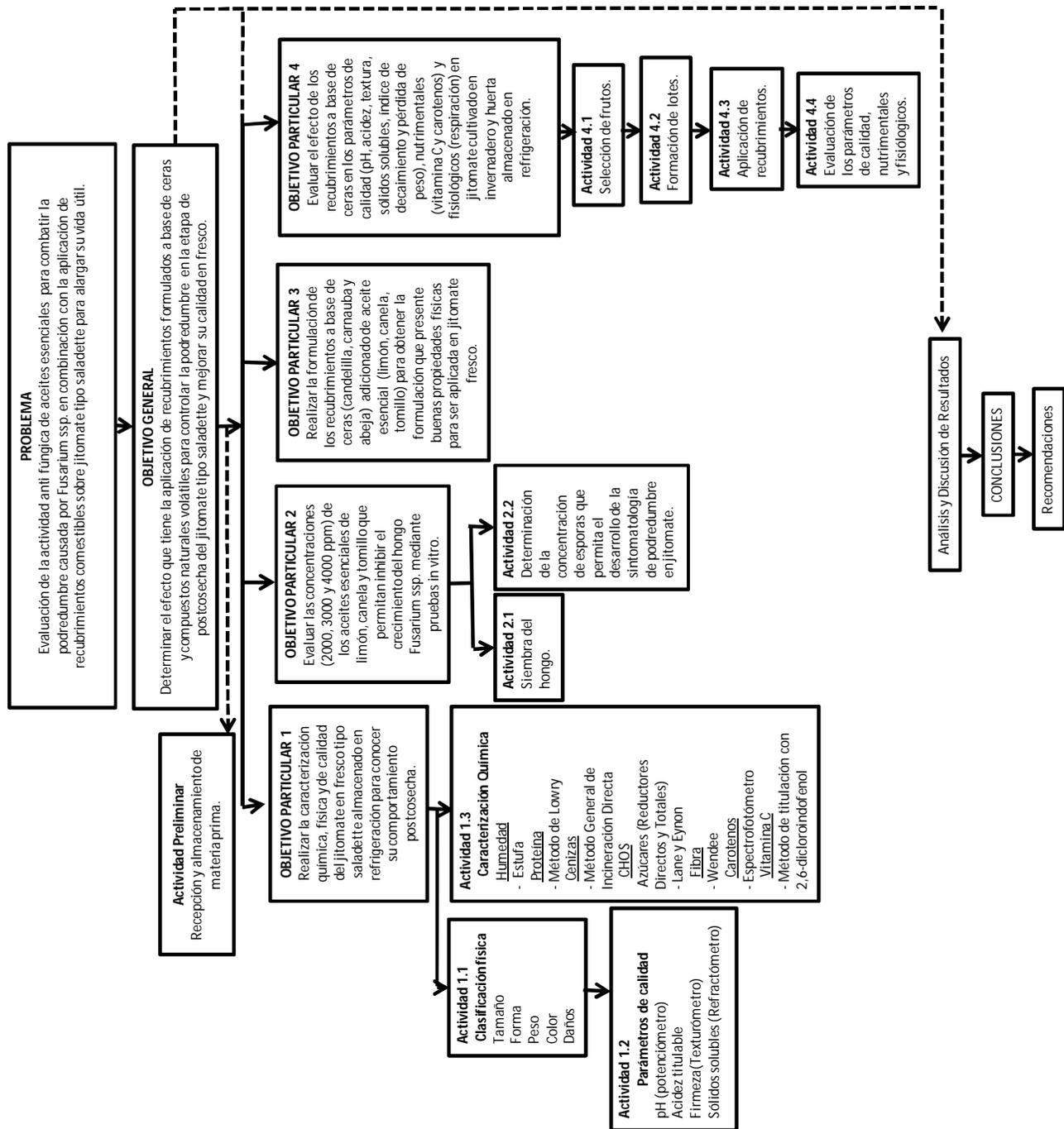
*Métodos*



MATERIALES Y MÉTODOS

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Cuadro metodológico





### 3.2 Material biológico

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fue adquirido en estado de madurez pintón (jitomate verde con tonos rojos) o rayado (NMX-FF-031-1997-SCFI) proveniente de la Central de Abastos del Municipio de Tultitlán del Estado de México, originario de una huerta del Estado de Morelos y jitomate proveniente de la Central de Abastos del Distrito Federal cultivado en invernadero.

### 3.3 Tratamiento de la muestra

Los jitomates se lavaron con agua y jabón, se secaron, clasificaron y almacenaron en una cámara de refrigeración a temperatura de 12 °C con HR de 90%. Durante la clasificación se eliminaron los frutos que presentaron enfermedades, daños mecánicos ó por insectos.

### 3.4 Evaluación de los parámetros físicos, químicos, nutrimentales y de calidad

Los parámetros físicos (tamaño, peso, color), químicos (humedad, carbohidratos, proteínas, cenizas, fibra cruda), nutrimentales (vitamina C, licopeno) y de calidad (pH, acidez, firmeza, sólidos solubles) se determinaron como se describen en el apartado 3.12 de métodos analíticos.

### 3.5 Obtención de cepas de patógeno

El hongo fue aislado de frutillas maduras afectadas por la enfermedad, tomando una pequeña cantidad de estas con ayuda de una aguja de disección realizándose una resiembra por superficie en tres puntos equidistantes en medio PDA. El hongo se incubó a  $25 \pm 1$  °C por siete días sometiéndolo a foto-período que se realizó mediante la exposición del hongo a 12 horas de luz blanca y 12 horas de luz oscura para propiciar la esporulación. Las colonias presentaron un crecimiento de micelio blanco y en el fondo de la caja se observó color salmón (Figura 17).

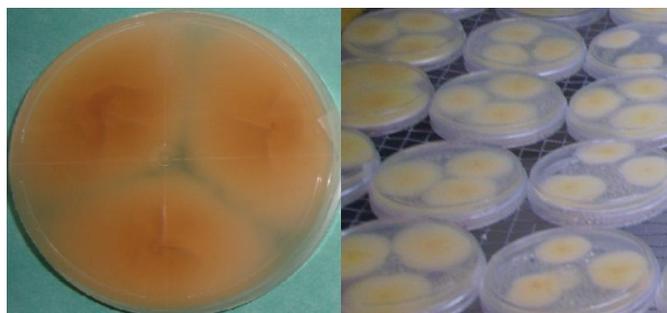


Figura 17. Colonias esporuladas de *Fusarium* ssp.



### 3.6 Desarrollo de pruebas *in vitro*

Para las pruebas *in vitro* se trabajó con tres aceites esenciales (limón, canela y tomillo) a tres concentraciones cada uno (2000, 3000 y 4000 ppm) de acuerdo a lo reportado por García *et al.* (2006). Los AE se diluyeron en el medio PDA previamente esterilizado agitando vigorosamente para lograr la incorporación del aceite en el medio y se finalizó vaciándolo en las cajas.

El hongo se colocó en la parte central de las cajas, incubando a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  por siete días sometiéndolas a foto-período, durante este tiempo se midió el crecimiento del hongo para evaluar la efectividad de los aceites esenciales en las diferentes concentraciones (Figura 18). Un control (sin aceite esencial) se colocó para observar el crecimiento del hongo sin ninguna interferencia. Las pruebas se realizaron por cuadruplicado.

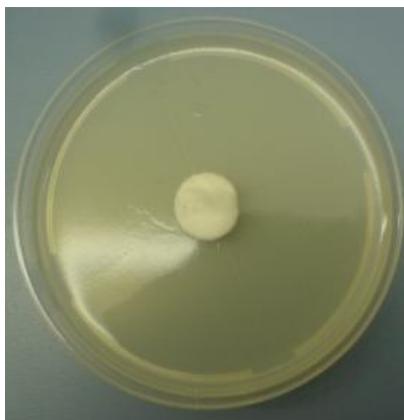


Figura 18. AE disueltos en medio PDA

### 3.7 Preparación de los recubrimientos

Para la preparación de recubrimientos se evaluaron 12 formulaciones con diferentes concentraciones para observar y elegir la que mejor apariencia física proporcionó a los jitomates de prueba (Tabla 9).

Las formulaciones propuestas en la Tabla 9, se aplicaron a jitomates para evaluar el efecto que tenían sobre sus parámetros de calidad (firmeza, sólidos solubles, pH, acidez, índice de decaimiento y pérdida de peso), nutrimentales (vitamina C y carotenos) y fisiológicos (respiración).

**Tabla 9.** Composición de las formulaciones puestas a prueba

	Polisacárido (%)	Cera	Agua (%)	Glicerol (%)	Tween (%)	**AE (%)	Formulación
<b>Almidón</b>	10	Abeja [10%]	77	1	1	1	7
		*Cande.[10%]	77	1	1	1	1
	5%	Abeja [10%]	82	1	1	1	8
		*Cande.[10%]	82	1	1	1	2
	2.5%	Abeja [10%]	84.5	1	1	1	9
		*Cande.[10%]	84.5	1	1	1	3
<b>CMC</b>	1%	Abeja [10%]	77	1	1	1	10
		*Cande.[10%]	77	1	1	1	4
	0.5%	Abeja [10%]	82	1	1	1	11
		*Cande.[10%]	82	1	1	1	5
	2%	Abeja [10%]	84.5	1	1	1	12
		*Cande.[10%]	84.5	1	1	1	6

\*Cande: candelilla

\*\*AE: aceite esencial

### 3.8 Preparación de inóculo

De las cajas resembradas de *Fusarium ssp.*, se rasparon con ayuda de un bisturí y 5 ml de una solución estéril de tween al 0.5% sobre cada placa de agar para romper la tensión superficial y obtener las esporas del hongo filtrando el sobrenadante (Figura 19), realizando dos veces en cada caja dicho procedimiento. De la suspensión de esporas se realizó el conteo con ayuda de una cámara de Neubauer, la cual está formada por 4 cuadrantes divididos a su vez por 16 cuadros de dimensiones conocidas. La concentración de esporas por mililitro se obtuvo de la suspensión inicial. Para realizar el



conteo se colocó una gota de la suspensión en el centro de la cámara y se colocó un cubreobjetos evitando la formación de burbujas y el derrame de la muestra, además de evitar que salieran de los campos de conteo, lo cual daría un resultado incorrecto. El conteo se realizó en cada uno de los cuadrantes marcados con la letra "L" (Figura 20), se sumaron las lecturas de cada uno de los cuatro cuadrantes, obteniendo cuatro sumatorias de las cuales se obtuvo un promedio (Pérez, 2008).

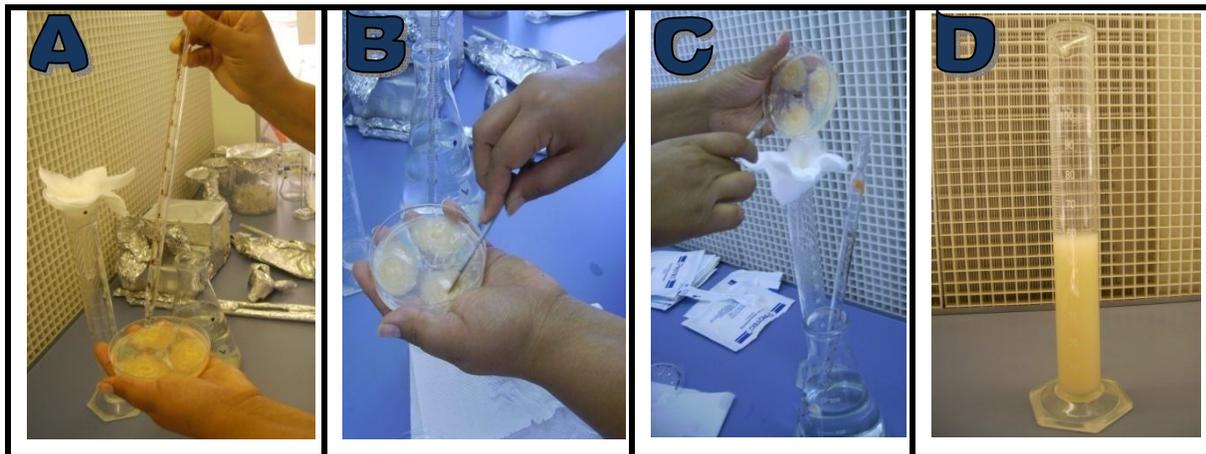


Figura 19. Preparación de inoculo: A) Adición de tween al 0.5% sobre la placa de agar. B) Raspado de la superficie de las colonias. C) Filtrado del sobrenadante para la repetición de los pasos anteriores. D) Inoculo en solución para conteo.

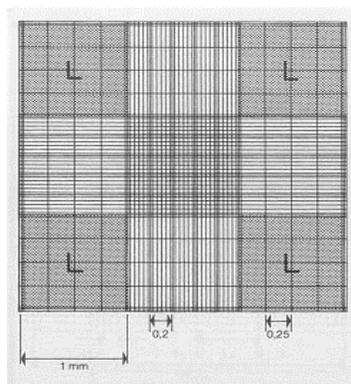


Figura 20. Esquema de la cámara de Neubauer

El promedio obtenido fue multiplicado por una constante que permite obtener la concentración de esporas por mililitro (Pérez, 2008).

$$X * C = \text{esporas/ml}$$

$$C = 2000$$



La concentración inicial fue diluida para preparar el inoculo y obtener una concentración de  $1 \times 10^6$  con la que se infectaron los lotes de jitomates.

### 3.9 Inoculación de los frutos

Los jitomates se lavaron y secaron (Figura 21). Posteriormente los frutos se distribuyeron en lotes y cada uno fue desinfectado sumergiéndolo en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2% durante un minuto, después estos fueron enjuagados con agua estéril y secados con toallas de papel estériles (Figura 22).



Figura 21. Lavado de jitomates



Figura 22. Secado de jitomates con toallas estériles

Los jitomates se inocularon por frotación, utilizando una gasa estéril empapada de la concentración de esporas y frotando la superficie del fruto con esta. Después de inocular los frutos, estos fueron colocados en cámaras húmedas (Figura 23) y se incubaron por 24 horas a  $25^{\circ}\text{C}$  para permitir que el hongo se estableciera en la superficie del fruto antes de ser sometidos a los tratamientos (Villanueva-Arce *et al.*, 2006).



Figura 23. Lotes de jitomates inoculados en cámara húmeda



### 3.10 Aplicación de los recubrimientos

La aplicación de los recubrimientos se realizó por frotación con un paño suave y estéril. Cada lote fue colocado con su respectivo recubrimiento, sobre mallas para una mejor fijación de éste y se dejaron secar a temperatura ambiente con corriente de aire por 30 minutos (Figura 24).



Figura 24. Aplicación de los recubrimientos y secado por aireación.

### 3.11 Condiciones de almacenamiento y muestreo

Los jitomates se distribuyeron en 5 lotes de 25 jitomates cada uno y se almacenaron a temperatura entre 10 y 14 °C. Los jitomates se muestrearon cada 5 días, tomándose 3 de cada lote y se determinaron los parámetros físicos, nutrimentales y de calidad.

### 3.12 Métodos analíticos

#### 3.12.1 Parámetros fisiológicos

##### 3.12.1.1 *Determinación de la producción de CO<sub>2</sub>*

La respiración de los frutos se determinó tomando en cuenta la producción de CO<sub>2</sub> generado por los frutos, utilizando un analizador de gases (marca ANALYZER Nitec, LLC) en un sistema cerrado. Los frutos se colocaron en un contenedor sellado (Figura 25), después de un periodo de tiempo no mayor a 1 hora, para evitar dañar el fruto por agotamiento de O<sub>2</sub> y acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera que los rodea.

El registro de la producción de CO<sub>2</sub> se realizó al conectar a la salida de ventilación del contenedor el analizador de gas. Los resultados de la producción de CO<sub>2</sub> fueron expresados en mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.



Figura 25. Sistema cerrado para medir la producción de CO<sub>2</sub>

### 3.12.2 Parámetros de calidad

#### 3.12.2.1 *Determinación de pérdida de peso*

La pérdida de peso se determinó utilizando una balanza analítica en la cual se obtuvo el peso al inicio de la aplicación de recubrimientos comestibles y el peso del jitomate conforme iba madurando. La diferencia entre el peso inicial y el final de los frutos fue expresada como el porcentaje de pérdida de peso de los frutos.

#### 3.12.2.2 *Determinación del índice de decaimiento*

Para medir el tipo de daños ocasionados al paso del tiempo, se estableció un índice de escalas que indicaría que tan rápido el fruto va llegando a la senescencia. Esta escala fue la siguiente (Tabla 10):

**Tabla 10.** Escala de daños para determinar el índice de decaimiento

ESCALA	DAÑOS
1	0%
2	1-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

$$IDC = \Sigma \frac{(\text{nivel de daño}) * (\# \text{ de daños del nivel})}{\# \text{ de frutos totales}}$$



### 3.12.2.3 Determinación de firmeza

Se determinó con un penetrómetro manual (modelo FT327) penetrando en la parte ecuatorial del fruto. La firmeza se reporta en Kg/cm<sup>2</sup>. Este método se basa en la medición del esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presenta la pulpa a la introducción de un émbolo de metal (NMX-FF-014-1982) (Figura 26).



Figura 26. Penetrómetro manual

### 3.12.2.4 Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles se determinó por medición directa del jugo del fruto con un refractómetro de mano (marca ATAGO, modelo 2111), previamente calibrado y ajustado a temperatura ambiente, expresando los resultados como ° Brix (Figura 27).



Figura 27. Refractómetro de mano

### 3.12.2.5 Determinación de pH y acidez total

La determinación de pH se midió con un potenciómetro manual (Figura 28) directamente en la muestra homogenizada con agua destilada, este método se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto (NMX-F-317-S-1978).

La acidez se determinó de acuerdo al método de titulación directa descrito por AOAC (1990), el cual se basa en la neutralización de los iones H<sup>+</sup> con solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH), en presencia de una sustancia indicadora, fenolftaleína.



Figura 28. Potenciómetro manual

### 3.12.3 Parámetros nutrimentales

#### 3.12.3.1 Carotenos

El contenido de carotenos se determinó por la extracción con solventes por etapas. Para su extracción el material vegetal se somete a troceado, molienda y posteriormente la extracción; donde el extracto obtenido se somete a un proceso de eliminación del solvente y el producto resultante se analiza mediante espectrometría visible UV, utilizando como solvente y como blanco éter de petróleo, determinando el contenido de carotenoides por la absorbancia de la solución diluida a 454 nm (Cardona *et al.*, 2006).

#### 3.12.3.2 Vitamina C

La cantidad de vitamina C se determinó por el método 976.21 AOAC, (método de titulación con 2,6-dicloroindofenol, usando como solución extractora ácido acético glacial, el cual se fundamenta en que la vitamina C tiene la propiedad de decolorar el indofenol (2,6 dicloroindofenol) colorante azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento (Milacatl, 2003).

### 3.12.4 Parámetros químicos

#### 3.12.4.1 Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante el método de secado en estufa. Se calcula el porcentaje en agua por la pérdida de peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (70°C) (Pearson, 1989).

#### 3.12.4.2 Azúcares reductores y totales

Los azúcares se determinaron mediante el método de Lane y Eynon y se basa en la propiedad que tienen los azúcares reductores para reducir el cobre que pasa de óxido



cúprico ( $\text{Cu}^{+2}$ ) a óxido cuproso ( $\text{Cu}^{+1}$ ), en el que se observa un precipitado de color rojo ladrillo (Pearson, 1989).

#### 3.12.4.3 Cenizas totales

Las cenizas se determinaron por el método de Klemm o incineración directa, y se basa en la descomposición de la materia orgánica incinerándola a  $550^{\circ}\text{C}$  en la mufla quedando solamente materia inorgánica en la muestra, y el residuo de incineración se calcula por diferencia de peso (Pearson, 1989).

#### 3.12.4.4 Proteína

Se determinó por el método de Lowry, el cual se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina y mediante la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (Ácido fosfomolibdicofosfotungsténico), a heteropolimolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos que es catalizado por cobre. La reacción se lleva a cabo en medio alcalino (pH de 10-10,5) utilizando como estándar la albúmina sérica bovina. Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón obtenida a 720 nm (Lowry *et al.*, 1951).

#### 3.12.4.5 Fibra cruda

El contenido de fibra cruda se determinó de acuerdo al método de Kennedy-Wendy, el cual se basa en la hidrólisis en medio ácido y en medio alcalino de una muestra desengrasada (Pearson, 1989). El contenido de fibra se calculó a partir del residuo seco obtenido del filtrado de estas hidrólisis menos el contenido de cenizas presentes en la muestra.

### 3.13 Análisis estadístico

Para el análisis de resultados se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) y pruebas de rango múltiple, indicando si hubo o no diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los frutos sometidos a los diferentes tratamientos, mediante el programa estadístico SPSS, versión 15.

*Resultados*

*y*

*Discusión*



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación de parámetros físicos, químicos y fisiológicos de jitomate tipo saladette

Para conocer las características del fruto en estudio se determinaron sus parámetros físicos, químicos y fisiológicos. Estos parámetros se evaluaron en estado de madurez pintón. En la Tabla 11, se muestran las características físicas de los lotes de jitomates evaluados en el presente estudio. Los frutos fueron clasificados como Categoría II de acuerdo a la norma CODEX STAN 293-2007, del Codex Alimentario presentando un peso promedio de 95.90 g y clasificándose como calibre 10 de acuerdo al diámetro promedio de los jitomates. Mientras que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-031-1997-SCFI), determinando su forma mediante el índice obtenido de dividir el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial, da como resultado un número mayor a la unidad, lo que indica que el jitomate empleado fue de tipo alargado de la variedad roma tipo saladette llamado comúnmente “elongatum” y se encuentra de acuerdo a la clasificación por tamaño dentro del extra grande según el diámetro del mismo, colocándolo en la clasificación México 3.

La coloración que presenta la epidermis o piel del jitomate indica su etapa de maduración, por lo que dentro de esta norma mexicana el jitomate que se empleo, se clasifica como rayado, lo que significa que entre el 10 y 30% de la superficie del jitomate muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, o una mezcla de éstos.

**Tabla 11.** Caracterización física del jitomate

Parámetro	Promedio
Peso (g)	95.90 ± 22.45
Longitud ecuatorial (mm)	158.60 ± 1.46
Longitud (mm)	198.10 ± 1.51
Índice de forma (mm)	1.25 ± 1.03

Los datos presentados son el promedio ± desviación estándar (n = 125)




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

En los procesos de maduración, existe una correlación entre el aumento en azúcares del jugo y la distribución de la riqueza en ácidos. Los ácidos libres aumentan en el fruto durante los primeros estados de desarrollo y permanecen, aproximadamente constantes en su concentración hasta la maduración en que desciende como consecuencia de la dilución provocada por el aumento de tamaño del fruto y de su metabolización. Este descenso de la concentración de ácidos (A) y el incremento gradual de los sólidos solubles totales (E), sobre todo azúcares, durante el desarrollo del fruto, provoca un incremento de su relación (E/A), denominada índice de madurez (Agustí, 2003).

Los parámetros de calidad ayudan a determinar el índice de madurez en el que se encuentran los frutos. Estos parámetros se cuantifican mediante la acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles, firmeza, entre otros.

En la Tabla 12, se muestran los parámetros de calidad que caracterizan la madurez del jitomate tipo saladette en estado de madurez pintón. El jitomate en estado de madurez pintón fue un producto ligeramente ácido con valor de pH de 4.36, valor que coincide con los reportados por Urrestarazu en 2003 (3.9 a 4.1), la variación se puede deber a la variedad y al estado de madurez.

En cuanto a la acidez, fue de 0.21 % de ácido cítrico y los sólidos solubles se encontraron en 4.13°Brix, valor que está dentro del rango reportado bibliográficamente que va de 3.9 hasta 6.7 según la variedad y el estado de madurez (Amaya *et al.*, 2010), como se puede observar el grado de dulzor de este fruto es muy bajo, lo cual se detecta desde el consumo ya que no se caracteriza por ser un fruto dulce.

**Tabla 12.** Características fisicoquímicas del jitomate tipo saladette en estado de madurez pintón

Parámetro	Promedio
pH	4.36 ± 0.09
Acidez (% de Ac. cítrico)	0.21 ± 0.05
Sólidos Solubles (°Brix)	4.13 ± 0.23
Textura (kg/cm <sup>2</sup> )	2.40 ± 0.56

Los datos presentados son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar



Otro aspecto importante asociado al estado de madurez es el cambio de textura, resultado del ablandamiento de los tejidos conforme va madurando el fruto y en este caso se registraron valores entre 2.4 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual coincide con estudios realizados, donde reportan valores entre 2.5 y 3.1 kg/cm<sup>2</sup> (Urrestarazu, 2003).

Los parámetros químicos del jitomate tipo saladette se pueden observar en la Tabla 13. Los valores obtenidos experimentalmente fueron similares a los reportados por la FAO y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (FAO, 2007; USDA, 2010).

Con lo que respecta al contenido de carotenos, el licopeno es el elemento característico de la coloración del fruto y el cual se considera como uno de los carotenos con una intensa acción antioxidante (Pamplona, 2006); representando aproximadamente el 80-90% de los carotenoides que se encuentran en un jitomate maduro promedio, de la variedad *Lycopersicon esculentum Mill* (jitomate chonto), y su cantidad aproximada presente en el fruto es alrededor de 3000 µg/100g (0.003%) (Lobera y Romero, 2009).

El contenido de carotenos en el presente estudio fue mayor (67,110 µg/100g) en comparación con lo reportado en estudios anteriores, pero esto se puede deber a que la variedad utilizada, el estado de madurez y la procedencia del fruto no son las mismas. Su biodisponibilidad es mejor cuando se somete a cocción, ya que el contenido de este se incrementa con la temperatura y el tiempo de duración del proceso, mejorando sus propiedades antioxidantes y anti cancerígenas (Ordoñez *et al.*, 2009).

El jitomate presenta un alto contenido en vitamina C o ácido ascórbico, el cual es un potente antioxidante, sintetizando el colágeno necesario para la formación y el mantenimiento del tejido conjuntivo del organismo, como por ejemplo los cartílagos, los tendones y los huesos, es también esencial para la cicatrización de las heridas porque favorece la formación de tejido cicatrizal, entre otras funciones (Melvin, 2002); según lo reportado por la FAO (2007) el contenido es de 20 mg/100g de jitomate, mientras que USDA reporta 16 mg/100g de jitomate, los resultados obtenidos experimentalmente se encuentran dentro del rango de los reportados bibliográficamente (Tabla 13).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 13.** Composición química de jitomate tipo saladette

Elemento	Cantidad por (g/100 g)	FAO (2007) <sup>a</sup> (g/100 g)	USDA (2010) <sup>b</sup> (g/100 g)
Humedad	94.64 ± 0.79	93.50	94.78
Carbohidratos	3.50 ± 0.08	3.30	3.18
Proteína	0.25 ± 0.06	0.90	1.16
Cenizas	0.53 ± 0.08	No reportado	0.3 a 0.5
Fibra	1.07 ± 0.66	0.80	0.90
Carotenos (µg)	67.11 ± 1.91	1302	No reportado
Vitamina C (mg)	18.65 ± 1.45	20	16

Los valores presentados son los valores de 3 réplicas ± desviación estándar.

\*a- valores obtenidos del documento tomate

\*b- valores obtenidos de la base de datos de nutrientes

El jitomate se considera como un fruto de tipo climatérico, ya que durante la maduración este genera CO<sub>2</sub> y produce autocalífticamente etileno, lo que conduce a cambios tanto físicos como químicos.

En la Figura 29 se puede observar la tasa respiratoria del jitomate tipo saladette, basándose en la producción de CO<sub>2</sub> almacenado a 12 ± 2 °C con HR de 90 ± 5%. En el preclimaterio (E<sub>1</sub>) se observó un valor alrededor de 20.75 mg CO<sub>2</sub>/kg h. Al tercer día se presentó el inicio del climaterio (E<sub>2</sub>) con una ligera disminución en la respiración de 13.70 mg CO<sub>2</sub>/kg h para posteriormente subir rápidamente al quinto día y llegar al máximo climaterio (E<sub>3</sub>) aumentando la respiración hasta 34.60 mg CO<sub>2</sub>/kg h, lo que indicó que el jitomate llegó a la madurez comercial. Finalmente se presentó un descenso en la respiración, llegando al postclimaterio (E<sub>4</sub>), lo que llevó a la senescencia del fruto al noveno día de almacenamiento.

La tasa de respiración es un buen indicador de la madurez del fruto. Entre mayor sea la tasa de respiración, menor será la vida en almacenamiento (deterioro de calidad y valor nutrimental) (Vargas, 1987). El jitomate saladette almacenado a 12° C tiene una vida de anaquel de 9 días al presentarse en el séptimo día el periodo de senescencia.

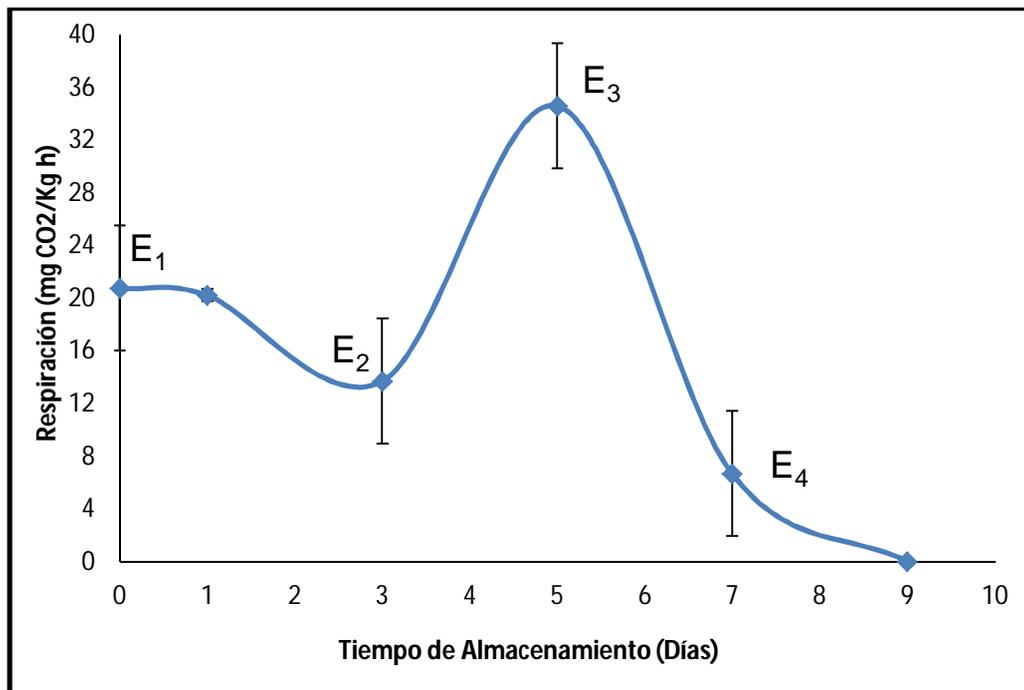


Figura 29. Producción de CO<sub>2</sub> del jitomate tipo saladette durante su almacenamiento en refrigeración a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

#### 4.2 Evaluación de la actividad antifúngica de los aceites esenciales.

Para seleccionar el aceite esencial (AE) que sería incorporado en el recubrimiento para controlar *Fusarium* ssp., se establecieron tres concentraciones 2000, 3000 y 4000 ppm para cada AE de limón, canela y tomillo. Los tres AE en 3000 y 4000 ppm presentaron actividad antifúngica, pero cabe destacar que sólo el AE de limón presentó crecimiento micelial a 2000 ppm, estos resultados se pueden observar en la Figura 30, donde se muestra el crecimiento del hongo de los tres AE con sus respectivas concentraciones en el último día de incubación.

En la Figura 31, se muestra la velocidad de crecimiento del hongo al realizar pruebas *in vitro* utilizando los diferentes AE a la concentración de 2000 ppm. En el control (sin AE) se presentó crecimiento del hongo causante de la podredumbre en jitomate al segundo día y para el quinto día se registró crecimiento en más de la mitad de las cajas, registrándose un diámetro de aproximadamente 3 centímetros, creciendo nuevamente 0.5 cm para el día 6 y 7.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los tres aceites esenciales que fueron evaluados, en el que se observó crecimiento micelial del hongo al tercer día fue en el de limón, donde se registró un diámetro de 2.5 cm en la concentración de 2000 ppm, y en el quinto día apenas si se observó aumentando 0.5 cm para el día 6 y 7. Con lo que respecta al aceite esencial de canela y tomillo, a estas concentraciones se observó una total inhibición contra el hongo causante de podredumbre, por lo que con los resultados obtenidos se decidió trabajar con estos dos aceites a la concentración de 2000 ppm para poder ser aplicados en un recubrimiento como agente antifúngico.

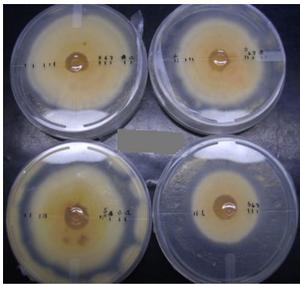
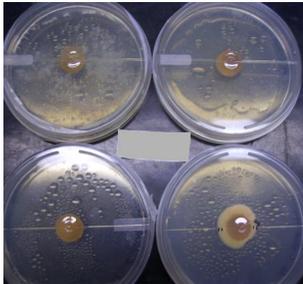
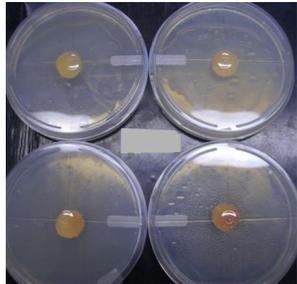
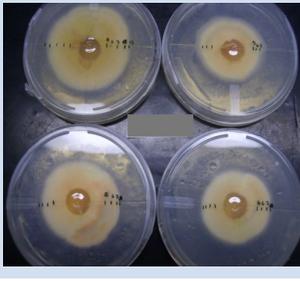
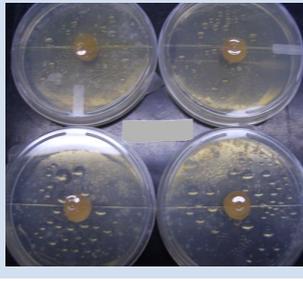
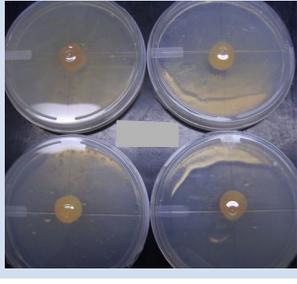
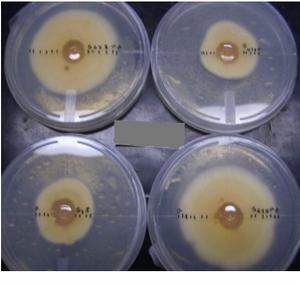
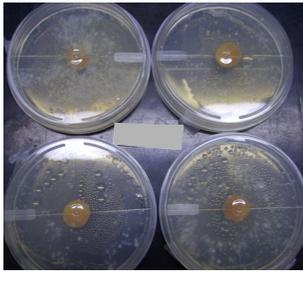
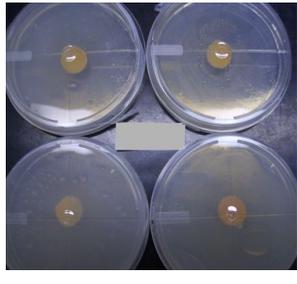
		Aceite Esencial		
[ ] AE (ppm)	Limón	Canela	Tomillo	
2000				
3000				
4000				

Figura 30. Crecimiento del hongo *Fusarium ssp.* en medio PDA con AE (Limón, canela y tomillo) a las concentraciones de 2000, 3000 y 4000 ppm en su último día de incubación.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

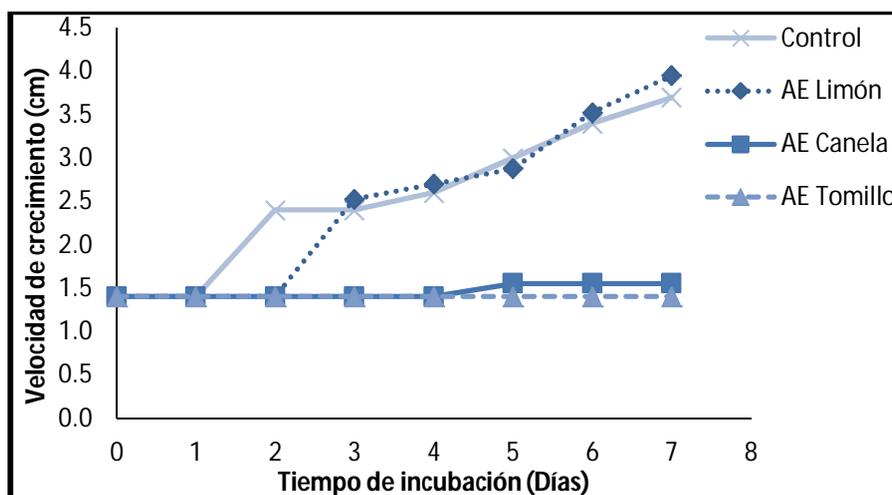


Figura 31. Efecto de AE en la velocidad de crecimiento de *Fusarium ssp.* en pruebas *in vitro* a la concentración de 2000 ppm.

En la Figura 32, se observa el crecimiento del hongo. El control presentó un avance de 1 cm al segundo día de incubación y a partir de ese día el crecimiento de este disminuyó y fue inferior a 1 cm. Mientras que el hongo que fue sembrado en el medio que contenía AE de canela presentó un crecimiento de 1.1 cm al tercer día de incubación, el cual se inhibió en los días 4 y 5, pero al sexto día el hongo creció 0.6 cm y para el séptimo día 0.4 cm. La presencia de AE de canela y tomillo inhibió el desarrollo del hongo durante los 7 días de incubación.

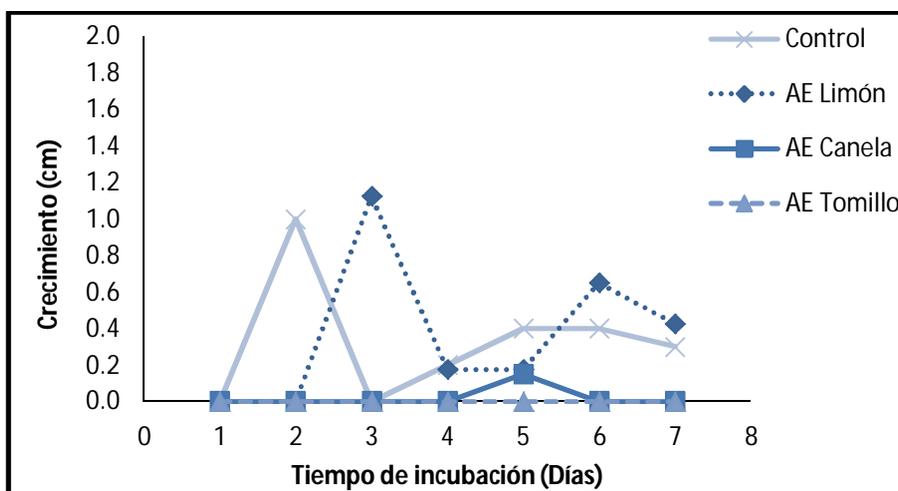


Figura 32. Efecto de AE en el crecimiento de *Fusarium ssp.* en pruebas *in vitro* a una concentración de 2000 ppm.




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

En la Figura 33, se observa el crecimiento del hongo en las pruebas *in vitro*, con la concentración de 2000 ppm. En este caso en el AE de limón se observó un ligero crecimiento del hongo, pero también una inhibición hasta por 10 días. Los hongos se dejaron en observación por 15 días, pero no se cuantificaron, ya que en este periodo de tiempo no presentaron cambios.

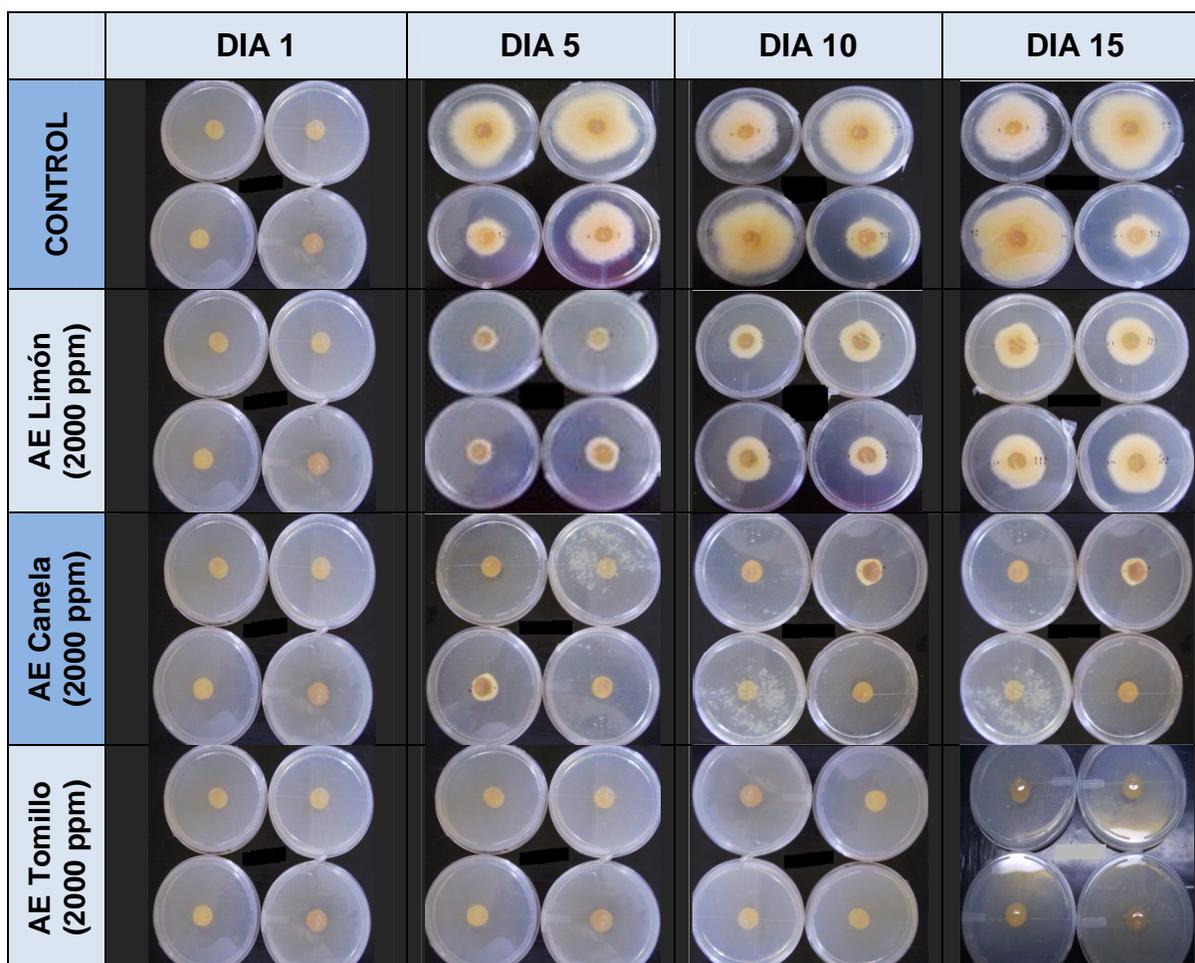


Figura 33. Actividad antifúngica de los aceites esenciales (limón, canela y tomillo) a la concentración de 2000 ppm.

#### 4.3 Selección de la formulación del recubrimiento con aceites esenciales

Para la selección de recubrimientos se establecieron 12 formulaciones, las cuales se pueden observar en la Tabla 9 (apartado de materiales y métodos), eligiendo aquellas que presentaron mejor adherencia y brillo en el jitomate, tomando en cuenta la formación de emulsión de los recubrimientos, así como la consistencia que presentaron, se descartaron 4 formulaciones, dejando sólo 8 para aplicar a los frutos y a partir de estas se determinó el




---

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**


---

efecto de la aplicación en los parámetros de calidad, nutrimentales y fisiológicos del jitomate. Los recubrimientos elegidos fueron 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

Con base en los resultados, se modificaron los recubrimientos con el objetivo de mejorar la apariencia en los jitomates, basándose en la formulación 8 y 9. Las nuevas formulaciones se pueden observar en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Formulaciones modificadas partiendo de la formulación 8 y 9.

	Cera (%)	Agua (%)	Glicerol (%)	Tween (%)	*AE (%)	Formulación
Almidón [5%]	Abeja	82	1	1	1	8
Almidón[2.5%]	Abeja	84.5	1	1	1	9
Silica [3%]	Abeja	84	1	1	1	4'
Silica [3.5%]	Abeja	83.5	1	1	1	5'
Silica [7%]	Abeja	80	1	1	1	6'
Almidón[1.5%] Silica [1.5%]	Abeja	84	1	1	1	7'
Almidón [2%] Silica [1%]	Abeja	84	1	1	1	8'
Silica [4.5%]	Abeja	84.5	-	-	1	9'
Silica [2.5%]	Abeja	84.5	-	-	1	10'

\*AE: aceite esencial

Las formulaciones se aplicaron a los frutos, descartando aquellas que no cumplieron con las características de una cera que proporcionara buena apariencia física al fruto, quedando la formulación 4' y siendo esta la que se aplicó a los frutos. De igual manera se tomó como referencia una cera comercial hecha a base de cera de candelilla con silica (clave 3071, ceras naturales), y esta se aplicó en las mismas condiciones con las que se aplicaron los recubrimientos elaborados.



#### 4.3.1 Efecto de los recubrimientos en la respiración

En la Figura 34, se puede observar que los jitomates con las formulaciones que presentaron una menor producción de  $\text{CO}_2$  (menor que  $5 \text{ mg CO}_2/\text{kg h}$ ) comparadas con el control; fueron los de la formulación 8 y 9, las cuales presentaron su máximo climaterio el día 12 con una producción entre  $10$  y  $13 \text{ mg CO}_2/\text{kg h}$ , siendo estas formulaciones las que aumentaron el tiempo de vida útil de los jitomates en comparación con el control que presentó su máximo climaterio el día 10 con una producción de  $10 \text{ mg CO}_2/\text{kg h}$ . Sin embargo, los jitomates con las demás formulaciones presentaron una mayor producción de  $\text{CO}_2$  en comparación con el control, lo que indicó que estas formulaciones de recubrimientos presentaron una mayor permeabilidad al  $\text{CO}_2$  y al vapor de agua, permitiendo una mayor pérdida de humedad. La producción de  $\text{CO}_2$  se mantuvo constante, ya que los frutos utilizados para determinar este parámetro, se encontraban maduros. Otra de las causas por las que la respiración de algunos frutos fue muy baja, se debió a la temperatura de almacenamiento, ya que lo recomendado para conservar frutos verdes y pintones es entre  $10$  y  $16 \text{ }^\circ\text{C}$  con una HR del 90% según el instituto Internacional de Frío (Artés y Artés, 2004), temperaturas que variaron y por lo tanto inhibieron la respiración normal de los frutos.

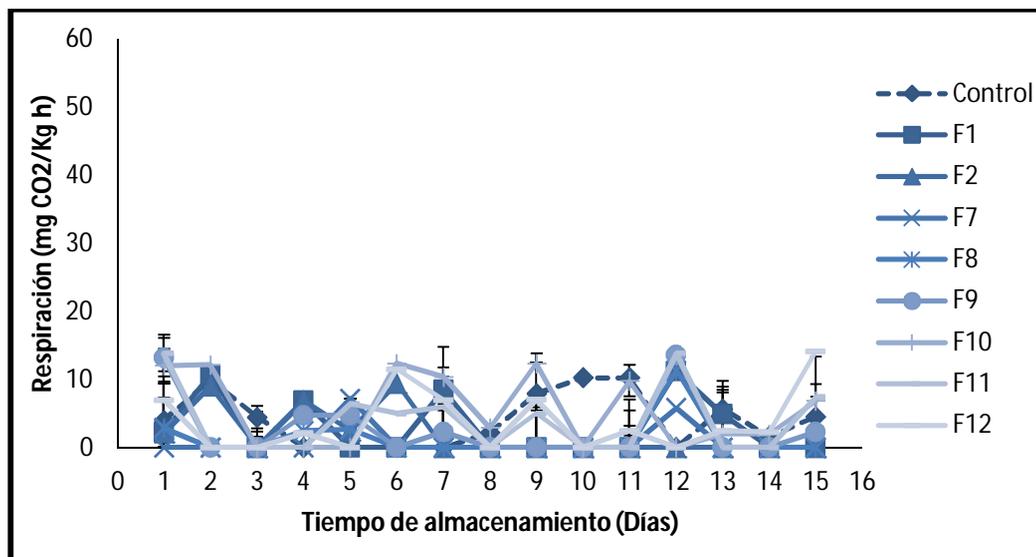


Figura 34. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la respiración de jitomates tipo saladette almacenados a  $12^\circ\text{C}$ . Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

## 4.3.2 Efecto de los recubrimientos en los parámetros de calidad

El índice de decaimiento se evaluó estableciendo una escala subjetiva descrita en el apartado 3.12.2.2 de la metodología. En la Figura 35, se muestra que las formulaciones 8 y 9 aumentaron el tiempo de vida útil de los jitomates 0.5% en comparación con el lote control a los 11 días de almacenamiento, mientras que los frutos a los que se les aplicó la formulación 1 se comportaron de la misma manera que el lote control sin presentar diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) hasta el sexto día de almacenamiento, y las demás formulaciones presentaron un índice de decaimiento mayor conforme pasó el tiempo. Los jitomates con la formulación 7 presentaron daños a partir del día 8 y estos evolucionaron más rápidamente en comparación con el resto de las formulaciones. Un comportamiento parecido lo presentaron los frutos con la formulación 10 y las demás formulaciones también pero con un comportamiento del 1% menor a ésta. Al final del almacenamiento los jitomates aplicados con la formulación 7 fueron los que mayor índice de decaimiento presentaron; seguidos de las formulaciones 10, 11, 12, 2, 1, control, 9 y 8, presentando índices de 5, 3.5, 2.5, 2.4, 2.2, 2, 1.9, 1.5 y 1.4, respectivamente.

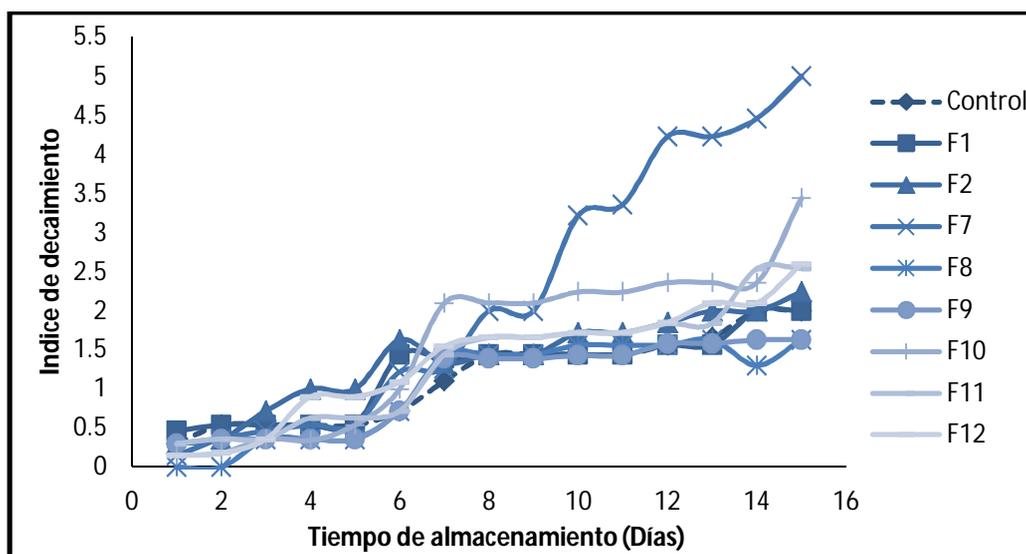


Figura 35. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el índice de decaimiento de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C.

En la Figura 36, se muestra la pérdida de peso de los jitomates con diferentes formulaciones de los recubrimientos a base de cera. Bibliográficamente se reporta una pérdida de peso del 7% de su peso original (Nuez, 2001), y como se puede observar la mayor pérdida de peso registrada fue del 8% perteneciendo a los jitomates de la



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

formulación 7 y las demás formulaciones presentaron una pérdida de peso menor al 5%. Los jitomates con recubrimientos correspondientes a las formulaciones 11, 8 y 2 presentaron una pérdida de peso menor al 1 - 3 % en comparación con el control, haciendo énfasis en que estas permanecieron casi constantes; indicando que estos recubrimientos presentaron buena barrera contra el vapor de agua por su naturaleza lipofílica. La formulación 7 no conservó adecuadamente a los jitomates, ya que presentó una pérdida consecutiva y muy por encima del control. Los resultados de las formulaciones presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control.

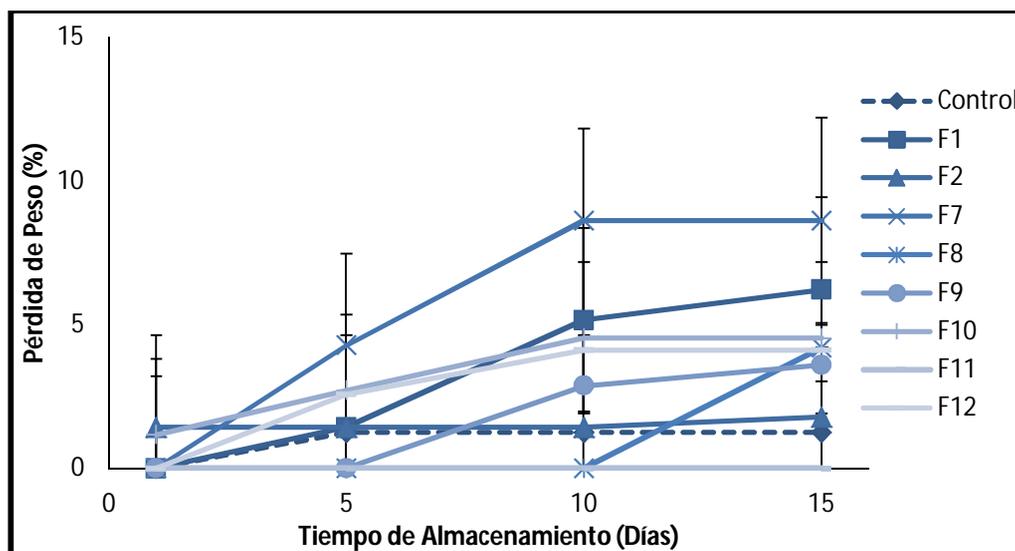


Figura 36. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la pérdida de peso de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

La acidez representa el contenido real de ácido presente en mayor cantidad en el fruto, en este caso el ácido que en mayor cantidad se presenta en el jitomate es el ácido cítrico (Amaya *et al.*, 2010). En la Figura 37, se muestra el efecto de diferentes formulaciones de recubrimientos a base de ceras en la acidez del jitomate. El contenido de ácido cítrico en los jitomates al inicio del almacenamiento (día 0) fue de 0.1%, aumentando ligeramente a los 6 días de almacenamiento con valores entre 0.14 y 0.2%, a los 12 días de almacenamiento presentaron valores entre 0.13 y 0.23% y finalmente a los 18 días de almacenamiento su contenido aumento con valores entre 0.17 y 0.32%. El contenido de ácido cítrico en el control se mantuvo por debajo de todas las formulaciones a partir de los 6 días de almacenamiento en adelante, presentando valores entre 0.14 y 0.17%. Mientras



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

que los jitomates con la formulación 9 presentaron un contenido de ácido cítrico similar al control con valores entre 0.13, 0.14 y 0.17% a los 6, 12 y 18 días de almacenamiento respectivamente, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) a los 12 y 18 días de almacenamiento respecto al control, mientras que los de la formulación 12 presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control a los 12 días de almacenamiento. Los jitomates con la formulación 11 presentaron el mayor contenido de ácido cítrico al final del almacenamiento, con un valor de 0.32%, seguida de la formulación 7 con 0.25% y el resto de las formulaciones con valores de 0.19%.

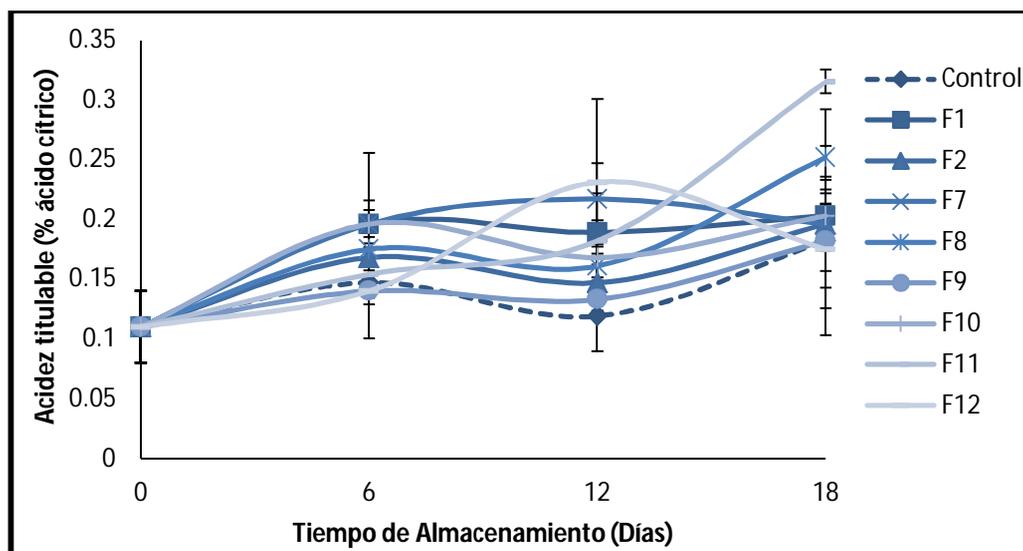


Figura 37. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de acidez de jitomates tipo saladette almacenados a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

En la Figura 38, se muestra el efecto de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de sólidos solubles de jitomates tipo saladette almacenados a 12°C. La cantidad de sólidos solubles en los jitomates con sus respectivas formulaciones de recubrimientos fue mayor a los 6 días de almacenamiento presentando valores entre 3.5 y 5.5 °Brix, disminuyendo a valores entre 2.5 y 4.5 °Brix a los 12 días y volviendo a aumentar ligeramente a los 18 días con valores entre 3.0 y 5.0 °Brix. El control presentó valores similares durante todo el almacenamiento, al primer día el contenido de sólidos solubles fue de 4.1 °Brix, a los 6 días de 4.0 °Brix y a los 12 y 18 días fue de 3.9 y 3.8 °Brix. Los jitomates con la formulación 9 presentaron valores al control, a excepción del doceavo día de almacenamiento, que presentaron 2.7 °Brix,



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

siendo esta la cantidad de sólidos solubles más baja de todos los tratamientos y debiéndose a que los frutos en ese muestreo presentaron menor madurez que los demás. Los jitomates con las formulaciones 1, 11 y 12 mostraron mayor cantidad de sólidos solubles en comparación con el control al último día de almacenamiento, presentando valores de 5.0, 4.2 y 4.1 °Brix, respectivamente. Los resultados obtenidos experimentalmente se encuentran dentro del rango de los valores bibliográficos que van de 3.9 hasta 6.7 según la variedad y el estado de madurez (Amaya *et al.*, 2010). Los frutos con recubrimiento presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control a los 6, 12 y 18 días de almacenamiento, a excepción de los jitomates de la formulación 9 que presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) a los 12 días de almacenamiento.

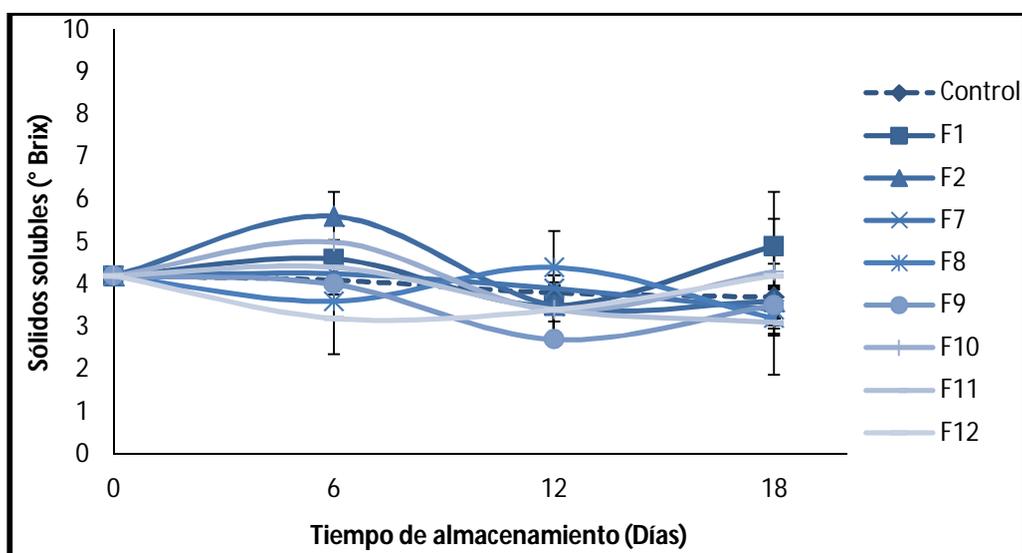


Figura 38. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de sólidos solubles de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

La firmeza es uno de los parámetros de calidad más importantes, ya que esta indica el grado de madurez en el que se encuentra el fruto, entre mayor sea la cantidad de fuerza que se necesita para penetrar el fruto más inmaduro será este. En la Figura 39 se observa el efecto de diferentes formulaciones de recubrimientos elaboradas a base de ceras en la firmeza de jitomates tipo saladette almacenados a 12°C. Al día 0 de almacenamiento, los jitomates presentaron la menor firmeza con valores de 2.2 kg/cm<sup>2</sup> debido a que los primeros frutos que se tomaron para el muestreo fueron los que se encontraron más maduros. Los jitomates presentaron una pérdida de firmeza del 20% de los 6 a los 12 días




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

de almacenamiento, y de los 12 a los 18 días de almacenamiento perdieron alrededor del 1%, es decir, el grado de madurez en el que los jitomates se encontraban a los 12 días de almacenamiento fue similar hasta los 18 días de almacenamiento. El control presentó una firmeza de 4.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 6 días de almacenamiento disminuyendo a los 12 días de almacenamiento hasta 2.2 kg/cm<sup>2</sup> y teniendo un ligero aumento a los 18 días de almacenamiento de 3.0 kg/cm<sup>2</sup>. El control presentó menores valores de firmeza a los 12 y 18 días de almacenamiento que los jitomates con formulaciones de recubrimientos. Al final del almacenamiento la formulación que mayor firmeza presentó en los jitomates fue la formulación 1; seguida de la formulación 7, 11, 8, 2, 12 y 9, presentando valores de 4.9, 4.5, 4.0, 3.9, 3.9, 3.8 y 3.7 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Las formulaciones presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control a los 6, 12 y 18 días de almacenamiento.

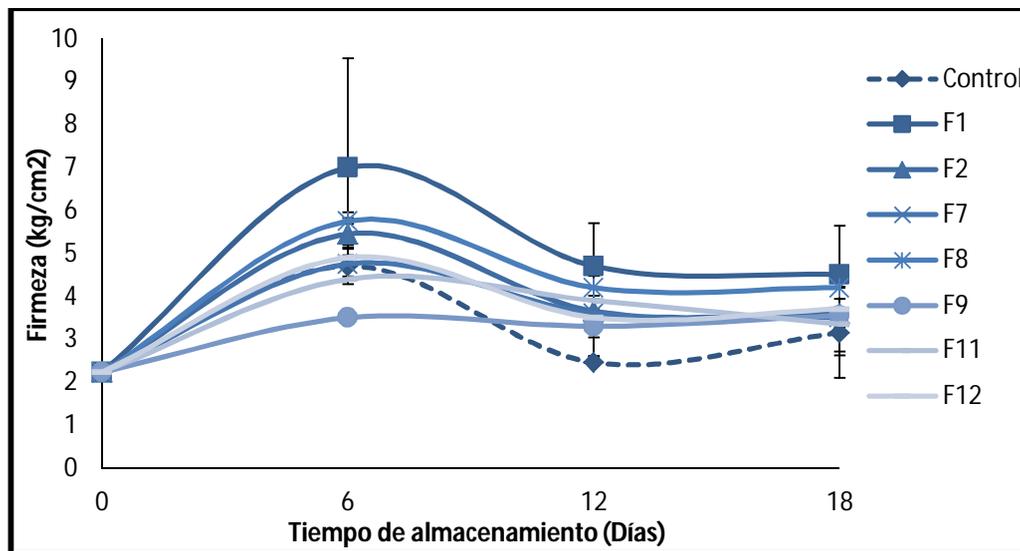


Figura 39. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en la firmeza de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

#### 4.3.3 Efecto de los recubrimientos en los parámetros nutrimentales

En la Figura 40, se muestran los cambios en el contenido de vitamina C de jitomates tipo saladette con diferentes formulaciones de los recubrimientos a base de ceras. El contenido de vitamina C de los jitomates en el día 0 fue de aproximadamente de 9 µg/ 100 g, presentando una ligera disminución entre 3 y 6 µg/ 100 g a los 6 días de almacenamiento, para aumentar nuevamente a los 12 días de almacenamiento con un



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

contenido de vitamina C de alrededor de 10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  y finalmente llegar a los 18 días de almacenamiento con un contenido entre 10 y 15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ . El control presentó un contenido de vitamina C de 11 y 10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  a los 12 y 18 días de almacenamiento respectivamente, mientras que las formulaciones 9, 1 y 12 mostraron efecto sobre el contenido de vitamina C en los jitomates, conservando el contenido de este nutriente por más tiempo en comparación con el control, los valores de contenido de vitamina C de estas formulaciones fueron de 17, 15 y 14  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  respectivamente. El resto de las formulaciones no tuvieron efecto alguno sobre el contenido de vitamina C en los jitomates, ya que en comparación con el control, estos presentaron un contenido de vitamina C mucho menor de valores entre 7 y 8  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ . El contenido de vitamina C en los jitomates, principalmente aquellos con la formulación 9 fue similar a lo reportado bibliográficamente de 16  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  según la USDA (2010), tomando en cuenta para las demás formulaciones que pueden presentarse pérdidas de nutrientes durante el almacenamiento. Los resultados mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) a los 6, 12 y 18 días de almacenamiento respecto al control, excepto los jitomates de la formulación 9 y 8, que presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) a los 18 días de almacenamiento.

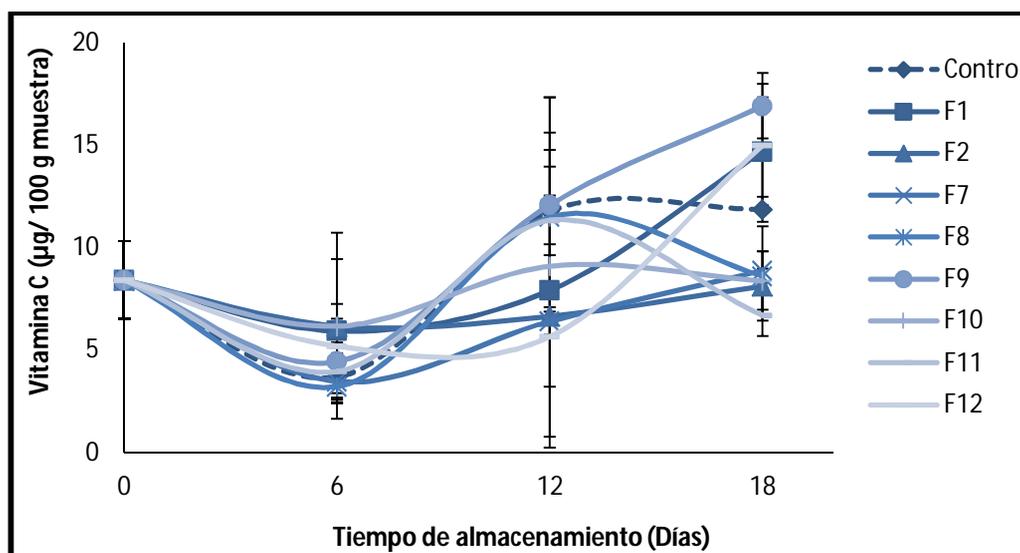


Figura 40. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de vitamina C de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

La cantidad de carotenos indica la pigmentación de los frutos, y esa pigmentación se da por el licopeno que es el caroteno que en mayor proporción se encuentra en el jitomate.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las fases tempranas del desarrollo del jitomate la clorofila imparte un color verde, y cuando el jitomate empieza el proceso de maduración, la clorofila se degrada y los carotenoides son sintetizados. Entre más maduro se encuentre el jitomate, tendrá una pigmentación de color rojo, color característico del licopeno y mayor será el contenido de carotenoides.

En la Figura 41, se observa el efecto de diferentes formulaciones de recubrimientos a base de ceras en el contenido de carotenos de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Al inicio del almacenamiento el contenido de carotenos en los jitomates fue de 250 mg/100 g, presentando una disminución a los 6 días de almacenamiento con valores entre 50 y 120 mg/100 g, aumentando su contenido a los 12 días de almacenamiento a valores entre 130 y 270 mg/100 g, para volver a disminuir su contenido al último día de a valores entre 50 y 190 mg/100 g. El control presentó una cantidad de carotenos de 120 mg/100 g a los 6 días, aumentando a los 12 días hasta 240 mg/100 g y disminuyendo a los 18 días de almacenamiento a 100 mg/100 g. Los jitomates con las diferentes formulaciones presentaron un contenido de carotenos similar al control, siendo la formulación 2 y 9 los más parecidos estadísticamente a este. Al final del almacenamiento los jitomates con la formulación que menor contenido de carotenos presentó en comparación con el control fue la formulación 7, seguida de la 2, 9 y 8 con valores de 70, 80, 82 y 90 mg/100 g, respectivamente, y los jitomates con la formulación que mayor contenido de carotenos presentó fue la formulación 11, seguida de la 1 y la 12 con una cantidad de carotenos de 150, 160 y 210 mg/100 g respectivamente.

La cantidad de carotenos que se obtuvo y esas diferencias entre muestreos se puede deber también a que su contenido está regulado genéticamente y su expresión fenotípica es modificada por el medio ambiente. Es el medio ambiente, así como las técnicas agronómicas usadas en su cultivo y las condiciones de almacenamiento en poscosecha, las que permiten la expresión de mayor o menor contenido de licopeno en una variedad (Saavedra, 2006). Los resultados de los días de almacenamiento 12 y 18 presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control, a excepción de los de la formulación 2, que presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) respecto al control a los 6 y 18 días de almacenamiento.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

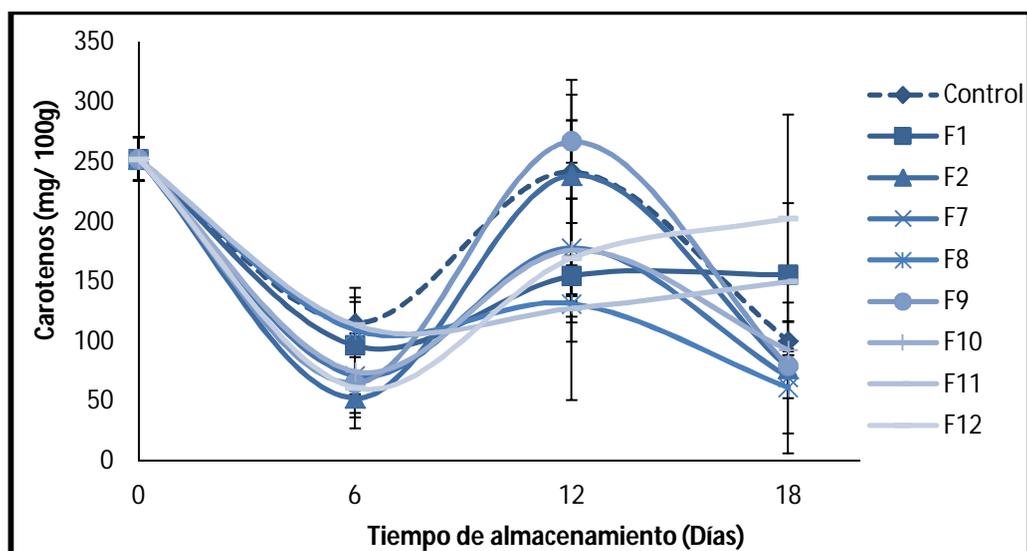


Figura 41. Efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de recubrimiento a base de ceras en el contenido de carotenos de jitomates tipo saladette almacenados a 12 °C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

Apoyándose en los parámetros antes mencionados, las formulaciones que mejores efecto tuvieron al reducir la producción de CO<sub>2</sub>, presentar una pérdida de peso menor al compararla con el control o casi nula y un menor índice de decaimiento, fueron las formulaciones 8 y 9, pero hay que tener en cuenta que estas formulaciones al aplicarlas en los jitomates no presentaron buena apariencia física, puesto que físicamente se veían grumosas y blanquecinas, por lo que a partir de la formulación base de estos recubrimientos se modificaron sus formulaciones para mejorar la apariencia física de estas, como se mencionó en el punto 3.7 de preparación de recubrimientos y las formulaciones modificadas se pueden observar en la Tabla 14; siendo la formulación 4' (silica 3%, cera de abeja 10%, agua 84%, glicerol, tween y AE 1%) la que provocó un efecto favorable en los parámetros de calidad y fisiológicos de los jitomates.

#### 4.4 Efecto de la aplicación de los recubrimientos en los parámetros de calidad y fisiológicos del jitomate tipo saladette proveniente de huerta.

Después de observar el comportamiento de los recubrimientos modificados anteriormente, se realizó un segundo experimento, con un periodo de 15 a 18 días de duración, el tiempo dependió de que tan deteriorados estuvieran los frutos, los cuales provenían de una huerta originarios del Estado de Morelos adquiridos en la central de Abastos de Tultitlan.



#### 4.4.1 Efecto en la respiración

Un tratamiento poscosecha eficiente debe tener un efecto mínimo o inexistente en la producción de CO<sub>2</sub> del fruto estudiado, ya que si se afectan los procesos metabólicos del fruto relacionados con la respiración del mismo, la maduración puede acelerarse o inhibirse completamente, lo cual no es adecuado en el desarrollo de tratamientos poscosecha.

En la Figura 42, se muestran los cambios en la producción de CO<sub>2</sub> del fruto a lo largo de la maduración, los aumentos y disminuciones en la tasa respiratoria fueron similares a las del lote control aunque para el caso del lote control infectado más alta que este. El lote control presentó una producción de 13.0 CO<sub>2</sub>/kg h en el preclimaterio (E<sub>1</sub>) a los 5 días de almacenamiento, mientras que a los 13 días en el inicio del climaterio (E<sub>2</sub>) se observó una disminución en la respiración de 4.0 mg CO<sub>2</sub>/kg h para posteriormente subir rápidamente a los 15 días de almacenamiento y llegar al máximo climaterio (E<sub>3</sub>) aumentando hasta 14.0 mg CO<sub>2</sub>/kg h, lo que indicó que el jitomate llegó a la madurez comercial. Finalmente se presentó un descenso en la respiración, llegando al postclimaterio (E<sub>4</sub>), lo que llevó a la senescencia del fruto a los 17 días de almacenamiento.

Los jitomates con cera comercial presentaron la menor producción de CO<sub>2</sub> llegando a su máximo climaterio a los 5 días de almacenamiento con una producción de 12.0 mg CO<sub>2</sub>/kg h, siguiendo de los jitomates con recubrimiento con AE de tomillo los cuales llegaron a su máximo climaterio a los 13 días de almacenamiento con 16.0 mg CO<sub>2</sub>/kg h, el control infectado y los jitomates con AE de canela llegaron a su máximo climaterio a los 15 días con 35 y 15 mg CO<sub>2</sub>/kg h, respectivamente.

Los jitomates llegaron al máximo climaterio casi en el mismo periodo de tiempo a excepción de los jitomates con cera comercial que llegaron a su máximo climaterio a los 5 días de almacenamiento, por lo cual aunque encontramos que los recubrimientos propiciaron un aumento en la tasa respiratoria del jitomate, no afectaron su proceso de maduración, con lo que se concluye que no tiene efecto en el periodo de vida útil del fruto. Al ser comparados estos tratamientos con los utilizados por Amaya *et al.* (2010) donde se utilizó un recubrimiento elaborado a base de almidón nativo de yuca y de cera comercial sobre jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) a temperatura ambiente, los frutos alcanzaron su pico máximo el día 9, caso contrario en este caso, donde se puede




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

observar que los frutos alcanzaron su máximo climaterio entre los 13 y 15 días de almacenamiento, tomando en cuenta que en ese trabajo los frutos fueron almacenados por 12 días, en donde la diferencia pudo haber influido el grado de madurez de los jitomates respecto a la temperatura en la que estos fueron almacenados.

Los frutos cubiertos con cera comercial en el trabajo de Amaya *et al.*, (2010) tuvieron un pico menos pronunciado, lo que concuerda con lo observado en la Figura 43, donde los frutos con cera comercial, también muestran un pico menos pronunciado que los demás tratamientos y que el lote control.

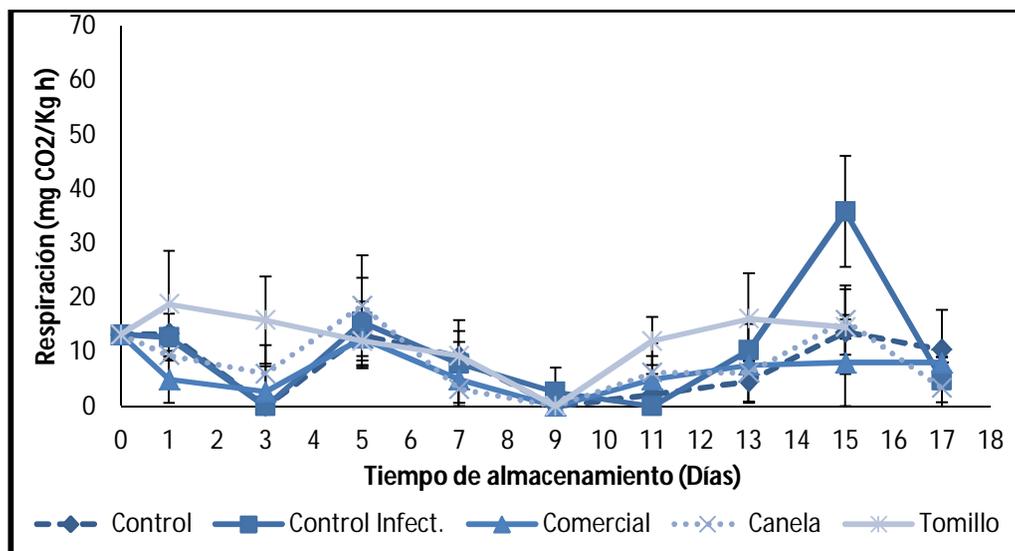


Figura 42. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la respiración del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

#### 4.4.2 Efecto en parámetros de calidad

El índice de decaimiento es aquel que indica que tan rápido llega a la senescencia un fruto, presentando cualquier tipo de daño durante su almacenamiento. En la Figura 43, se muestra el índice de decaimiento de los tres tratamientos en comparación con el lote control infectado y lote control sin infectar. Al evaluar el índice de decaimiento se observó que los jitomates del lote control empezaron a deteriorarse a partir del día 3 presentando 4% de daños y a partir del día 7 presentó 8% de daños para finalizar con una pérdida de calidad del 28%.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los jitomates con recubrimiento con cera abeja-AE de canela fueron aquellos que tuvieron un comportamiento similar al lote control con la diferencia de que estos finalizaron con una presencia de daños del 32%, teniendo una diferencia del 4% en presencia de daños a diferencia del lote control y comprobando que este recubrimiento tiene una alta actividad antifúngica y mejor en comparación con el lote de los jitomates con cera comercial, los cuales presentaron un 4% de presencia de daños al primer día de almacenamiento para que a los 10 días de almacenamiento presentaran 52% de daños y finalizaran con una presencia de daños del 60%, los cuales tienen una pérdida de calidad al último día de almacenamiento de un poco más del doble que los jitomates del lote control y por lo tanto de los que tenían recubrimiento con cera abeja-AE de canela.

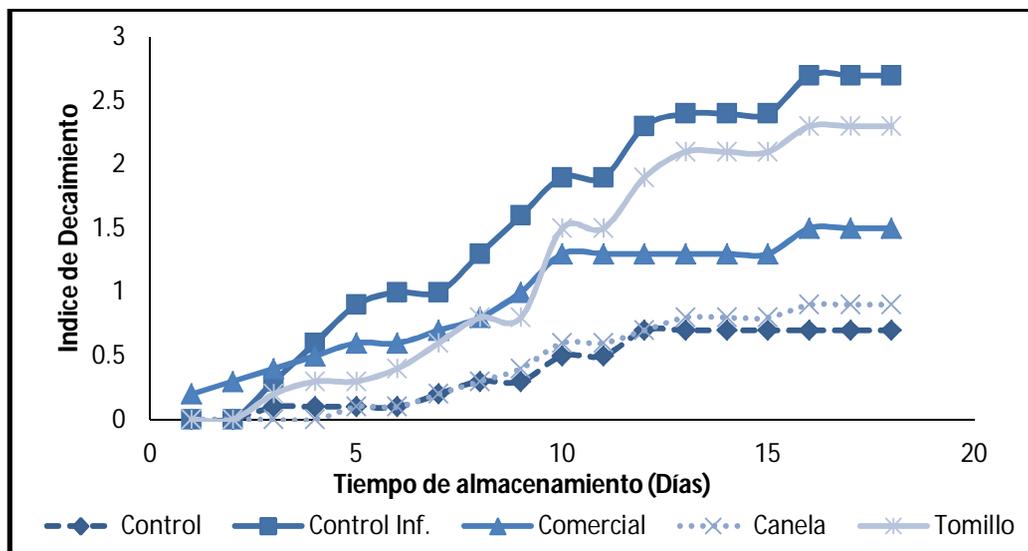


Figura 43. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el índice de decaimiento del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

Los jitomates con recubrimiento con cera abeja-AE de tomillo empezaron a presentar 8% de daños a los 3 días de almacenamiento, empezando a presentar un 16% de daños cada día a partir del día 6 hasta llegar al día 10 donde a partir de ese día tuvieron presencia de daños del 60% para finalizar al último día de almacenamiento con una pérdida de calidad del 92%, mientras que los jitomates del control infectado presentaron mayor deterioro lo cual se esperaba debido a la presencia del microorganismo en los frutos, empezando con una presencia de daños del 12% a los 3 días de almacenamiento para que a los 7 días de



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

almacenamiento los jitomates presentaran un 52% de daño y llegarán al último día de almacenamiento con una presencia de daños del 90%.

La Figura 44, muestra los daños presentados durante el almacenamiento de los jitomates provenientes de huerta con los respectivos tratamientos. También se observa que los frutos que mayores daños presentaron fueron los del lote que se identifica como control infectado y el lote que contiene el recubrimiento con cera abeja-AE de tomillo. Los frutos con recubrimiento con cera abeja-AE de canela estuvieron exentos de daños hasta el día 15, donde se aprecia un fruto con daños ligeros.

	DIA 1	DIA 5	DIA 10	DIA 15
CONTROL				
CONTROL INFECTADO				
CERA COMERCIAL				
CERA CANELA				
CERA TOMILLO				

Figura 44. Daños presentados durante el almacenamiento del jitomate tipo saladette proveniente de huerta con y sin recubrimientos



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los jitomates del lote con el tratamiento cera abeja-AE de tomillo, a pesar de que en las pruebas *in vitro* inhibió al hongo, al aplicarlo sobre los jitomates no tuvo la misma respuesta, lo que puede deberse a que al combinarse con los ingredientes presentes en la cera y la posible pérdida de los compuestos bioactivos presentes en el aceite que inhiben el hongo, por factores como la luz, presencia de oxígeno, entre otros; hace que disminuya su actividad antifúngica, por lo que su aplicación en jitomates no reduce el ataque de *Fusarium ssp.* permitiendo el desarrollo de la enfermedad.

El pH de un alimento es la medida de su acidez o alcalinidad. La mayoría de los alimentos tiene un pH de alrededor de 7 ó menos (Lobera y Romero, 2009).

En la Figura 45 se observa el efecto de los recubrimientos en el pH del jitomate proveniente de huerta. Los jitomates presentaron un rango de pH entre 4 y 5, para ser más exactos de 4.5, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) al 1er y 5to día de muestreo, siendo el lote control aquel que presentó mayor pH a los 10 días de almacenamiento.

Ciruelos *et al.* (2008) indicaron que el pH del jugo de jitomate se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado. Este valor de pH hace que el jitomate sea un producto relativamente fácil de manejar a nivel industrial. Por lo que, los valores de pH obtenidos durante los días de almacenamiento coinciden con lo reportado por estos autores. También Galiotta *et al.* (2004) reporta valores de pH entre 4.20 y 4.45, medias de jitomates no recubiertos y recubiertos por una película de proteína de suero de leche, por lo que los valores de pH obtenidos, se encuentran dentro del intervalo reportado bibliográficamente.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

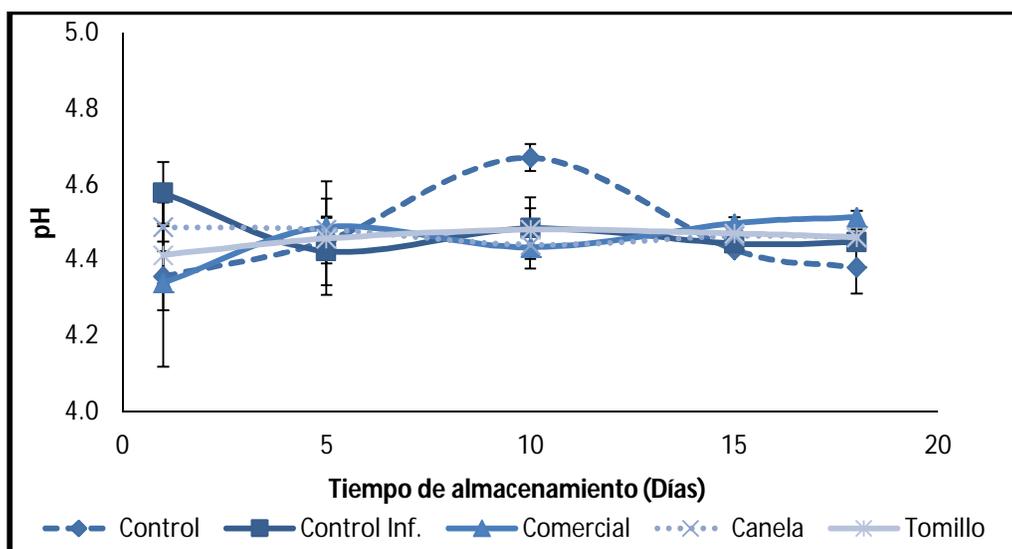


Figura 45. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el pH del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

Los ácidos cítricos no volátiles se encuentran entre los primeros constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración de los frutos, ordinariamente durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados y convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo por consiguiente esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración (Acosta y Nieto, 2002).

En la Figura 46, se muestra el contenido de ácido cítrico de los jitomates proveniente de huerta con y sin recubrimientos durante los días de almacenamiento. Se puede observar que el intervalo en el que se encuentran los 5 lotes, está entre 0.1 y 0.25%, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con respecto al control.

El lote control presentó un menor contenido de acidez de 0.12%, mientras que los demás tratamientos presentaron un contenido de acidez a partir de 0.20% en adelante. Sin embargo al quinceavo día los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo presentaron un valor de acidez de 0.12%, valor que se encontró por debajo del lote control, siendo el lote control infectado el que presentó un mayor contenido de ácido cítrico de 0.19%, coincidiendo con el máximo climaterio. Los jitomates del lote con cera



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

comercial presentaron su mayor contenido de ácido cítrico en el máximo climaterio que fue a los 10 días de almacenamiento, mientras que para los demás tratamientos (lote control, lote cera abeja-AE canela y lote cera abeja-AE tomillo) su máximo climaterio fue a los 18 días y por lo tanto su mayor contenido de acidez. Los rangos de los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Galletta *et al.* (2004), en un estudio donde se elaboró una película de proteína de suero de leche para jitomate y aumentar su vida útil poscosecha.

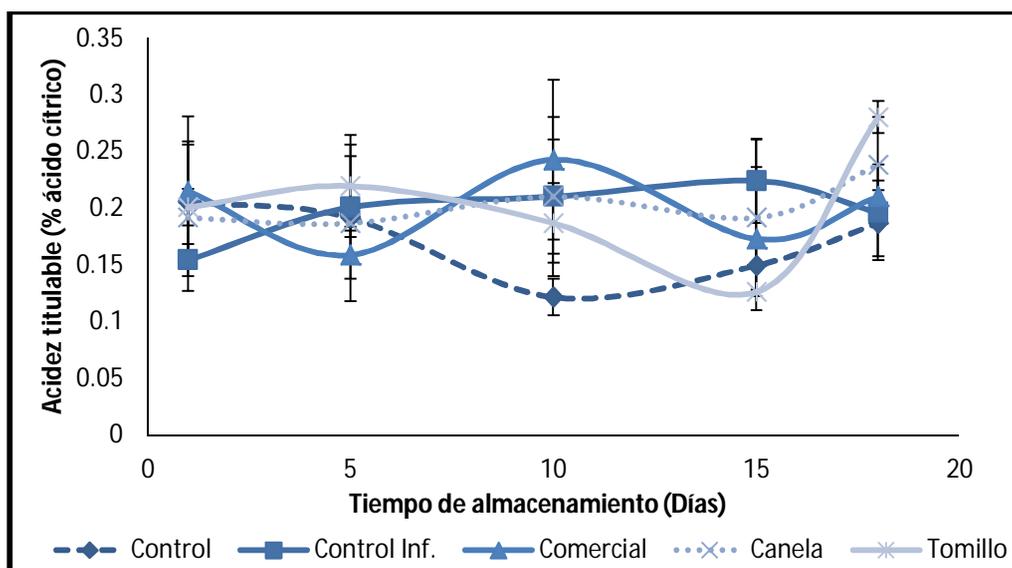


Figura 46. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de ácido cítrico del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

En la Figura 47, se muestra el contenido de sólidos solubles por cada tratamiento, y se observa que no se encontró efecto de los recubrimientos sobre éstos durante su almacenamiento. Los tratamientos no presentaron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) respecto al control. Los resultados obtenidos fueron similares a lo reportado por Galletta *et al.* (2004), ya que para su caso al utilizar los recubrimientos con proteína de suero de leche sobre los jitomates, no se encontró efecto de estos sobre los sólidos solubles obteniendo una media de 3.63 °Brix en los frutos.

Lobera y Romero (2009) mencionan que en estudios realizados del INTA (2006) indican que la concentración de azúcares en la fruta se ve influenciada por factores ambientales



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

entre los cuales la luz juega un rol principal. A mayor cantidad de luz incidiendo sobre la fruta, mayor cantidad de azúcar. En consecuencia, los tomates cultivados en invernadero en épocas del año de baja intensidad lumínica, tienen mucho menos concentración de azúcar que los cultivados en condiciones de luz más favorables.

Lo anterior explica que el intervalo de valores que se obtuvieron de sólidos solubles en este trabajo durante la experimentación, fueron altos en comparación a los que ellos obtuvieron para jitomates cultivados en hidroponía, y esto se debe a que los jitomates con los cuales se trabajó provienen de una huerta, es decir cultivados en suelo y por lo tanto expuestos a la luz.

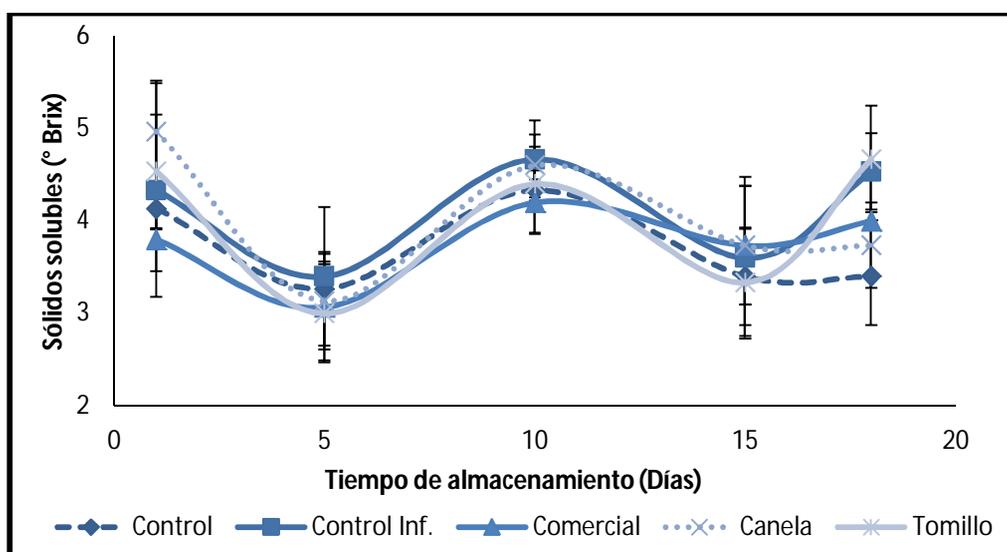


Figura 47. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de sólidos solubles del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

La firmeza del fruto, como la firmeza de la pulpa, va disminuyendo desde el estadio de verde-inmaduro a rojo-maduro. Lógicamente, ya que la disminución en la firmeza de los tejidos es una consecuencia de la maduración del jitomate. La reducción de la firmeza en los frutos es una consecuencia de la actividad de la enzima poligalacturonasa (PG) sobre las pectinas y las paredes celulares, provocando cambios en las características de los tejidos que conducen al ablandamiento. Esta enzima aparece progresivamente en el proceso de maduración mientras que en los frutos verdes está inactiva (Urrestarazu,



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2003). En la Figura 48, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. A los 5 días de almacenamiento de los jitomates con sus respectivos tratamientos, existió una ligera disminución de la firmeza de los frutos de 2 kg/cm<sup>2</sup>, pero al siguiente muestreo, es decir a los 10 días de almacenamiento, mostraron un aumento en la firmeza; esto se le atribuye a que los jitomates que se tomaron para los primeros muestreos tenían una firmeza al tacto más débil que los que se dejaron para los siguientes muestreos, teniendo una disminución en la firmeza en el último punto de muestreo.

Urrestarazu (2003) reporta resultados de firmeza de 3.3 y 2.5 kg/cm<sup>2</sup>, valores que concuerdan con lo reportado experimentalmente. Los diferentes lotes presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) al 1er., 10, 15 y 18 días de almacenamiento.

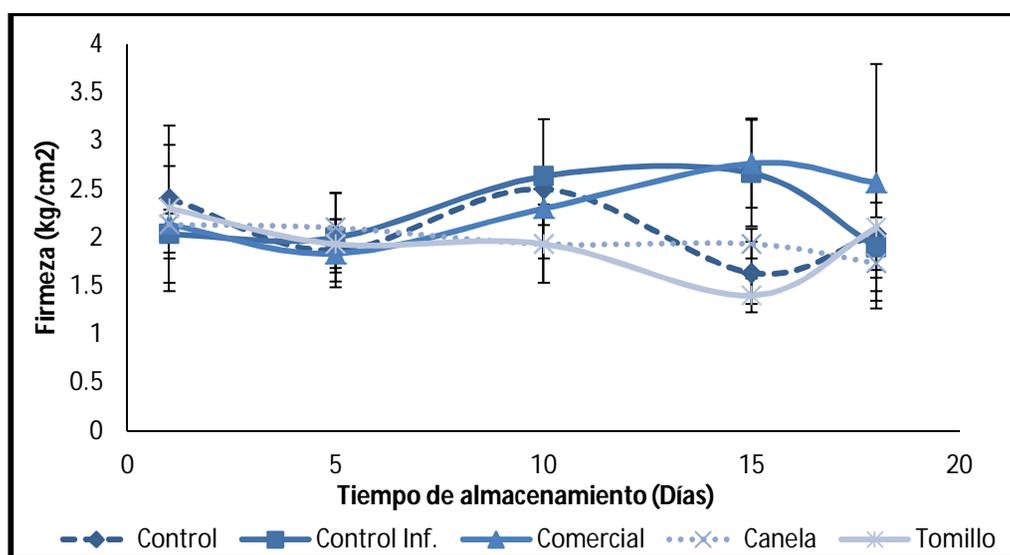


Figura 48. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

La aplicación de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas mejora el brillo y la textura de la corteza, reduce el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuye la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases (Amaya, 2010). En la Figura 49, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Los recubrimientos elaborados con AE de canela y tomillo no resultaron efectivos sobre los jitomates para este parámetro, aunque físicamente el recubrimiento con cera abeja-AE de canela fuese el que mejor se observará en otros parámetros, para este caso los jitomates con recubrimiento de cera abeja-AE de canela son los que mayor pérdida de peso presentaron durante su almacenamiento. El comportamiento que presentaron los 5 lotes fue similar al lineal, por lo que cada día perdieron aproximadamente la misma cantidad de peso, aún así se esperaba que los jitomates con cera comercial presentarían menor pérdida de peso que los jitomates del lote control, y no es así, la pérdida de peso que presentaron los jitomates de este lote fue 1% mayor a los jitomates del lote control y 0.5% menor a los del lote infectado.

Una de las características más importantes de los recubrimientos comestibles para muchas aplicaciones es la resistencia a la migración de humedad (Rojas-Graü, 2007). La pérdida de agua de frutas y vegetales frescos se traduce en una pérdida de peso del producto con la consecuente disminución de la calidad durante su comercialización, lo que para este caso los recubrimientos elaborados con AE influyeron en la pérdida de peso, ya que respecto a la calidad esta preservó y ayudaron a la disminución del índice de decaimiento.

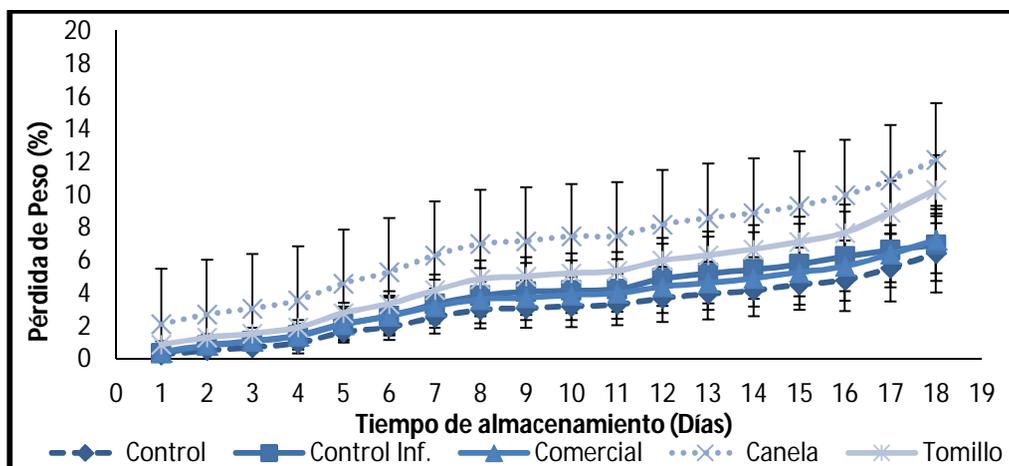


Figura 49. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.



#### 4.4.3 Efecto en parámetros nutrimentales

El jitomate es una fuente interesante de antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno y vitamina C) con actividad anticancerígena y cardioprotectora. Los factores medioambientales pueden afectar su contenido. La exposición de los jitomates a la luz favorece la acumulación de vitamina C (Zapata *et al.*, 2007). En la Figura 50, se puede observar que a partir del día 5 el contenido de vitamina C disminuyó encontrándose en un rango entre 10 y 20 mg/ 100 g muestra, por debajo a lo reportado por Raffo *et al.* (2006) entre  $16 \pm 3$  mg/100 g y  $44 \pm 7$  mg/100 g de jitomate, tomando en cuenta que la diferencia varía por las condiciones en las que los frutos fueron estudiados dependiendo de la época del año. Lobera y Romero (2009) reportaron un contenido de vitamina C para jitomates cultivados en suelo entre 19.6 y 21.7 mg/100 g, valores que son similares a los obtenidos experimentalmente. También se observó que los jitomates con el mayor contenido de vitamina C durante todo el almacenamiento fue el lote con recubrimiento con cera abeja- AE de canela en comparación con los demás lotes. Durante los primeros 15 días de almacenamiento el contenido de vitamina C presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para cada tratamiento, pero para el día 18 el contenido fue similar estadísticamente en todos los casos.

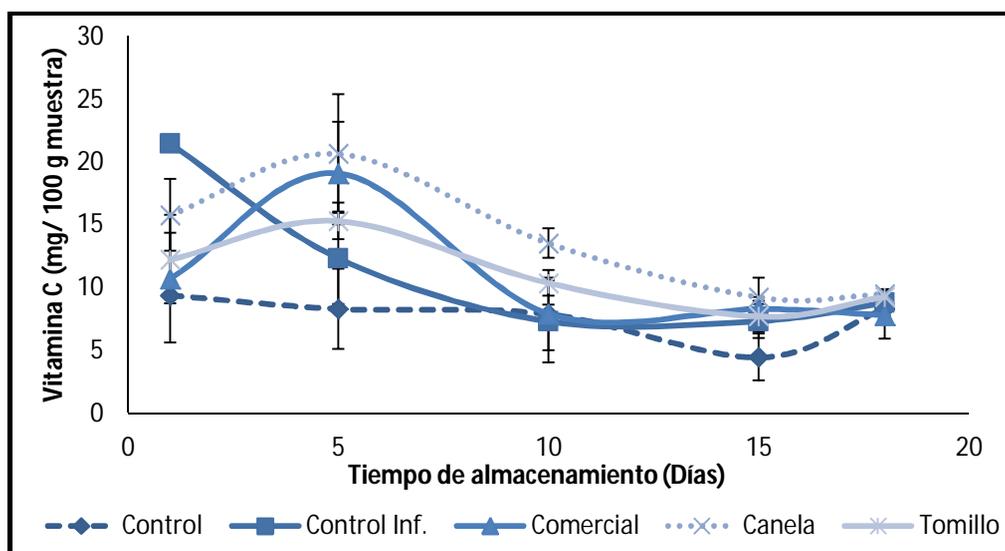


Figura 50. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de vitamina C del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El licopeno es un pigmento vegetal natural clasificado como carotenoide que aporta color rojo a los jitomates y a otras frutas y verduras. Cada vez existen más estudios epidemiológicos que sugieren que el consumo de licopeno tiene un efecto beneficioso sobre la salud humana, reduciendo notablemente la incidencia de las patologías cancerosas sobre todo, de pulmón, próstata y tracto digestivo, cardiovasculares y del envejecimiento, gracias a su carácter antioxidante (Arándiga y Díaz, 2008). En la Figura 51, se observa el cambio en el contenido de carotenos correspondientes a los muestreos realizados durante su almacenamiento. Inicialmente los dos primeros puntos de los jitomates del lote con recubrimiento con cera abeja-AE de canela, presentaron un alto contenido de carotenos, pero para el día 10 los jitomates de todos los lotes presentaron un contenido de carotenos parecido entre 200 y 300 mg/ 100 g muestra, sin embargo para el día 15 los jitomates del lote infectado presentaron mayor contenido de carotenos, esto se puede deber a que los jitomates de este lote presentaron una mayor rapidez de maduración respecto a los demás, ya que la presencia del hongo característico de la podredumbre acelera la maduración. Y al día 18 de muestreo los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela siguieron conservando el contenido de carotenos. Los resultados de los 5 lotes respecto al contenido de carotenos presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

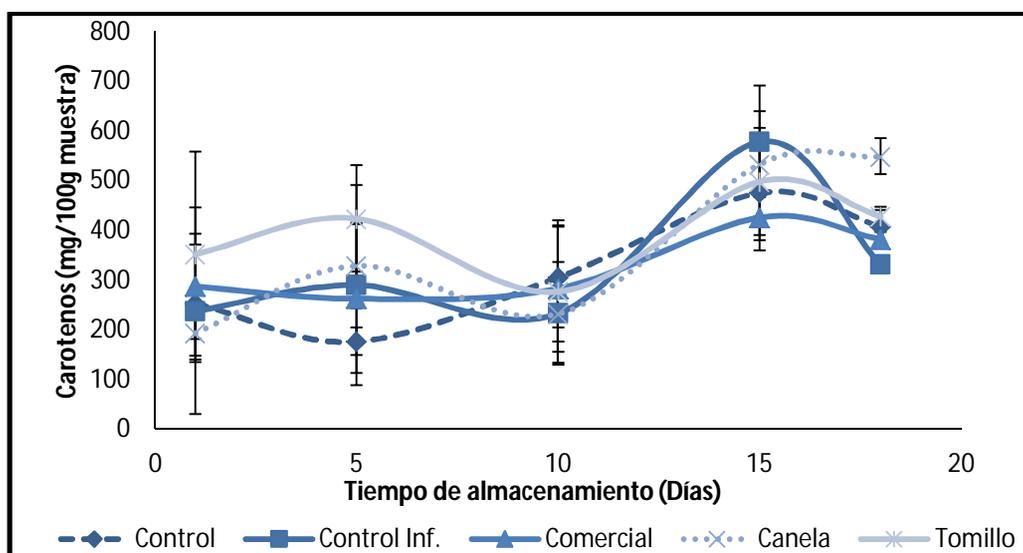


Figura 51. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de carotenos del jitomate tipo saladette proveniente de huerta almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.



#### 4.5 Efecto de la aplicación de los recubrimientos en los parámetros de calidad y fisiológicos del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero.

##### 4.5.1 Efecto en la respiración

En la Figura 52, se muestran el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la respiración del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero, a diferencia del apartado 4.4, en el cual se estudió frutos procedentes de huerta. Los jitomates del lote control presentaron una producción de 22 mg CO<sub>2</sub>/Kg h en el preclimaterio, el inicio del climaterio a los 3 días de almacenamiento se registró una producción de 15 mg CO<sub>2</sub>/Kg h, llegando a valores de 34 mg CO<sub>2</sub>/Kg h en el máximo climaterio y finalmente descender y llegar al postclimaterio.

Los jitomates con cera comercial al igual que los jitomates del lote control también llegaron al máximo climaterio a los 5 días de su almacenamiento pero con una producción menor de 15 mg CO<sub>2</sub>/Kg h, siendo efectiva la cera comercial sobre los jitomates al inhibir un 56% de la producción de CO<sub>2</sub> de los jitomates del lote control, pero también no tan efectiva en la vida útil de los jitomates ya que llegaron al máximo climaterio a los mismos días que los del lote control.

Los jitomates con recubrimiento cera abeja-AE tomillo llegaron a su máximo climaterio al 1er. día de su almacenamiento con una producción de 22 mg CO<sub>2</sub>/Kg h, concluyendo que este recubrimiento no fue efectivo ya que los jitomates empezaron con la etapa de senescencia más rápido que los demás. Los jitomates con recubrimiento cera abeja-AE de canela presentaron mejores resultados, ya que llegaron a su máximo climaterio a los 13 días de almacenamiento con una producción menor de 9 mg CO<sub>2</sub>/Kg h, siendo este recubrimiento el que mejor funcionó para conservar por más tiempo a los jitomates en comparación con los del lote control y el resto de los tratamientos ya que inhibió en gran parte la producción de CO<sub>2</sub>.

En el caso de los jitomates del lote control infectado a pesar de los daños que estos presentaban, lograron llegar a su máximo climaterio a los 11 días de almacenamiento con una producción de 18 mg CO<sub>2</sub>/Kg h. El recubrimiento con cera abeja-AE de canela presentó un efecto significativo en la tasa respiratoria en jitomates provenientes de invernadero y huerta, y los jitomates de los lotes control y control infectado presentan su máximo climaterio en diferentes días de almacenamiento, comportándose diferente, pero



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

no afectando su periodo de maduración, lo que se deduce a que no presentan un efecto en el periodo de vida útil del fruto, ya que en ambos tratamientos la maduración de los frutos fue similar.

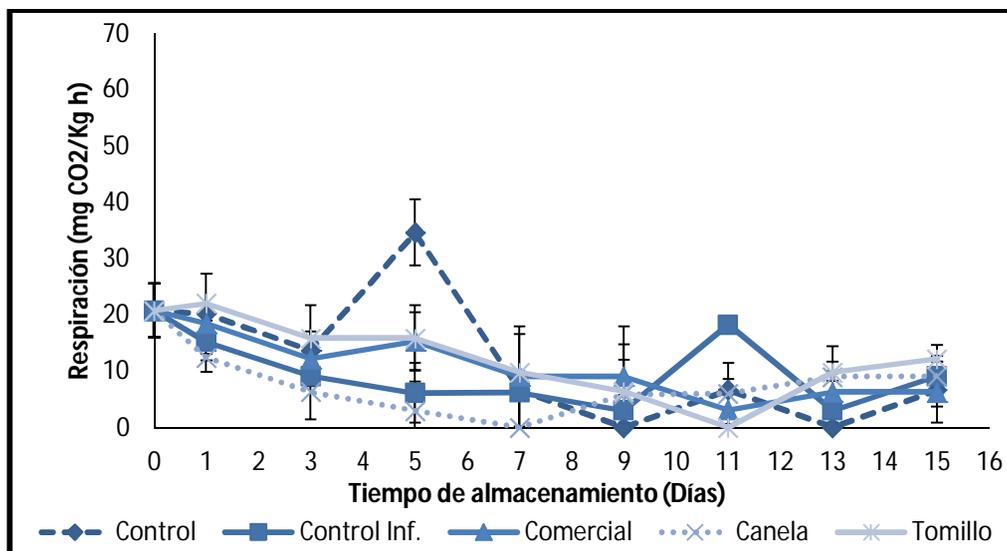


Figura 52. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la respiración del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

#### 4.5.2 Efecto en parámetros de calidad

En la Figura 53, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el índice de decaimiento del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. Los primeros días de almacenamiento los jitomates de los lotes con cera comercial, recubrimiento con cera abeja-AE de tomillo y lote control infectado presentaron mayor deterioro en comparación con los jitomates de los otros dos lotes, pero al cuarto día de su almacenamiento, el lote con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo aumentaron 0.5%, siendo mayor a los jitomates del lote control infectado y a partir del día 14 se comportaron de la misma manera los jitomates del control infectado y con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo. Los jitomates del lote con cera comercial presentaron un comportamiento similar a los del control infectado, los cuales empezaron a deteriorarse a los 4 días de almacenamiento, siendo los jitomates con cera comercial los que detuvieron su deterioro a partir de los diez días de su almacenamiento, siendo su comportamiento menor al de los demás tratamientos, excepto



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

al de los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela. En comparación con el primer experimento, donde los jitomates provenían de una huerta como se observa en la Figura 43, deteriorándose más rápido los jitomates del lote control infectado que los del recubrimiento con cera abeja-AE de tomillo, en este caso se deterioraron más rápido los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo, seguido por los del lote control infectado; pero en ambos experimentos los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela presentaron el mismo comportamiento e inhibición contra el hongo, teniendo un mayor efecto en los jitomates provenientes de huerta, ya que solo se deterioraron 0.7% y en el caso de los de invernadero se deterioraron 2%, por lo que se puede deducir que los jitomates de invernadero son más susceptibles a la enfermedad de podredumbre. Los jitomates que presentaron mayor índice de decaimiento al final de su almacenamiento fueron los del control infectado, seguidos por los de cera abeja- AE de tomillo, control, cera comercial y cera abeja- AE de canela, los cuales se deterioraron 4, 3.5, 3.2, 2.7 y 2.2 %, respectivamente.

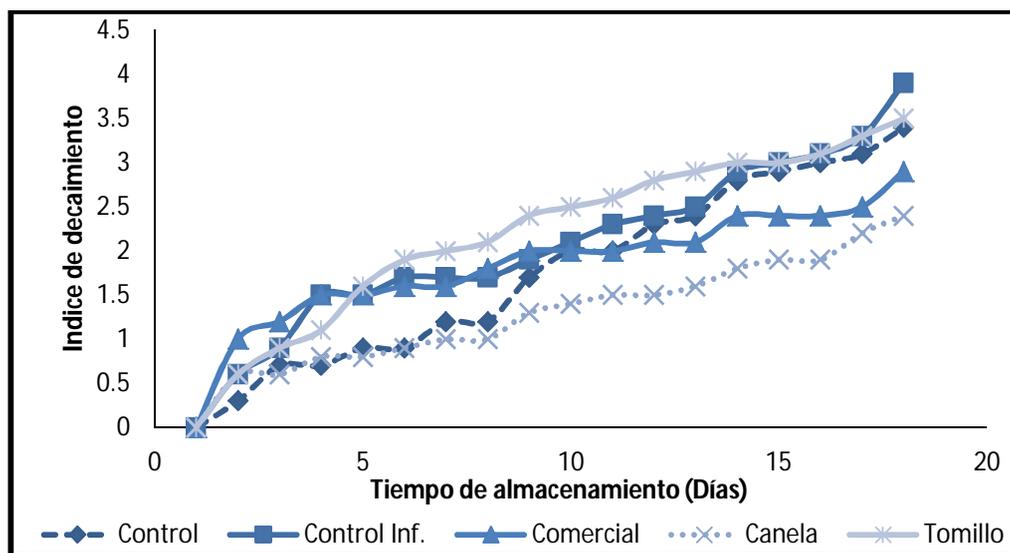


Figura 53. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el índice de decaimiento del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

El pH da un indicio del tipo de microorganismos a los cuales es más susceptible un fruto. En la Figura 54, se puede observar el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el pH del jitomate tipo




---

 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 

---

saladette. A diferencia de los jitomates provenientes de huerta que presentaron valores de pH entre 4 y 5, estos jitomates presentaron resultados de pH entre 5.0 y 5.5, a excepción de los jitomates del primer punto de muestreo del lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela, que se encontró debajo de 4.5, coincidiendo con el primer punto de este mismo lote en el primer experimento. Los resultados presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el día 5 y 15 de almacenamiento. El pH que presentaron los jitomates en este segundo experimento fue mayor al de los jitomates provenientes de huerta, esto se puede deber a que las condiciones para los jitomates de invernadero se controlan y manipulan más fácilmente que para los de huerta que se encuentran expuestos a cualquier tipo de cambio de las mismas condiciones, sin que estas puedan ser controladas, ya que en los que provienen de invernadero hay mayor control en el desarrollo del fruto y este genera ciertas características como el tamaño del fruto, estado de madurez, contenido de nutrientes, coloración del fruto, etc., en las que se puede ver influenciado el pH.

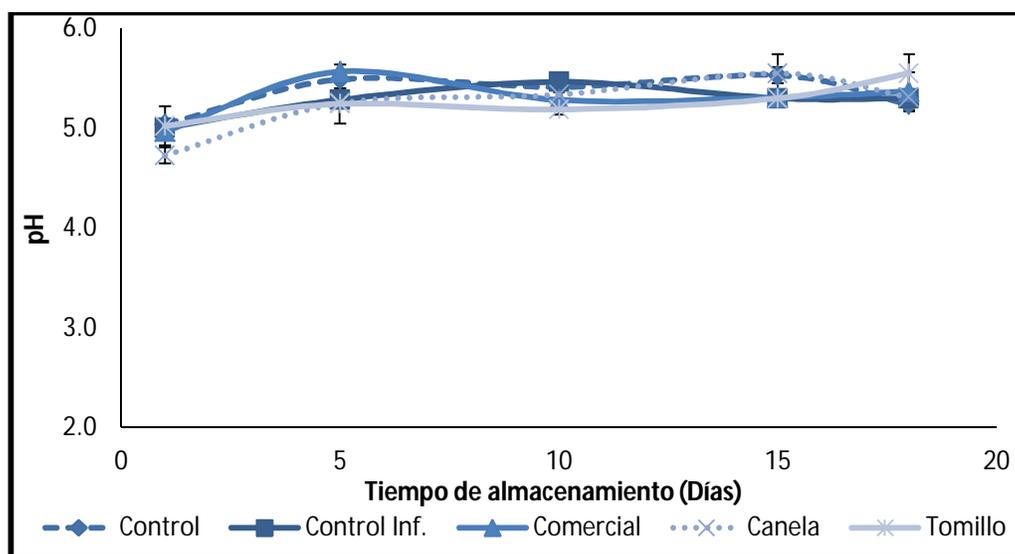


Figura 54. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el pH del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

Respecto al % de acidez que contiene el fruto, en la Figura 55, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de ácido cítrico del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. Los frutos con sus respectivos tratamientos presentaron un % de acidez



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

mayor (entre 0.1 y 0.25 %) a los presentados por jitomates provenientes de huerta que estuvieron entre 0.06 y 0.12 %, los resultados presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los 5 muestreos.

Se observó que a los 5 días de muestreo, los jitomates del lote con cera comercial presentaron un contenido de acidez inferior y único al de los jitomates de los demás tratamientos de 0.04%, pero manteniéndose y presentando valores similares a partir del día 10 respecto a los jitomates del lote control.

Los jitomates del lote con recubrimiento de cera abeja-AE de canela tuvieron un comportamiento similar a los del lote control, estando por arriba de este los primeros 10 días y al día 18. Aunque hay una disminución en el día 15 respecto a los jitomates de los lotes control, control infectado y con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo tuvieron el mismo comportamiento al inicio del experimento y al quinto día, aumentando su % de acidez los jitomates del lote con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo al decimo día de muestreo para después disminuir y concordar en el día 15 con los jitomates del lote control infectado y finalmente presentar en el ultimo muestreo el % de acidez más bajo de todos los tratamientos. A los 18 días de almacenamiento los jitomates del lote control, lote control infectado, lote con cera comercial, lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela y lote con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo presentaron un contenido de ácido cítrico de 0.11, 0.11, 0.09, 0.11 y 0.08 %, respectivamente.

Lobera y Romero (2009) reportaron resultados entre 0.018 y 0.03 % de ácido cítrico en jitomate tipo saladette cultivado en suelo y entre 0.039 y 0.057 % para el cultivado en invernadero, observándose gran variación entre los resultados obtenidos por ellos y los mostrados en la Figura 55, esto debiéndose tal vez a las condiciones con las que fueron tratados, ya que en presencia de hongos, el contenido de ácidos presentes en los frutos tiende a aumentar, mostrando en este caso que los jitomates del lote con recubrimiento cera abeja-AE de tomillo, fue el que más deteriorado se observó por la presencia del hongo *Fusarium* durante su almacenamiento y el que mayor % de acidez presentó también. Aunque los valores respecto al % de acidez son diferentes en los dos experimentos, tienden a comportarse de la misma manera.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

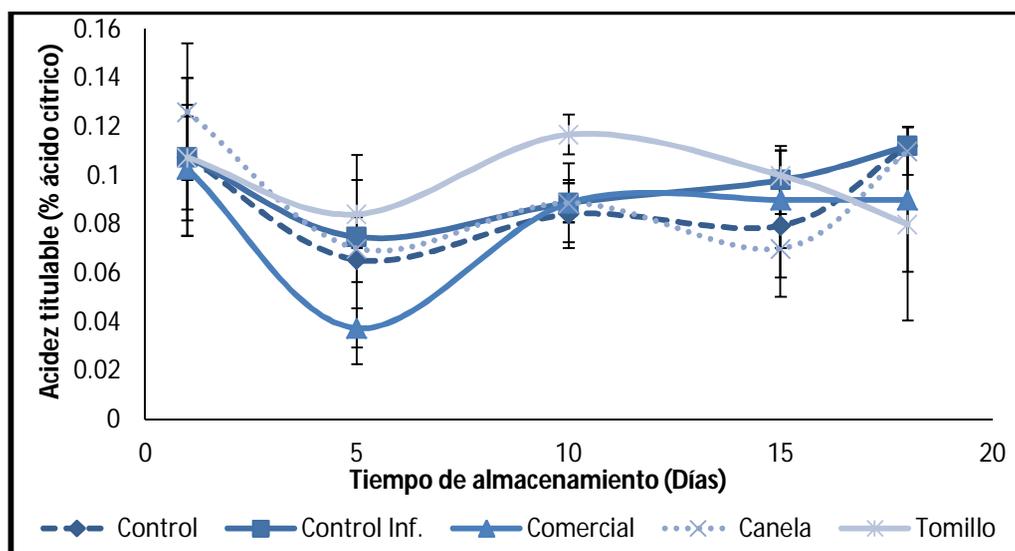


Figura 55. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la acidez del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

En la Figura 56, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de sólidos solubles del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. El control presenta un contenido de sólidos solubles al inicio de su almacenamiento de 4.3, el cual disminuye a 3.3 a los 5 días de almacenamiento, aumentando nuevamente a 4.2, 4.0 y 4.4 °Brix a los 10, 15 y 18 días de su almacenamiento, respectivamente. Los jitomates de los lotes del control infectado, con cera comercial, con recubrimiento de cera abeja-AE de canela y con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo presentaron un contenido de sólidos solubles al inicio de su almacenamiento de 3.5, 3.5, 3.8 y 3.8 °Brix, respectivamente y al final de su almacenamiento un contenido de 3.0, 3.2, 3.2 y 3.5 °Brix. Se observó que no hubo un cambio significativo entre los resultados en el contenido de sólidos solubles de los jitomates durante el almacenamiento, y no hubo un efecto sobre la procedencia de los frutos, por lo que los resultados no presentaron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ), y los valores reportados entre 3 y 4 °Brix, coincidieron con lo reportado bibliográficamente por Galletta *et al.* (2004) de 3.63 °Brix.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

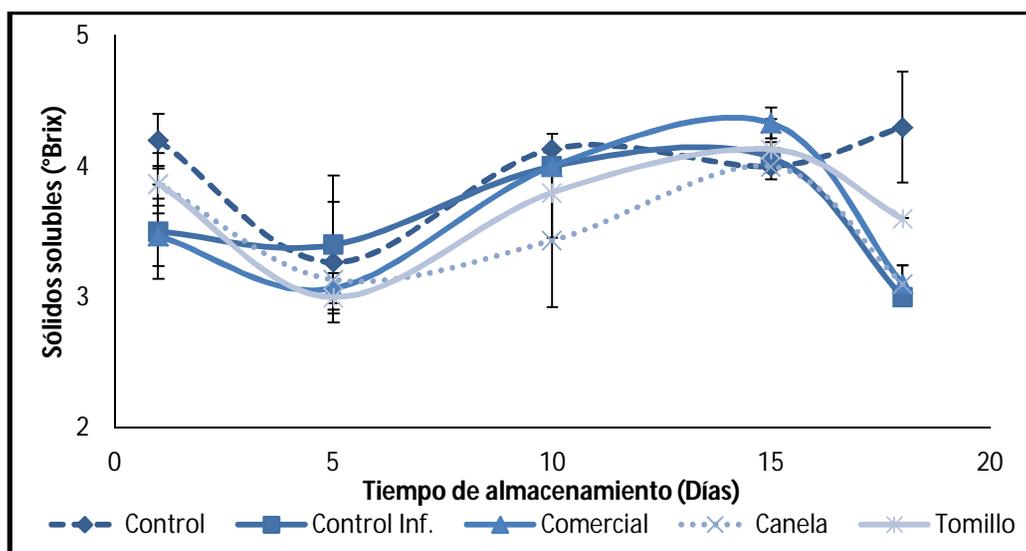


Figura 56. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de sólidos solubles del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

Como se mencionó anteriormente, la disminución de la firmeza en los frutos es una consecuencia de la maduración del jitomate. En la Figura 57, se puede observar el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. Se observa que efectivamente conforme transcurre el tiempo de almacenamiento de los frutos con su respectivo tratamiento, su firmeza va disminuyendo, presentando al inicio del experimento valores entre 2 y 2.5 kg/cm<sup>2</sup> y llegando a finalizar con una firmeza de aproximadamente 1.5 kg/cm<sup>2</sup>. Los jitomates del lote control, control infectado, con cera comercial, con recubrimiento de cera abeja-AE de canela y lote con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo presentaron una firmeza al principio de su almacenamiento de 2.2, 2.5, 2.6, 2.6, 2.2 kg/cm<sup>2</sup> y 1.6, 1.8, 1.5, 1.4, 1.3 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, al final de su almacenamiento; presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el día 1, 5 y 15 días de almacenamiento y concordando estos datos con lo reportado bibliográficamente por Urrestarazu (2004), quien reporta valores para jitomate de 3.3 y 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

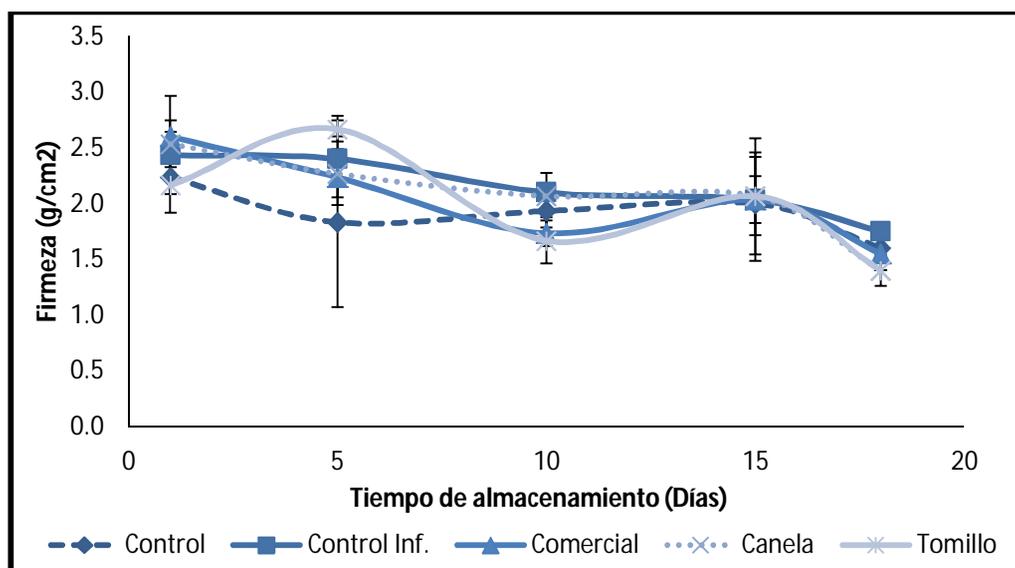


Figura 57. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la firmeza del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

En la Figura 58, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero.

Los recubrimientos aplicados no presentaron efecto sobre los frutos ya que tienden a tener el mismo comportamiento lineal perdiendo aproximadamente la misma cantidad de peso por día (1%) que presentaron los jitomates provenientes de huerta en el experimento anterior, ya que al igual que en ese experimento el recubrimiento con AE de canela presentó buena apariencia física y el que mejor se observó en otros parámetros pero también fue el que mayor pérdida de peso presentó durante su almacenamiento.

Al final del almacenamiento los jitomates que presentaron mayor pérdida de peso, fueron los del control infectado y con cera abeja- AE de canela, seguidos por los del control, cera abeja- AE de tomillo y cera comercial, los cuales presentaron una pérdida entre 11 y 9%.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

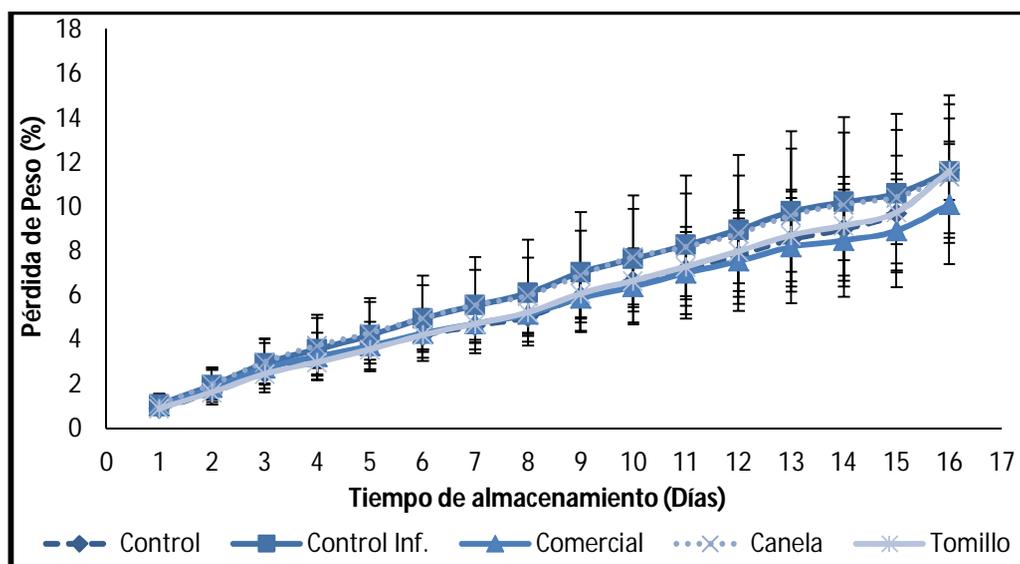


Figura 58. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en la pérdida de peso del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

#### 4.5.3 Efecto en parámetros nutrimentales

En la Figura 59, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de vitamina C del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. Se puede apreciar que estos jitomates provenientes de invernadero presentaron menor cantidad de vitamina C respecto a los jitomates provenientes de huerta, esto se puede deber a las diferentes condiciones con las que fueron manipulados desde su siembra hasta su recolección, ya que factores como agua, luz, suelo y nutrientes influyen en la composición de los jitomates, lo que hacen que modifiquen el contenido de algunos componentes, como en este caso de vitamina C.

Los jitomates del lote control presentaron un contenido de vitamina C de 8 mg/100 g al inicio del almacenamiento, mientras que al final de su almacenamiento su contenido disminuyó hasta 4 mg/100 g. Los jitomates del lote control infectado, con cera comercial, con recubrimiento de cera abeja-AE de canela y con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo presentaron un contenido de vitamina C de 4, 6, 8 y 8 mg/100 g, respectivamente al inicio del almacenamiento, mientras que en el último día de almacenamiento su contenido en vitamina C fue de 4, 5, 7 y 8 mg/100 g, respectivamente. Se observa que al



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

igual que en el experimento anterior, los jitomates del lote que presentaron mayor contenido de vitamina C durante los muestreos realizados, fueron los del lote con recubrimiento cera abeja-AE de canela aunque presentaron una ligera disminución en los días 10 y 18, donde los jitomates del lote con cera comercial y del lote infectado presentaron mayor contenido de esta en el caso del día 10, y los jitomates del lote con recubrimiento de cera abeja-AE de tomillo predominó en el día 18, esto debido a la maduración de los jitomates. Cabe mencionar que durante los muestreos realizados, se observó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los días 5 y 15 de muestreo, mientras que para los demás muestreos no presentaron diferencia significativa.

Zapata *et al.* (2007), mencionaron que los factores medioambientales pueden afectar el contenido de antioxidantes en jitomates, como ya se había mencionado anteriormente, siendo una de las razones principales por las que el contenido de vitamina C fue inferior en los jitomates provenientes de invernadero en comparación con los que provenían de huerta, la luz, ya que la exposición de los jitomates a la luz favorece la acumulación de vitamina C. En jitomates cultivados en invernadero la literatura ha reportado contenidos menores de ácido L-ascórbico que los cultivados a campo debido a la menor intensidad de luz. El mismo autor señala que se observa un notable incremento de ácido L-ascórbico al momento en que los frutos son arrancados de la planta y al modificar las condiciones medioambientales para simular una comercialización.

Esto podría estar relacionado en que efectos climáticos y factores previos a la cosecha afectan el contenido de antioxidantes en jitomates. Por lo tanto, se puede pensar que el cambio en el contenido de vitamina C puede ser una respuesta al estrés producido por los cambios medioambientales. Estos resultados también concuerdan con lo reportado por Lobera y Romero (2009), donde los jitomates cultivados en suelo presentaron mayor cantidad de vitamina C que los cultivados en invernadero, presentando valores entre 13 y 18 mg/100 g, donde la variación de resultados obtenidos para jitomates provenientes de invernadero, se puede deber a las condiciones en las que se almacenaron.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

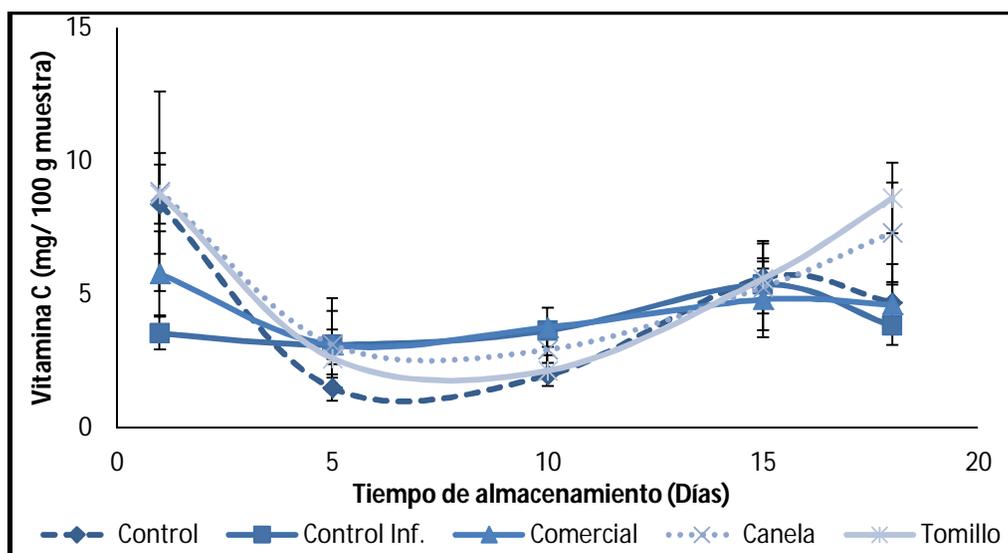


Figura 59. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de vitamina C del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

En la Figura 60, se observa el efecto de los recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de carotenos del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero. La cantidad de carotenos en jitomates provenientes de invernadero y el comportamiento que presentaron estos jitomates fue similar al que presentan los jitomates provenientes de huerta, a excepción del día 15 y 18 de almacenamiento donde la cantidad de carotenos obtenida, fue de 100 mg/100g muestra menor a los que contienen los jitomates de huerta a los mismos días de almacenamiento.

La diferencia de la cantidad de carotenos que contienen unos jitomates y otros en estos días de almacenamiento, se puede deber a los cambios climáticos que ocurren al momento de la maduración de los frutos, principalmente a la exposición de luz, debido algunas veces a que plantaciones tardías recibirán menos intensidad de luminosidad, días más cortos y temperaturas más bajas por períodos largos del día, aunque las temperaturas que se presenten diariamente sean muy elevadas (30 °C). Debido a estos factores, es posible que la cantidad de carotenos presentada en los jitomates de huerta se produjo en estos como una respuesta de defensa ante algún tipo de estrés, ya sea del medio ambiente, principalmente la incidencia de rayos ultravioleta e infrarrojos como lo



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

mencionan Lobera y Romero (2009) al realizar la comparación del contenido de carotenos en jitomate saladette cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 20°C, siendo esta una de las causas principales por las que los jitomates de huerta presentaron mayor cantidad de carotenos que los jitomates de invernadero a los 15 y 18 días de almacenamiento que están más controlados ante situaciones de tipo ambiental. Como todo fruto después de llegar a su máximo climaterio los nutrientes de este empiezan a descender para así llegar al postclimaterio y finalmente concluir con su ciclo de vida útil.

Las tendencias obtenidas concuerdan con lo reportado por Lobera y Romero (2009), donde mencionan que el incremento en la cantidad de carotenos fue un aspecto importante durante el máximo climaterio del fruto, viéndose una tendencia clara de que después de llegar a un máximo en la concentración de carotenos disminuye en todos los casos al llegar al postclimaterio. Los lotes presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) a los días 1, 5 y 10 del almacenamiento.

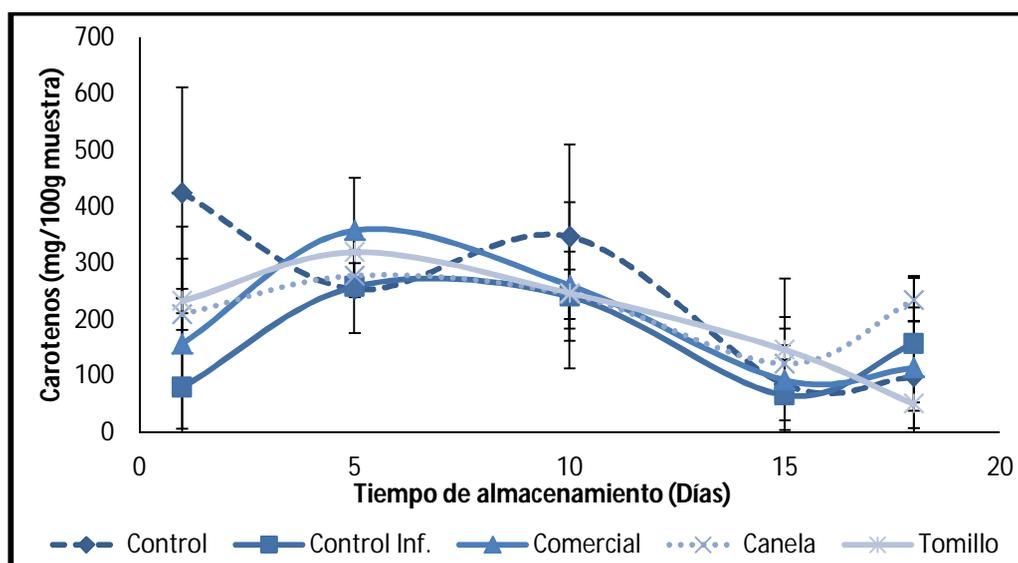


Figura 60. Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de cera comercial, cera de abeja adicionada con AE de canela y tomillo en el contenido de carotenos del jitomate tipo saladette proveniente de invernadero almacenado a 12°C. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada valor.

*Conclusiones*



---

## CONCLUSIONES

---

### CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo se concluye lo siguiente:

1. El aceite esencial de tomillo presentó inhibición en el crecimiento de *Fusarium ssp.* a una concentración de 2000 ppm al realizar pruebas *in vitro*, aunque ya en las pruebas *in vivo* no hubo un efecto significativo en la inhibición del crecimiento.
2. El recubrimiento que mantuvo las características físicas, parámetros de calidad y contenido de vitamina C y carotenos en los jitomates fue el elaborado a base de silica (3%), cera de abeja (10%), agua (84%), glicerol, tween y aceite esencial (1%).
3. El recubrimiento con cera de abeja- silica y aceite esencial de canela mejoró los parámetros de calidad del jitomate a excepción de la pérdida de peso; además contribuyó a mantener los componentes nutrimentales (vitamina C y carotenos).
4. Los recubrimientos no afectaron la vida útil del fruto, a pesar de que provocaron un aumento en la tasa respiratoria del jitomate, no aceleraron su proceso de maduración.
5. La procedencia de los jitomates no afectó la cantidad de sólidos solubles, firmeza, acidez y pH.
6. Los dos tipos de cultivo de jitomate presentaron el comportamiento típico de un fruto climatérico, sin embargo el jitomate de invernadero resultó ser más susceptible al ataque por el hongo causante de la podredumbre, *Fusarium ssp.*
7. El recubrimiento elaborado a base de cera de abeja-silica con aceite esencial de canela, resultó ser efectivo para su aplicación en jitomates de invernadero y huerta, ya que alargó el tiempo de vida útil de estos, inhibiendo el crecimiento del hongo *Fusarium ssp.*, dando mejor resultado en los jitomates de invernadero, que a pesar de que fueron más susceptibles al ataque por el hongo, fue más notoria la efectividad del recubrimiento en el índice de decaimiento que en los jitomates de huerto.
8. A pesar de que la cera comercial es empleada en jitomates otorgándoles mejor apariencia, haciéndolo más atractivo tanto para el consumo en fresco como para un procesamiento industrial, no mostró efectividad contra la enfermedad causada por *Fusarium ssp.*

*Recomendaciones*



---

## RECOMENDACIONES

---

### RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda:

- Hacer uso de otro tipo de AE variando la concentración y no precisamente combinado con recubrimientos, sino aplicar estos productos naturales en otras tecnologías como, haciendo un tratamiento previo a la cosecha para evitar enfermedades causadas por hongos.
- Mejorar las características del recubrimiento con AE de canela elaborado a base de silica (3%), cera de abeja (10%), agua (84%), glicerol, tween y AE (1%) para mejorar sus características de permeabilidad y este pueda ser aplicado y estudiado en diferentes frutos.
- Estudiar otras enfermedades de diferentes frutos, las cuales puedan ser combatidas con AE y suplantar los productos químicos, por productos naturales.
- Al hacer uso de cualquier tecnología sobre jitomates, enfocarse al contenido de componentes nutrimentales, principalmente los que en mayor proporción se encuentren (carotenos, vitaminas), para ver el efecto que tienen esas tecnologías sobre esos componentes.

**REFERENCIAS**

Acosta, R. y Nieto, A. (2002). Efecto del tratamiento hidrotérmico en el control del *Colletotrichum gloesporoides* y calidad de los frutos de papaya cv. Maradol. Libro de memorias del XXIX Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Patología. A. C. Monterrey, México. pp. 20.

Agustí, M. (2003). Citricultura. 2da. Edición. Mundi-Prensa. España.

Álvarez, Z. R. y Delgadillo, S. F. (2004). Enfermedades del tomate y chile Bell. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Torreón, Coahuila. México.

Alzate, D. A.; Mier, G. I.; Afanador, K. L.; Durango, R. D. L.; García, P. C. M. (2009). Evaluación de la fitotoxicidad y la actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum* de los aceites esenciales de tomillo (*thymus vulgaris*), limoncillo (*cymbopogon citratus*), y sus componentes mayoritarios. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 1 (16): 116-125.

Amaya, P.; Peña, L.; Mosquera, A.; Villada, H., Villada, D. (2010). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). *DYNA. Revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia*. Medellín. 162: 67-73.

AOAC (1990). Official Methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.

Arándiga, M. G. y Díaz, S. S. (2008). Estudio del licopeno del tomate como colorante natural desde la perspectiva analítica e industrial. Tesis de maestría de Ingeniería Técnica Industrial (Química Industrial). Universidad Politécnica de Catalunya. UPC, España.

Artés, F. y Artés, H. F. (2004). Tratamientos postrecolección del tomate fresco. Tendencias e innovaciones. En: A. Namesny (coordinador) Tomates. Producción y comercio. (10):109-120. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).

Báez, R.; Ojeda, C.J.; Mercado, R.J.N.; Mendoza, W.A.M. y Bringas-Taddei, E. (1998). Manejo de poscosecha del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). En: R. Báez (ed.) Manejo Postcosecha de Frutas y Verduras en Iberoamérica. (15): 104-109.

---

REFERENCIAS

---

Cano, C.; Bonilla, P.; Roque, M.; Ruíz, J. (2008). Actividad antimicótica in vitro y metabolitos del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys mollis* (muña). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25(3): 298-301. [Online]. Jul-Sep. [Citado 08 Febrero 2011]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000300008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000300008&script=sci_arttext)

Cardona, E.; Ríos, L. y Restrepo, G. (2006). Extracción del Carotenoide Licopeno del Tomate Chonto (*Lycopersicon esculentum*). *Vitae*, Revista De La Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia, Medellín- Colombia. 13 (2): 44-53.

Cásseres, E. (1981). Producción de Hortalizas. 3ra. Edición. San José, Costa Rica: IICA. 387 p.

Cerutti, M. y Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio*. Rosario, Argentina. 7 (12): 149-155.

Ciruelos, A.; De la Torre, R. y González, C. (2008). La Agricultura y la ganadería Extremeñas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. España. pp. 157-168.

Codex Alimentarius. (2007). CODEX STAN 293-2007. Norma del Codex para el Tomate.

FAO (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tomate.

FAO (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Monografía de cultivos. Jitomate.

Galiotta, G.; Hart, F.; Molinari, D.; Capdevielle, R.; Diano, E. (2004). Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. México. *Revista Iberoamericana de tecnología poscosecha*. 6 (002): 117-123.

Garcés de G., E.; Orozco de A., M.; Bautista, G. R.; Valencia, H. (2001). *Fusarium oxysporum*: El hongo que nos falta conocer. *Acta Biologica Colombiana*. Colombia. 6 (1): 7-25.

---

REFERENCIAS

---

García C., E. A.; Quezada V., M. Y.; Moreno L., J.; Sánchez H., G.; Moreno M., E.; Pérez R., M. C. J. (2006). Actividad antifúngica de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum blume*) y orégano (*Origanum vulgare L.*) y su efecto sobre la producción de aflatoxinas en nuez pecanera. *Revista mexicana de fritopatología*. 24 (001): 8-12.

García, I. E.; Gago, C. L.; Fernández, N. J. L. (2006). Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Informe de vigilancia tecnológica. CEIM. Madrid. pp. 48. Fecha de consulta: 2010. Disponible en: [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org)

Guevara, Ma. A. (1997). Regulación de síntesis de enzimas pécticas en *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis lycopersici*. Purificación y Caracterización de pectín y pectato Liasas. Tesis de Biología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2006) Calidad de tomates para consumo en fresco: color y sabor. Fecha de consulta: 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/>

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M.; Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Colombia. pp. 59.

Jones, J. B. (2001). The American Phytopathological Society. Plagas y Enfermedades del tomate. Mundi- Prensa, México. pp. 74.

Joomla. (2010). Tomates del Oriente. Fecha de consulta: 2010. Disponible en: <http://tomatesdeloriente.com/>.

Lobera, S. A. N. y Romero, G. C. E. (2009). Estudio comparativo de la calidad de jitomate (*Lycopersicon Esculentum Mill*) variedad saladette cultivado en hidroponía y en suelo. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Ingeniería en Alimentos. UNAM, México.

Lowry, O.; Rosebrough, N; Farr, A. y Randall, R. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*. 193 (1): 265-275.

Melvin, H. W. (2002). Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Paidotribo. España, Barcelona. pp. 511; 225.

---

REFERENCIAS

---

Milacatl, V. (2003). Cambios en atributos sensoriales y degradación de ácido ascórbico en función de la temperatura en puré y néctar de mango. Tesis de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla, México.

Mondoñedo, D. J. R.; Parsons M. S. D. B.; Medina F. J. (1981). Manual para Tomates. Trillas. México.

Morales, I.A. V. (2008). Uso de Ozono para mejorar la seguridad de frutas y vegetales frescos. Food Technology. USA.

Navarro, T. M. L. (2007). Efecto de la Composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Nieto, F. (2006). Evaluación de un agente oxidante atmosférico sobre la pérdida fisiológica de peso en postcosecha de papaya, chicozapote, jitomate y guayaba. Ingeniería en Alimentos. Dialnet.

NMX-AA-16-1984. Norma Mexicana para la Protección al ambiente y contaminación del Suelo- Residuos Sólidos municipales- Determinación de Humedad.

NMX-F-317-S-1978. Norma Mexicana para la determinación de pH en Alimentos.

NMX-FF-014-1982. Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano- fruta fresca.

NMX-FF-031-1997-SCFI. Norma mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano- hortalizas frescas- tomate- (*Lycopersicon esculentum Mill*)- especificaciones.

Nuez, F. (2001). El cultivo del Tomate. Mundi-Prensa. España.

Nuño, M. R. (2007). Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California. Produce. pp. 34.

Ordoñez, A.; Balanza, Ma. E.; Martín, R. F. y Flores, C. A. (2009). Estabilidad del Carotenoide Licopeno en Tomates en Conserva. *Información Tecnológica*. 20 (4): 31-37.

---

REFERENCIAS

---

- Pamplona, R. J. D. (2006). Salud por los Alimentos. Safeliz. España.
- Pearson, D. (1989). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Acribia, España.
- Pérez, L. M. G. (2008). Mantenimiento de la calidad y control de antracnosis de mango ataulfo aplicando irradiación UV-C. Tesis de Ingeniería en Alimentos. UNAM. México.
- Pérez, LI. F. y Zamora, N. S. (2002). Nutrición y Alimentación Humana. Aula de Mayores. Universidad de Murcia. España.
- Pérez-Gago, M. B; Del Río, M.A. y Rojas-Argudo, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Tecnología de la poscosecha. *Horticultura*. (207): 54-57. Disponible en: [www.horticom.com?69985](http://www.horticom.com?69985)
- Raffo, A.; La Malfa, G.; Fogliano, V.; Maiani, G. y Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), *Journal of Food Composition and Analysis*. 19:11- 19.
- Reho, A. I. (2006). Plagas y Enfermedades del Tomate. Guía de Identificación y manejo. *Revista Productores de Hortalizas*. Marzo. pp. 23. Disponible en: [www.hortalizas.com](http://www.hortalizas.com)
- Rodríguez, R. R.; Tabares, R. J. M.; Medina, San J. J. A. (1997). Cultivo Moderno del Tomate. 2da. edición. Mundi-Prensa. España.
- Rojas-Graü, M. A. (2007). Empleo de recubrimientos comestibles en fruta frescas cortadas: nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos. *Alimentaria*. (382): 105-118.
- Ruiz, V. J. y Medina, Z. J. (2001). Avances en el manejo integrado de *Bemisia tabaci* en tomate y chile en Oaxaca, México. *Manejo Integrado de Plagas*. (59): 34-40
- Saavedra, G. (2006). Seminario internacional: Efecto del medio ambiente en el contenido de licopeno y sólidos solubles del tomate para procesamiento. INIA. Chile. (32): 45-52.
- SAGARPA (2010). Monografía de Cultivos. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/Monografias/Jitomate.pdf>

---

REFERENCIAS

---

Salas, B. W. y Vera, S. G. (2006). Avances en el control biológico de *Botrytis cinerea* en chile y tomate cultivados bajo techo. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. (78): 56-62.

Sandoval, B. C. (2004). Manual Técnico. Manejo Integrado de Enfermedades en Cultivos Hidropónicos en Invernadero. FAO. Universidad de Talca. Chile. 33 p.

Suslow, T.V. y Cantwell M. (2002). Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha del Jitomate. University of California, DAVIS. Fecha de consulta: 2010. Disponible en [http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Tomate\\_Jitomate/](http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Tomate_Jitomate/)

Universidad de California, Davis. (2012). Postharvest Technology. Fecha de consulta: 2012. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/ TomatoPhotos/>

Urrestarazu, G. M. (2003). Tratado de cultivo sin suelo. 3ra. Edición. Mundi-Prensa. España.

USDA. (2010). United States Department of Agriculture, Release 23. Base de datos de nutrientes. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/>

Valle, G. S.; López, R. O.; Reyes, V. M.; Castillo, M. J. y Santos, M. A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 3 (14): 235-241

Vargas, O. W. (1987). Manejo de Frutas y Hortalizas en Postcosecha. Bases Científicas. IICA. Colombia.

Villanueva-Arce, R.; Cárdenas-Soriano, E.; Hernández-Anguiano, A. M.; Mora-Aguilera, A.; Téliz-Ortiz, D. (2006). Patogénesis de la antracnosis (*Colletotrichum fragariae*) en frutos de chirimoya. *Agrociencia*. 40 (6): 773-782.

Zapata, L. M.; Gerard, L.; Davies, C. y Schwab, M. C. (2007). Estudios de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. (35): 173-193.