



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ADICIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y ETHREL PARA PROMOVER LA
CAIDA DE GLOQUIDIOS EN VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia spp*).

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGIA
AGROALIMENTARIA

PRESENTA:

MARÍA ISABEL CERVANTES ESPINOZA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
ORDINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Julio 2009

Chapingo, Estado de México.

**ADICIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y ETHREL PARA PROMOVER LA
CAIDA DE GLOQUIDIOS EN VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia spp*).**

Tesis realizada por **María Isabel Cervantes Espinoza** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**

DIRECTOR: _____

JOEL CORRALES GARCIA

ASESOR: _____

MARIA TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR: _____

JUAN GUILLERMO CRUZ CASTILLO

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, y al Departamento de Ingeniería Agroindustrial por haberme dado la oportunidad de aprender y superarme durante estos años.

Al Dr. Joel Corrales por su amistad, paciencia, comprensión y apoyo durante la realización de este trabajo.

A la Dra. Teresa Colinas por su paciencia, apoyo y acertadas críticas y correcciones a este trabajo.

Al Dr. Juan Guillermo y al Dr. Arturo por sus sugerencias y correcciones para la realización de este trabajo.

A mis Hermanos Esther y Leonardo, a Martín, por su apoyo durante la fase experimental de esta tesis, al igual que al señor Macario y al señor Adrian.

A mis compañeros de posgrado especialmente a Nayelli, Janet, Emmanuel por su amistad y apoyo durante todos estos años y a César por su amistad y asesorías técnicas.

DEDICATORIA

A mis hijas:

Karen y Araceli,

Por ser mi razón de ser, de seguir y ser feliz cada día.

A mis Padres:

Lucia y Cutberto

Por su amor, confianza y apoyo incondicional de siempre.

A mi esposo:

Julio

Por su amor, amistad y apoyo durante todo este tiempo.

A mis hermanos

Gabriel, Miriam, Leo, Esther, Irene, Santiago y Chuy.

Por estar siempre conmigo.

La vida es corta, y perdemos tanto tiempo lamentándonos y quejándonos de cosas sin sentido, que olvidamos los pequeños detalles que nos hacen ser felices, esos que hacen valer nuestra estancia en este mundo.

DATOS BIOGRAFICOS

María Isabel Cervantes Espinoza, realizó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ingeniería agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. Desarrollo una estancia pre profesional en el Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Trabajo como Asistente Principal de Laboratorio en el Laboratorio de Calidad de Trigo del CIMMYT durante 10 meses.

Colaboró en la realización del Artículo Científico: Gluten Composition, Gluten Quality, and Dough Mixing Properties (National-Mixograph; Chopin-Mixolab) of High Yielding Wheats Derived from Crosses between Common (*T. aestivum*) and Synthetic (*Triticum dicoccon* x *Aegilops tauschii*)

ADICIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y ETHREL PARA PROMOVER LA CAIDA DE GLOQUIDIAS EN VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia spp*).

María Isabel Cervantes Espinoza
Maestría En Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.
Universidad Autónoma Chapingo
(Bajo la dirección de: Dr. J. Corrales García)

RESUMEN

Los gloquidios de la tuna afectan negativamente las operaciones de cosecha, la calidad y la aceptabilidad de este fruto. Se han realizado diferentes tratamientos en precosecha para remover los gloquidios. Durante el desarrollo del fruto, a partir de antesis se hicieron 4 ó 6 aplicaciones de AG₃ (50 ó 100 ppm) y posteriormente 4 ó 6 aplicaciones de ethrel (700 ó 900 ppm) en flores (antesis) y posteriormente en frutos. Después de la cosecha se evaluó: peso de fruto, cáscara, pulpa y semillas, caída de gloquideos antes de la cosecha (%), y °Bx, firmeza y respiración del fruto. El AG₃ incrementó el tamaño de los gloquideos lo que favoreció su caída por la acción del viento, el AG₃ combinado con ethrel promovió la caída de gloquideos antes de la cosecha hasta un 86 % en la variedad amarillo 2289, y después de la cosecha arriba de 95 % en todas las variedades estudiadas. 4 aplicaciones de AG₃ y 4 aplicaciones de ethrel no afectaron de manera negativa la calidad de los frutos, incluso aumentó los °Bx. En general 6 aplicaciones de AG₃ y 6 de ethrel disminuyeron el tamaño de los frutos engrosaron la cáscara y disminuyeron la cantidad de pulpa.

Palabras clave: *Opuntia spp*, tuna, reguladores de crecimiento, remoción precosecha de gloquidios, calidad poscosecha

ABSTRACT

Prickly pear glochids negatively affect harvest operations, fruit quality, and acceptance of this fruit. Different treatments for pre-harvest removal of glochids were evaluated. During fruit development, Ag₃ (50 or 100 ppm) was sprayed over flower buds in 4 or 6 applications. Subsequently, ethrel solutions (700 or 900 ppm) were sprayed in 4 or 6 applications over the buds and later on over the fruits. After the harvest, the following were evaluated: fruit weight, husk, pulp, seeds, pre-harvest fall of glochids (%), °Bx, firmness, and fruit respiration. AG₃ increased the size of the glochids, favoring their fall due to wind. AG₃ combined with ethrel increased the pre-harvest fall of glochids by up to 86% in yellow variety 2289. After the harvest, it increased glochid fall by upwards of 95% in all varieties studied. 4 applications of Ag₃ and 4 applications of ethrel had no negative effect on fruit quality, but the soluble solids concentration was increased. In general, 6 AG₃ and 6 ethrel applications reduced fruit size, thickened the husk and diminished the quantity of pulp.

Keys words: *Opuntia spp*, prickly pear, growth regulators, pre-harvest glochid removal, post-harvest quality

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2 Producción mundial de tuna.....	4
2.3 Producción nacional de tuna.....	5
2.4 Métodos y manejo de la tuna durante la cosecha.....	6
2.5 Manejo de la tuna después de la cosecha.....	7
2.5.1 Desespinado	7
2.5.2 Selección.....	9
2.5.3 Empaque	9
2.5.4 Comercialización	10
2.6 Características y criterios de calidad para la cosecha de tuna.....	11
2.7 Anatomía y fisiología del nopal y tuna.....	14
2.7.1. El nopal.....	14
2.7.2. La tuna.....	14
2.7.3. Metabolismo ácido crasuláceo.....	17
2.7.4 Respiración del fruto.....	18
2.8.1 Reguladores del crecimiento (RCH).....	19
2.8.1 Giberelinas.....	23
2.8.2. Etileno.....	27
2.8.3. Efecto de AG ₃ , etileno y otros RCH sobre nopal y tuna.....	31
III. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1 Material experimental y descripción de tratamientos.....	34
3.2 Variables medidas.....	36
3.3 Análisis estadístico de resultados.....	41
IV. RESULTADOS.....	42
4.2. Análisis del efecto de los tratamientos sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por variedad.....	49
4.2.1. Variedad Solferino.....	49
4.2.2. Variedad Rojo 3589.....	52
4.2.3. Variedad Amarillo 2289.....	53
4.2.4. Variedad Rojo vigor.....	55
4.3. Análisis del efecto de los diferentes factores sobre el porcentaje de caída de gloquidios antes de la cosecha.....	57
4.3.1. Variedad Solferino.....	57

4.3.2. Variedad Rojo 3589.	60
4.3.3. Variedad Amarillo 2289.	62
4.3.4. Variedad Rojo Vigor.	64
4.4 Análisis del efecto de las variedades tratadas sobre el número y porcentaje de caída de gloquidios.	66
4.5 Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel en la variedad Solferino.	68
4.5.1. Análisis del efecto por tratamiento sobre la relación longitud/diámetro (forma).	68
4.5.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx).	75
4.6. Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel en la variedad Rojo 3589.	77
4.6.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la pulpa.	79
4.6.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de la cáscara.	80
4.6.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de semilla.	81
4.6.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla de la variedad Rojo 3589.	82
4.6.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza).	83
4.6.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre color de la cáscara.	84
4.6.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx).	85
4.6.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre respiración.	86
4.7 Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel en la variedad Amarillo 2289.	87
4.7.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación longitud/diámetro (forma). .	87
4.7.2. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso del fruto completo.	88
4.7.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de pulpa.	89
4.7.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla.	91
4.7.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza del fruto)	92
4.7.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre el color de cáscara.	93
4.7.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx).	94
4.7.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre la respiración del fruto.	95
4.8. Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel en la variedad Rojo Vigor.	96
4.8.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación longitud/diámetro (forma). .	96
4.8.2. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso del fruto completo.	97
4.8.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la pulpa.	98
4.8.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la cáscara.	98
4.8.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la semilla.	99
4.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre la calidad de frutos de tuna almacenados durante 10 días.	104
4.9.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre pérdida de peso de las 4 variedades estudiadas.	104
4.9.2 Análisis del efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales °Bx de las 4 variedades estudiadas.	107
4.9.3 Análisis del efecto por tratamientos sobre el color en cáscara de las 4 variedades estudiadas.	111

4.9.4 Análisis del efecto por tratamientos sobre la firmeza en cáscara	119
4.9.5 Análisis del efecto por tratamientos sobre Respiración.....	122
IV. DISCUSIÓN	127
V. CONCLUSIONES.....	131
VI. BIBLIOGRAFÍA	132

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos realizados en el experimento.	34
Cuadro 2. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).	73
Cuadro 3. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Solferino	75
Cuadro 4. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).	83
Cuadro 5. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	85
Cuadro 6. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S) de la variedad Amarillo 2289.	92
Cuadro 7. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289.	94
Cuadro 8. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).	100
Cuadro 9. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujos de carbono en una célula CAM durante la noche (A) y el día (B).	18
Figura 2. Relaciones de los diferentes conceptos del desarrollo.	23
Figura 3. Estructura química de las Giberelinas.	24
Figura 4. Estructura química del Etileno.	27
Figura 5. Ruta biosintética del Etileno.	28
Figura 6. Señalización del Etileno.	30
Figura 7. Mecanismo de acción del Etileno.	31
Figura 12. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	50
Figura 13. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	51
Figura 14. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	52
Figura 16. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	54
Figura 17. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	55
Figura 18. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	56
Figura 19. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	57

Figura 20. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	58
Figura 21. Efecto de la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	59
Figura 22. Efecto de número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	59
Figura 23. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	60
Figura 24. Efecto la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	61
Figura 25. Efecto del número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	61
Figura 26. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	62
Figura 28. Efecto del número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	63
Figura 29. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	64
Figura 30. Efecto la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	65
Figura 32. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la caída promedio de de gloquidios en frutos de tuna de diferentes variedades. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	66
Figura 33. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la caída promedio de de gloquidios en frutos de tuna de diferentes variedades. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	67
Figura 34. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la relación Longitud/Diámetro de los frutos de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)	68
Figura 35. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	69
Figura 36. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	70

Figura 37. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de cáscara de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	71
Figura 38. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de semillas de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	72
Figura 39. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la firmeza de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	74
Figura 40. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre grados Brix de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	76
Figura 41. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la respiración en tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).	77
Figura 42. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la relación longitud/Diámetro completo de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	78
Figura 43. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	79
Figura 44. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de la pulpa de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	80
Figura 45. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589 al momento de la cosecha. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	81
Figura 46. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	82
Figura 47. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	84
Figura 48. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales (°Bx) de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	86
Figura 49. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la respiración de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	87
Figura 50. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la relación longitud/diámetro de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	88
Figura 52. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	89

Figura 53. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de la cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	90
Figura 54. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	91
Figura 55. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	93
Figura 56. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre Sólidos Solubles Totales de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	94
Figura 57. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la respiración en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).	95
Figura 58. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la relación longitud/diámetro (forma) de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	96
Figura 59. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	97
Figura 61. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	98
Figura 62. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de la cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).	99
Figura 63. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).	100
Figura 64. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).	101
Figura 60. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales en tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	103
Figura 65. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la respiración en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	104
Figura 66. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	105
Figura 67. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	105

- Figura 68.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Amarillo2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 106
- Figura 69.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 106
- Figura 70.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 107
- Figura 71.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 108
- Figura 72.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 109
- Figura 73.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 110
- Figura 74.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 111
- Figura 75.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 112
- Figura 76.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 113
- Figura 77.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 114
- Figura 78.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$). 115
- Figura 79.** Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días

bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	116
Figura 80. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	117
Figura 81. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	118
Figura 82. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	119
Figura 83. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	120
Figura 84. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	121
Figura 85. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	122
Figura 86. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	123
Figura 87. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	124
Figura 88. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	125
Figura 89. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG ₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).	126

INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia spp*) se cultiva en prácticamente todo el mundo con excepción de la Antártica, actualmente los principales países productores son Italia, Chile, Israel, Colombia, Estados Unidos y México, este último es el mayor productor a nivel mundial, además de contar con la mayor diversidad genética (Flores y Corrales. 2003).

El nopal y la tuna han constituido parte importante de la cultura mexicana desde tiempos prehispánicos, sobre todo en las regiones como la zona centro y norte del país, donde se han utilizado como una importante fuente de alimento, para evitar la erosión, como cercos vivos y forraje (Corrales, 2000).

México es el país que cuenta con la mayor superficie, producción y diversidad genética de nopal tunero, sin embargo, no es el principal exportador, esto se debe probablemente a que la tuna que más se produce en nuestro país es de cáscara y pulpa de color verde, mejor conocida como tuna blanca; sin embargo, el mercado internacional demanda tunas de color amarillo, anaranjado y rojo (Flores y Corrales 2003).

El corte de la tuna es uno de los aspectos más importantes que afectan la vida postcosecha, el cual normalmente se realiza de manera manual, para lo cual los

gloquidios (aguates) de la tuna, representan un problema para su recolección y manejo. La operación de desespinado tradicionalmente se hace de manera manual eliminando los gloquidios con ramas o escobas, y en algunos casos de manera mecánica con máquinas desespadoras; en ambos casos, los frutos sufren daños físicos que se traducen en una rápida perecibilidad, y una corta vida de anaquel generando pérdidas económicas durante la comercialización.

Dada la importancia comercial y cultural de la tuna, en este trabajo se emplearon diferentes concentraciones de reguladores del crecimiento de tipo hormonal (RCH) ácido giberélico (AG_3) y ethrel (ethrel), con la finalidad de determinar la concentración óptima de estos para lograr la máxima caída de gloquidios antes de la cosecha. Además de observar cómo responden las variedades con potencial de exportación a los tratamientos de RCH y posibles diferencias debidas a la concentración de RCH o al número de aplicaciones, y si el tratamiento con estos compuestos afecta la calidad y vida postcosecha de los frutos

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades.

El género *Opuntia* actualmente se clasifica en la familia Cactáceas, y los subgéneros *Cylindropuntia*, *Grusonia*, *Corynopuntia*, *Opuntia* y *Stenopuntia*; en 22 series y según Backeberg (1977), 377 especies, de las cuales de acuerdo con Bravo (1978), 104 se encuentran en México en forma silvestre y de las cuales 60 son de origen mexicano (Claridades Agropecuarias, 1999). Son xerófitas perfectamente adaptadas al medio cálido seco; una de sus principales características morfológicas es la a succulencia, esta puede considerarse como el sello distintivo y resulta de la proliferación celular masiva de cientos de tejidos parenquimatosos, asociada a un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución de los espacios intercelulares (Borrego, 1985).

La familia Cactáceae es endémica del continente americano, se desarrolla y prospera principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Corrales y Flores 2003). El nopal (*Opuntia spp*) se desarrolla en ambos hemisferios y en todos los continentes, con excepción de la antártica, en un área aproximada de 100,000 ha (Corrales y Flores 2003).

Varias especies de cactus del género *Opuntia* se usan como plantas ornamentales en los jardines de áreas públicas, privadas, residenciales y comerciales en áreas de clima seco en los estados de México y Estados Unidos (Irish, 2001).

2.2 Producción mundial de tuna.

Actualmente el cultivo de la tuna se desarrolla en México, Chile, Argentina, Ecuador, Bolivia, Perú, Colombia, Estados Unidos, Sudáfrica, Namibia, Marruecos, Argelia, Libia, Túnez, Egipto, Jordania, Pakistán, Israel, Grecia, Italia, España y Portugal. En la mayoría de estos países, la tuna se considera un producto secundario de las nopaleras dedicadas a la producción de forraje o a la conservación de suelos. (Flores, 2003 y González *et al*, 1997); sin embargo en países como México, Italia, Sudáfrica, Chile, Colombia, Israel y Estados Unidos producen este fruto para consumo para el comercio internacional (SIAP, 2001).

Italia: La producción de tuna en Italia se hace principalmente de manera extensiva y solo el 9.1 % de manera intensiva. Este país basa su producción en la especie (*O. Picus-indica L.*), con tres variedades sin espinas, amarilla, roja y blanca. En este país la cosecha se lleva a cabo en los meses de agosto a septiembre, la producción es forzada, esto para tener menor competencia con otros frutos (Corrales y Flores, 2003).

Israel: En Israel el cultivo de tuna se hace de manera intensiva, se maneja en tres ambientes diferentes, aplicando diversas técnicas que le permiten ampliar la cosecha a

10 meses, en valles cálidos produce en junio y julio, en las montañas en agosto y septiembre, en la costa en julio y agosto y forzando la fructificación en septiembre y octubre. Aplicando nitrógeno con riego han logrado fructificación para cosechar de noviembre a marzo. Puesto que las plantaciones son intensivas cuentan con riego. La variedad que produce es *O. Picus-indica L.* tuna de color amarillo (Corrales y Flores, 2003).

Países del Hemisferio sur: La cosecha en Chile, Argentina y África del sur se da en verano, cuando los países del hemisferio norte están en invierno, lo cual les permite exportar su producción. Estos países aplican de manera parcial riegos a las plantaciones de tuna. (Corrales y Flores, 2003)

Estados Unidos: Basa su producción en una sola especie (*O. Picus-indica L.*), de pulpa roja, la produce de manera intensiva, y aplicando forzamiento de la producción. Cabe mencionar que es un fuerte importador de tuna, ya que compra tuna de Italia, México y Chile.

2.3 Producción nacional de tuna.

En México, los nopales tuneros se cultivan principalmente en las zonas áridas del altiplano, donde la economía de muchos pobladores depende en gran medida de la tuna. En dichas poblaciones, se consume o se vende la fruta silvestre recolectada o producida.

México es el principal productor y consumidor de tuna a nivel mundial, sin embargo; no es el principal exportador, ya que la mayor parte de la producción es para consumo

nacional, aunado a que el mercado internacional demanda en mayor proporción tunas de color, y no tunas blancas, que son las que se producen en mayor cantidad proporción en nuestro país; aún así, este cultivo tiene importancia en la economía nacional por la fuente de empleos e ingresos que genera. (SIAP, 2001 y Corrales y Flores, 2003)

En México las zonas productoras de tuna, se dividen en 3, la sur (Puebla, Oaxaca), centro (Hidalgo y México) y Centro-Norte (Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato y Aguascalientes).

En el año 2006 SIACON reporta que se dedicó una superficie de aproximada de 51 000 ha para la producción de tuna, logrando una producción de aproximada de 423 300 toneladas, como se mencionó anteriormente, México tiene una superficie considerable dedicada a la producción de este cultivo, sin embargo los rendimientos promedio son muy bajos (8.28 t/ha) a comparación de otros Países productores como EU e Israel que obtiene rendimientos promedio por arriba de las 20 t/ha.

2.4 Métodos y manejo de la tuna durante la cosecha.

a)Corte con giro o torción.

Es el método mas usual consiste en tomar la tuna con la mano utilizando un guante, y girarla para desprenderla de la penca, con este método la tuna se magulla y se desgarran del pedúnculo, por lo que la vida poscosecha disminuye drásticamente. Este método de

cosecha se utiliza en los estados de Puebla, México e Hidalgo. (Corrales y Flores, 2003).

b) Corte con cuchillo.

Consiste en tomar la tuna con una mano y con la otra con ayuda de un cuchillo se desprende cortando desde la base del fruto; con este método la vida poscosecha es mayor. Este método es utilizado en la Región centro-norte (Corrales y Flores, 2003).

c) Otro método consiste en cosechar cada tuna cortándola con un pequeño pedazo de penca, el cual se desprende a los 10 o 15 días dejando bien cicatrizada la base de la tuna, lo cual alarga la vida de anaquel. Este método se aplica principalmente en variedades sin espinas (Corrales y Flores, 2003).

2.5 Manejo de la tuna después de la cosecha.

2.5.1 Desespinado

La presencia de gloquidios (espinas pequeñas) causa un efecto adverso en la cosecha, en la calidad y la aceptabilidad de este fruto, en ocasiones estas espinas caen en los ojos de los cosechadores causando molestias. La cantidad de gloquidios presentes en un fruto varía según el cultivar, sin embargo se sabe que los frutos con mayor cantidad de gloquidios son más difíciles de cosechar (Cantwell, 1995).

El desespinado de la tuna después de la cosecha es una de las prácticas clave para el éxito de una explotación tunera. En general, se realiza manualmente generando daños irreversibles en la fruta que afectan su presentación y calidad en general. En las regiones Sur y Centro, un porcentaje pequeño de la producción pasa por desespinado mecánico.

El desespinado manual consiste en colocar las tunas cosechadas sin roció sobre el pasto o paja y se barren con escobas (de panojas desnudas de sorgo o de filamentos de plástico), este método se utiliza en los estados de Puebla, México e Hidalgo.

Desespinado mecánico

Consiste en la utilización de máquinas equipadas con cepillos (rodillos cubiertos con cerdas o con tela de alfombra), sobre los que se hacen pasar las tunas para eliminar los gloquidios. Las desepinadoras mecánicas se han desarrollado empíricamente, y existen más de 150 en el país, sin embargo, muchas presentan deficiencias, como dejar gloquidios en las tunas y maltratarlas. (Corrales y Flores, 2003)

Desespinado con fitohormonas

En un estudio realizado por Corrales y González (2001) encontraron que si se aplica ácido giberélico (100 ppm) en combinación con Ethephon (500 o 700 ppm) por medio de aspersión, en frutos de tuna (*Opuntia amyclaea* Tenore), se incrementa la longitud y el número de gloquidios por areola, lo cual ayuda a eliminarlos por la acción del viento o al realizar la cosecha. Además reportan que la calidad de la fruta no se ve afectada

por los tratamientos. Este método de desespinado aun no se realiza a nivel comercial, aun se siguen realizando investigaciones.

2.5.2 Selección.

Después del desespinado se hace una selección, generalmente con ayuda de una banda de selección donde manualmente las tunas son clasificadas por tamaño y se eliminan las que estén dañadas. Actualmente ya existen maquinas de selección, las cuales por medio de tubos separados a diferentes distancias las tunas caen por gravedad según su tamaño en las mesas de empacado. (Flores, 2003)

Se estima que entre el 25 y el 80% de los frutos se pierden tras la recolección, debido a un mal manejo. La tuna presenta un carácter altamente perecedero a pesar de ser clasificada como un fruto no climatérico, esto se debe principalmente a que sufre deterioro, por lesiones e infecciones patológicas ocasionadas durante el corte y manejo postcosecha, (Corrales y González. 2001).

2.5.3 Empaque

Para el mercado nacional casi toda la tuna se empaca en rejas de madera (de reuso) con capacidad de 18 a 28 kg, en las cuales sufren daños los frutos de la parte de abajo ya que se magullan.

Para el mercado de exportación y para algunas cadenas comerciales de México la tuna se empaca en cajas de cartón con capacidad de (5.5 kg), acomodando las tunas en dos capas.

En otros países, como Italia, Israel y Estados Unidos, las tunas se empacan en cajas de madera, cartón o plástico, en una sola capa y acomodadas en una charola (base de plástico con huecos que siguen el contorno de la tuna), de manera que las tunas se transportan protegidas de daños por golpes o aplastamiento. (Corrales y Flores, 2003).

2.5.4 Comercialización

En cuanto a comercialización no existe infraestructura adecuada, los canales de comercialización son tradicionales, con la intervención de un exceso de intermediarios. Además no se ha fomentado el consumo de este producto a nivel nacional quedando por desarrollar mercados importantes en las costas, en la frontera y en las principales ciudades del sureste de la República Mexicana.

La tuna no recibe un manejo adecuado en poscosecha, lo que demerita la calidad de la fruta y abate su vida de anaquel. El empaque de la fruta es inadecuado para transportar estos frutos, por otra parte podemos decir que la industrialización de la tuna es poca, las empresas existentes son de tipo familiar con técnicas artesanales, los productos se venden en mercados locales y regionales (Corrales y González, 2001). En el Estado de México la tuna "roja mexicana" llega a superar los 200 gramos y se exporta a Canadá y

Japón, donde compite con la tuna proveniente de Zacatecas, de cáscara delgada pero resistente al manejo (SIAP, 2001).

México presenta una producción mayor a la de otros países, sin embargo otros países con menor producción son los que dominan el mercado internacional.

2.6 Características y criterios de calidad para la cosecha de tuna.

La cosecha de tuna en nuestro país se realiza de marzo a noviembre, pero el 90% de la producción se da en los meses de julio, agosto y septiembre, por lo que existe una sobreproducción y fuerte competencia con otras frutas.

Se recomienda cosechar los frutos a horas tempranas cuando los tejidos están turgentes, lo cual facilita el corte y evita que la fruta se maltrate y se deshidrate rápidamente.

La normativa actual para frutas y hortalizas frescas define como calidad a frutos sanos, exentos de plagas y de daños por plagas, exentos de humedad, olor y sabores extraños. (Barreiro, 2005). Los frutos de tuna de alta calidad tienen que ser cosechados en la madurez completa o cerca de ella para que presente el sabor y el color característico de cada variedad. Generalmente Tiene un alto porcentaje de pulpa, un contenido bajo de semillas, y una cáscara fácil de retirar. La fruta tiene alto contenido de azúcar (12 a 17 % SST) y la acidez baja (0.03 a 0.12 %) típicamente. Si cosecha en la madurez adecuada la fruta tiene un sabor dulce delicado que es diferente con la variedad. (Cantwell, 2003).

2.6.1. Índices de cosecha y calidad.

Los índices de cosecha incluyen: el tamaño de fruta, los cambios en el color de la cáscara, la abscisión de las espinas pequeñas o gloquidios, la firmeza de fruta, y la profundidad del receptáculo floral, llenado de la fruta, incremento en por ciento de pulpa comestible, grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), ácido ascórbico y la disminución de la firmeza y la acidez (Cantwell, 1995). También se recomienda utilizar la gravedad específica (mayor que 1.0), las características anteriores son importantes, ya que la realización del corte en el momento adecuado incrementa la resistencia del fruto a las labores de cosecha, selección y embalaje, reduciendo las pérdidas en poscosecha (Domínguez, 1992)

Un fruto en proceso de maduración sufre una serie de cambios marcados en color, textura y sabor, que indican que se están efectuando cambios en su composición; aumento en los azúcares simples que dan dulzura, disminución en ácidos orgánicos y fenólicos para reducir la astringencia y la acidez, además un aumento en las emanaciones de sustancias volátiles, para dar al fruto su sabor característico (Pantástico *et al.*, 1979)

Contenido de azúcares: La madurez en la cosecha es muy importante para la calidad de la fruta ya que el contenido de azúcar y dulzor no aumentan después de la cosecha por ser un fruto no climatérico.

Color: La intensidad luminosa influye notablemente en la coloración de los frutos, sobretodo en la formación de los colores secundarios, ya que la síntesis de los pigmentos representa una reacción fotoquímica (Calderón, 1977).

De acuerdo a lo publicado en la Norma Mexicana, NMX-FF-030-SCFI-2006 y PC-046-2005 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en tuna.

El color de la tuna debe ser correspondiente al tipo comercial, clasificándose como sigue:

- Tuna blanca: El fruto debe presentar en su cáscara un color verde-amarillo claro que cubra como mínimo el 25% de su superficie al momento de su cosecha; además el receptáculo del fruto debe estar plano.
- Tuna amarilla: El fruto debe presentar en su cáscara un color anaranjado pálido claro que cubra como mínimo el 25% de su superficie al momento de su cosecha; además que el receptáculo de las frutas debe estar ligeramente hundido.
- Tuna anaranjada: El fruto debe presentar en su cáscara un color anaranjado que cubra como mínimo el 25% de su superficie al momento de su cosecha.
- Tuna roja: El fruto debe presentar en su cáscara un color Rojo que cubra como mínimo el 25% de su superficie al momento de su cosecha; además que el receptáculo del fruto debe estar hundido.

Firmeza: La firmeza de una fruta es importante para su calidad de consumo o madurez comercial y es un factor que determina su resistencia al estrés del manejo y embarque.

Los frutos reblandecidos son más perecederos y no pueden embarcarse a grandes distancias sin que se presenten pérdidas muy grandes debidas a daños físicos y patológicos (Franco y Rodríguez, 1997).

2.7 Anatomía y fisiología del nopal y tuna.

2.7.1. El nopal.

El nopal es un vegetal arborescente de 3 a 5 metros de alto, la mayoría de sus variedades tienen espinas, su tronco es leñoso, forma artículos oblongos (pencas o cladodios), sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillo. Su fruto es oval puede ser de color amarillo, anaranjado, Rojo o purpúreo con abundante pulpa carnosa y dulce. Dadas las condiciones en las cuales se desarrollan las plantas de nopal su morfología se ha adaptado al medio. Sus hojas son modificadas también denominadas espinas, las cuales ayudan a que la planta no se deshidrate por el viento y las altas temperaturas, además de ser un medio de defensa contra algunos animales. Las hojas verdaderas se encuentran en los nopales jóvenes, estas caen cuando el nopal madura. (Borrego, 1985).

2.7.2. La tuna.

Las yemas florales nacen en las aréolas del borde superior de las pencas, aunque en ocasiones también brotan en las aréolas del limbo, hacia el extremo apical su flor es hermafrodita hemicíclica con eje largo, de color variable (Claridades Agropecuarias, 1999, y Terrazas y Mauseth 2002,).

El fruto (la tuna) es una baya unilocular, polispérmica, carnosas, más o menos ovoide, desnuda, espinosa; normalmente jugosa y comestible, considerada un fruto accesorio por desarrollarse de un ovario infero. La tuna se comporta como una prolongación del tallo, ya que realiza fotosíntesis, tiene pocos estomas que abre durante la noche y cierran durante el día. presenta gloquidios (pequeñas espinas) que le ayudan a conservar la humedad (Flores 2003; Terrazas *et al.*, 2002).

Alvarado (1978) estableció que la tuna muestra un patrón de crecimiento sigmoide si se considera el crecimiento de la yema floral, desde su emergencia hasta el completo desarrollo del fruto; sin embargo, Barbera *et al.* (1994) y Weiss *et al.* (1993), mencionan que el patrón de crecimiento de la tuna es de tipo doble sigmoide, con tres diferentes fases consecutivas: la primera está caracterizada por un crecimiento acelerado, que se inicia inmediatamente después de la antesis, la segunda por una detención del crecimiento y la tercera, por una repentina reanudación del mismo. En la primera fase se presenta una marcada ganancia de peso fresco y seco de la cáscara, luego se registra un desarrollo importante de la semilla en la parte inicial de la segunda fases, y de la pulpa en la parte final de ésta y durante la tercera fase. Sudzuki (1995), en coincidencia con lo anterior, señala que el crecimiento de la cáscara es mayor durante las primeras semanas después de la floración, mientras que la proporción comestible crece durante la últimas cinco o seis semanas, justo del proceso de maduración.

Alvarado (1978), reporta que el fruto de *Opuntia* es de ciclo corto, ya que su desarrollo requiere de aproximadamente 120 días. Se ha considerado que el ciclo corto oscila entre

120 y 140 días en un período entre maduración y floración, de 140 a 160 días ciclo intermedio y de 170 a 180 días de ciclo largo (Pimienta, 1990).

Las tunas se han caracterizado como frutos no climatéricos (Cantwell, 1991) debido entre otras cosas, a que durante su desarrollo no acumulan almidón como carbohidratos de reserva, además éstos no presentan un incremento importante de azúcares en poscosecha. En los frutos de tuna el contenido final de azúcares se determina en función del momento de la cosecha, en virtud de que los cambios de azúcares en poscosecha son muy pequeños (Cantwell, 1995)

La pulpa es la parte comestible del fruto, está formada por células parenquimatosas provenientes de las células epidérmicas dorsales de las envolturas funiculares (90 %) y funículos (10 %) que se encuentran en la semilla (Pimienta y Engleman 1985).

La cáscara presenta los mismos tejidos que el cladodio, aunque en éste los conductos de mucílago están más desarrollados, además, en el cladodio la disposición de las células de la corteza, desde la epidermis hasta el tejido vascular, se encuentran en hileras, mientras que en la cáscara presentan una disposición irregular, además, el pericarpelo presenta areolas que llevan gloquidios y espinas (Pimienta y Engleman 1985). En el ápice del fruto se presenta una cicatriz receptacular u “ombbligo”, cuyo llenado sirve en algunos casos como un índice de cosecha (Alvarado, 1978).

2.7.3. Metabolismo ácido crasuláceo.

Las cactáceas presentan metabolismo ácido crasuláceo (CAM); estas plantas abren sus estomas durante la noche cuando las condiciones son menos propicias para la transpiración, para su fotosíntesis y absorben CO_2 . Como se ilustra en la figura 1, durante el periodo oscuro el almidón se degrada por glicólisis hasta fosfoenol piruvato (PEP). El CO_2 absorbido reacciona con el PEP para formar oxalacetato, el cual luego se reduce a ácido málico. Entonces durante la noche este ácido se va acumulando en las vacuolas de las células epidérmicas hasta que sale el sol. Esta acumulación hace negativo el potencial osmótico de las células, de manera que las plantas pueden absorber agua y almacenarla aun cuando se encuentren en el suelo salino o con escasa humedad. Durante el día, el ácido málico se difunde pasivamente hacia fuera de las vacuolas y se descarboxila. El CO_2 que se libera se concentra en las células y se vuelve a fijar al reaccionar con la ribulosa 5-fosfato, para formar dos moléculas de ácido fosfoglicérico e iniciar con esto las reacciones del ciclo de Calvin, que conduce a la formación de glucosa, sacarosa, almidón y otros productos fotosintéticos, siendo esto posible por la disponibilidad de energía luminosa y a pesar que los estomas se mantengan cerrados para evitar la pérdida de agua por transpiración (Salisbury y Ross, 1994, Corrales y Flores 2003).

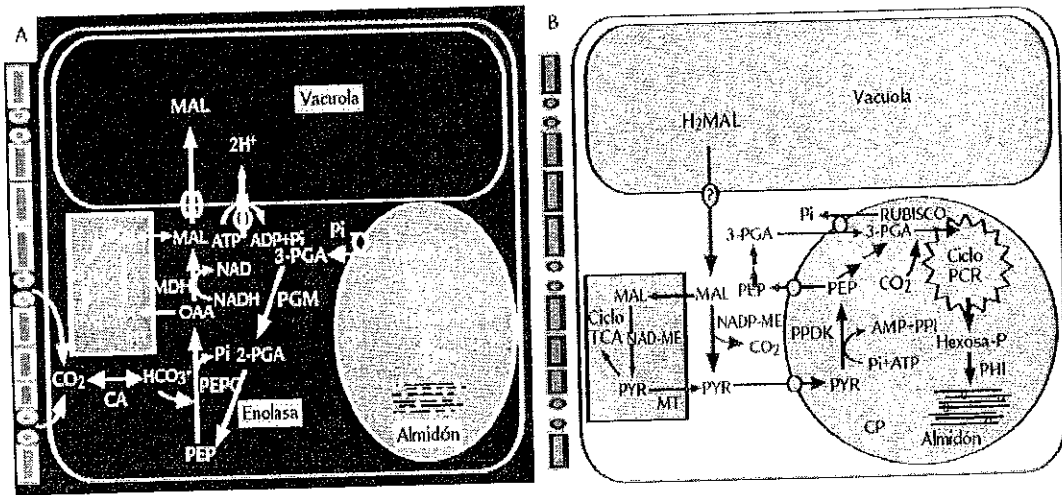


Figura 1. Flujos de carbono en una célula CAM durante la noche (A) y el día (B).
Fuente: Geydan 2005.

2.7.4 Respiración del fruto.

Todas las células activas respiran de manera continua y con frecuencia absorben el mismo volumen de O₂ que liberan de CO₂, pero la respiración es más que un intercambio de gases. En el proceso global es una oxidorreducción en la que algunos compuestos se oxidan a CO₂ y el O₂ que se absorbe se reduce para formar agua, almidón, fructanos, la sacarosa u otros azúcares, grasas, ácidos orgánicos y en ciertas condiciones, incluso proteínas, pueden servir como sustratos respiratorios.

La respiración se compone de tres fases, la primera es la descomposición de polisacáridos en azúcares simples, la segunda de la oxidación de azúcares a ácido pirúvico y la tercera es la transformación aeróbica del piruvato y de otros ácidos orgánicos en CO₂, agua y energía. Los factores que afectan la intensidad de la respiración en un fruto son: especie, variedad, condiciones ambientales, incidencia de año y aplicación de sustancias químicas (Saucedo, 1986).

La tasa de respiración es un buen índice de la longevidad del fruto después de cosechado. La intensidad respiratoria es considerada como una medida de la tasa en que se está realizando el metabolismo y como tal, con frecuencia se le considera como una indicación de la vida de almacenamiento, también es un indicador de la tasa a la cual el fruto se está deteriorando en calidad y valor alimenticio.

De acuerdo con el patrón de respiración se ha dividido a los frutos en climatéricos y no climatéricos, los primeros se cosechan en madurez fisiológica y la maduración normal se da después de la cosecha, los frutos no climatéricos se cosechan en madurez de consumo. Los frutos del nopal de acuerdo con Cantwell (1991) presentan un comportamiento respiratorio no climatérico.

2.8.1 Reguladores del crecimiento (RCH).

Los RCH son sustancias endógenas bioactivas presentes en las plantas, que controlan diversos procesos del desarrollo vegetal. Las aplicaciones prácticas de estos compuestos son diversas, y su utilización actual en agricultura es frecuente y en continuo aumento. La industria agroquímica proporciona un amplio repertorio de fitoreguladores que, en general, se obtienen por síntesis química.

Se entiende por RCH aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando

el crecimiento, desarrollo ó metabolismo del vegetal. El término "substancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las substancias tanto de origen natural, como sintéticas. Los RCH mas conocidos y estudiados hasta hoy son las Auxinas, Citocininas, Giberelinas, Etileno, Acido abscísico y Brasinoesteroles.

Los RCH han sido utilizados en fruticultura y viticultura, aunque también se utilizan en cultivos como cereales. Las características favorables de baja toxicidad de los RCH los hacen ser candidatos apropiados para incorporación en sistemas de manejo con reducido impacto ambiental; sin embargo, al mismo tiempo, su clasificación como agroquímicos los hacen ser sujetos de regulación de forma similar a pesticidas y esto limita el desarrollo de nuevos RCH. Por ello, resulta fundamental el conocimiento de su modo de acción en las plantas (Jankiewicz, 2003).

Diversas sustancias influyen en la respuesta de crecimiento o diferenciación, que conjuntamente se refiere al desarrollo (Zaid *et al*, 1999 y Taiz y Zeiger 2002;) al percibir estímulos externos (luz, temperatura, nutrimentos, agua, etc.) o internos como cambios de pH, contenido de agua y nutrientes, entre otros, por estas razones se consideran regulador de crecimiento o del desarrollo; pudiendo citar a los fotoreceptores y a las hormonas. Por lo tanto las plantas tienen mecanismos tan eficientes ara ser capaces de captar estímulos ambientales transformándolos en información para el organismo (planta) (Jankiewicz, 2003). Los estímulos deben durar tiempo suficiente para poder inducir el fenómeno biológico para el que fue señalizado, constituyendo dicha señal un juego de emisiones de distintos lapsos de duración (Schildknecht, 1983).

Existen diferentes definiciones y enfoques para los reguladores de crecimiento, por ejemplo:

1. Los reguladores del desarrollo vegetal son compuestos orgánicos que estimulan, inhiben o modifican de alguna manera los procesos fisiológicos. Este termino comprende sustancias químicas naturales o sintéticas
2. Los reguladores del crecimiento vegetal actúan frenando el crecimiento vegetativo, para incrementar el tamaño de los frutos y aumentar la precocidad de la cosecha
3. Sustancia orgánica que favorece o inhibe los procesos celulares de división, alargamiento, y proliferación de los vegetales.
4. Sustancias químicas, naturales o sintéticas, que controlan el crecimiento de plantas, activándolo como las fitohormonas (auxina, giberelina) o inhibiéndolo.
5. Los reguladores del desarrollo vegetal son compuestos orgánicos que estimulan, inhiben o modifican de alguna manera los procesos fisiológicos. Este término comprende sustancias químicas naturales o sintéticas (Jankiewicz, 1989).
6. Compuesto orgánico que se sintetiza en alguna parte de una planta y que se transloca a otra parte, en donde concentraciones muy bajas causan una respuesta fisiológica. (Salisbury y Ross 2004)

Las plantas no sólo necesitan para crecer agua y nutrientes del suelo, luz solar y bióxido de carbono atmosférico. Ellas, como otros seres vivos, necesitan hormonas para lograr un crecimiento armónico, esto es, pequeñas cantidades de sustancias que se

desplazan a través de sus fluidos regulando su crecimiento, adecuándolos a las circunstancias.

El objetivo de los receptores de las hormonas vegetales es llegar a identificar la rapidez con que se incrementan, sin embargo muchos de ellos se desconocen. Así que se conocen las proteínas conectadas con las hormonas que actúan como receptores. Napier 2004.

El concepto de desarrollo vegetal puede ser aplicado a toda la planta, refiriéndose al desarrollo ontogénico, pero también se puede aplicar a las partes de la planta, ya sea desde órganos, células o incluso organelos (Jankiewicz 2003).

El desarrollo es influenciado por los mecanismos de control, los cuales coordinan el desarrollo con el ciclo de cambios en el medio. Estos estímulos transforman los estímulos del ambiente en las informaciones químicas o de otro tipo dentro del organismo. Los mecanismos del reloj biológico contabilizan la duración de algunos estímulos.

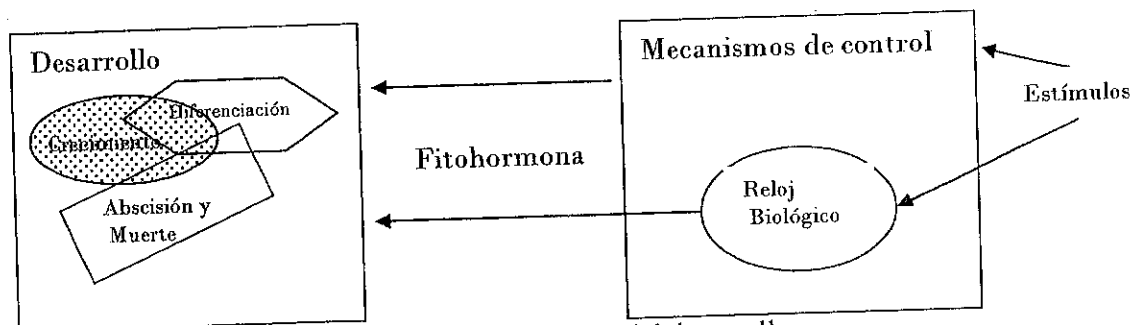


Figura 2. Relaciones de los diferentes conceptos del desarrollo.
Fuente: Jankiewicz (2003)

Gracias a los avances actuales, para cada fitohormona se han ido descubriendo diversos mecanismos que, para que la fitohormona pueda actuar como tal, deben existir: Así se requiere de un emisor, este puede ser producido internamente en el mismo sistema o recibirse desde afuera, la planta debe poseer un sistema que haga posible el transporte hormonal, además la planta debe disponer del sistema para recibir la información y descifrarla (Arzate, 2001; Lough y Lucas, 2006; Taiz y Zeiger, 2002), los mecanismos anteriores permiten que en la planta se reciba la señal hormonal en el lugar donde debe actuar y en el momento que se requiere.

Recientes estudios revelan que la operación de rutas de comunicación a “larga distancia” en plantas vasculares superiores son el resultado de la evolución, permitiendo que el desarrollo responda a los factores ambientales, y mantenga la comunicación entre partes maduras de la planta y las regiones meristemáticas, permitiendo que nuevos órganos se desarrollen adaptados al ambiente y emerjan o maduren cuando es el momento adecuado y la planta viva o sobreviva (Lough y Lucas, 2006).

2.8.1 Giberelinas.

Las giberelinas (GAs) se descubrieron en Japón, se aislaron del hongo *Gibberella fujikuroi*, que atacaba plantas de arroz provocando que alcanzaran grandes alturas (Weaver, 1984, y Salisbury y Ross 1994). A la fecha se han encontrado más de 110 giberelinas (Jankiewicz, 2003), sin embargo no todas tienen alta actividad biológica,

pues muchas de ellas son precursores o desactivadores de otras GAs, de las cuales el GA_3 ha sido ampliamente estudiado y utilizado comercialmente (Sponsel, 1995).

Químicamente todas las AGs son diterpenos que se sintetizan a partir de unidades acetato del Acetil Coenzima A en la ruta del ácido mevalónico. Entre el ácido mevalónico y el ent-kaureno, pueden, sin embargo, ocurrir muchas derivaciones de la ruta metabólica, que llevan a la formación de esteroides, carotenoides, ABA y también de la cadena isoprenica de algunas citocininas (Janskiewicz, 2003).

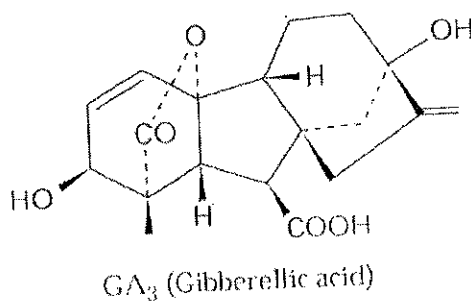


Figura 3. Estructura química de las Giberelinas.
Fuente: Mushiatti 2006.

La sustancia clave en la biosíntesis de giberelinas ocurre en plastidios (de semillas) o en cloroplastos (partes verdes de las plantas superiores e inferiores). En experimentos con frijol se demostró que el transporte no es polar y en el floema es pasivo. (Janskiewicz, 2003).

Síntesis de Giberelinas: Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. La hormona no muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo. (Sponsel 1995).

Ruta biosintética de las giberelinas: La sustancia clave en la biosíntesis de giberelinas ocurre en plastidios (de semillas) o en cloroplastos (partes verdes de las plantas superiores e inferiores). En experimentos con frijol se demostró que el transporte no es polar y en el floema es pasivo. (Sponsel, 1995 y Janckiewicz, 2003).

Gómez y García (2007) mencionan que la identificación del primer receptor de giberelinas se ha realizado mediante un análisis genético del gen GIDI (gibberellin Insensitive Dwarf 1) de arroz. Sorprendentemente se trata de una proteína soluble de localización nuclear, lo que modifica notablemente nuestra idea del modo de percepción de esta hormona.

En los últimos años se han intentado identificar los elementos que componen la cadena de transducción de señal en respuesta a giberelinas utilizando esencialmente dos tipos de aproximaciones. La primera es una aproximación farmacológica, mediante la utilización de compuestos activadores o inhibidores de elementos clásicos en transducción de señal (Ca^{2+} , CMPC, proteínas G heterotriméricas). La segunda es una aproximación genética, mediante el análisis de mutantes con respuesta alterada a giberelinas.

Aunque se conocía desde mucho antes la necesidad del calcio para el proceso de secreción de amilasas por células de aleurona, la demostración de que este catión puede mediar la respuesta a giberelinas provino del análisis de las variaciones de calcio intracelular en protoplastos de aleurona de cebada (Gómez y García 2007).

Efectos fisiológicos: Las giberelinas promueven el alargamiento celular; estimula la germinación, induce floración en plantas que requieren vernalización y fotoperíodo e inducen partenocarpia, Crecimiento de entre nudos, cuajado y aumento del tamaño de frutos, hidrólisis de almidón, intervienen en la tuberización, pueden inhibir la organogénesis (Salisbury y Ross 1994 y Janskiewicz, 2003).

Las giberelinas se han utilizado en distintos cultivos agrícolas, principalmente frutales. En el género *Opuntia* el AG₃ afecta el crecimiento de gloquidios y espinas al promover su formación y crecimiento en determinadas condiciones, el principal modo de acción es promover el alargamiento celular en el proceso de crecimiento y puede actuar como un estimulador morfogénético específico y activador del meristemo apical en proceso de formación (Rodríguez, 1990).

En general en la literatura se menciona que las giberelinas promueven el alargamiento celular; estimula la germinación, induce floración en plantas que requieren vernalización y fotoperíodo e inducen partenocarpia (Weaver, 1984).

2.8.2. Etileno.

A diferencia de los demás RCH, el etileno es una hormona gaseosa, y tiene la estructura más simple. Todos los frutos producen etileno, aunque en diferentes cantidades. Este RCH tiene la propiedad de transportarse por difusión y no se degrada conforme actúa. Al etileno se le considera como la hormona de la maduración y senescencia de la frutas, (Picton, 1995).

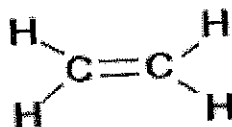


Figura 4. Estructura química del Etileno.
Fuente: Mushietti 2006.

Lugar de producción: Puede ser producido en casi todas las partes de las plantas superiores, aunque la tasa de producción depende del tipo de tejido, la etapa de desarrollo; la producción de etileno se incrementa durante la abscisión foliar y senescencia floral, así como durante la maduración de frutos (Reid 1995)

Ruta biosintética: El etileno se sintetiza a partir del aminoácido metionina, el primer paso de la síntesis es la conversión de este aminoácido a ACC, la cual es catalizada por

la enzima ACC sintasa, el último paso es la conversión de ACC a etileno, requiere del oxígeno y es catalizada por la enzima ACC oxidasa (Picton, 1995).

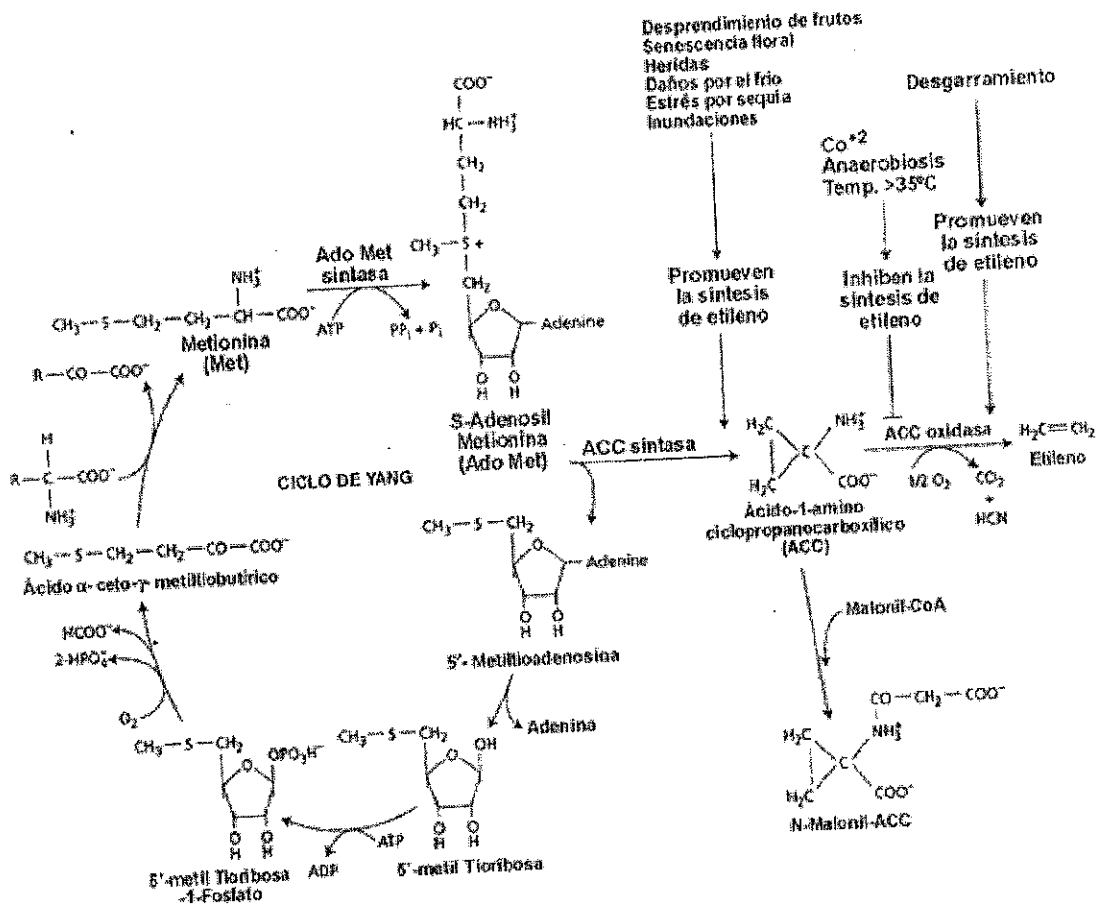


Figura 5. Ruta biosintética del Etileno.
Fuente: Mushietti 2006

Algunas definiciones de hormona postulan que esta debe translocarse, sin embargo esto no significa que la hormona no deba causar respuesta en la célula en donde se sintetiza, un ejemplo de esto es el etileno y la maduración del fruto; es casi seguro que el etileno promueva la maduración de las células que lo sintetizan, así como las de otras (Salisbury y Ross, 2004).

Los frutos no climatéricos como las tunas, no muestran aumento en la tasa de respiración durante la maduración. De hecho, en muchos casos ocurre una disminución de ésta, y tampoco presentan un incremento en la síntesis de etileno. Se ha postulado que existen dos sistemas de producción del etileno: el sistema I, en donde se produce etileno basal y por heridas, y el sistema II, responsable del autocatálisis. De acuerdo con esta definición los frutos climatéricos poseen los dos sistemas, mientras que los no climatéricos poseen sólo el sistema I (Reid, 1995).

Efectos filológicos del etileno: Regula cambios en la capa de absorción que causa la abscisión, promueve la maduración de algunos frutos, la epinastia foliar es el resultado del transporte del ACC de la raíz al brote, algunas respuestas de defensa son mediados por el etileno, induce expansión celular lateral, aumenta la tasa de senescencia foliar, induce la floración en piña, induce la formación de raíces y pelos radicales, entre otros (Reid, 1995).

Mecanismo de acción: El receptor de etileno se denomina **ETR1**; En *Arabidopsis thaliana* es un dímero de 2 proteínas integrales de membrana, con actividad histidina quinasa y capacidad autofosforilante. La unión del etileno a su receptor induce su autofosforilación a nivel de residuos de histidina y luego transferencia de estos fosfatos hacia residuos de aspartato. El receptor así activado inicia una cascada de señalizaciones hacia otras proteínas efectoras (cascada con destino final a nivel del DNA) (Picton).

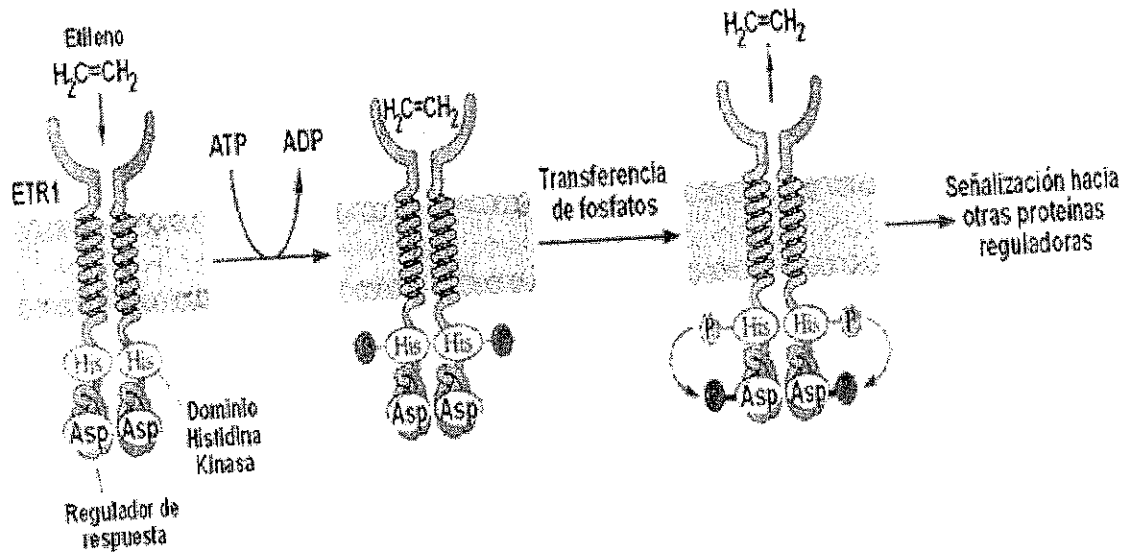


Figura 6. Señalización del Etileno.
Fuente: Mushiatti 2006

La unión del etileno al receptor da como resultado la inactivación de un regulador negativo CTR 1 (que se hallaba inhibiendo a la proteína transmembrana EIN 2) por lo que la proteína EIN 2 cobra actividad, funcionando como un canal de iones (probablemente iones Ca^{+2}), lo que se traduce en una posterior activación del factor de transcripción EIN 3, que actúa a nivel genómico induciendo la expresión genética de proteínas efectoras.

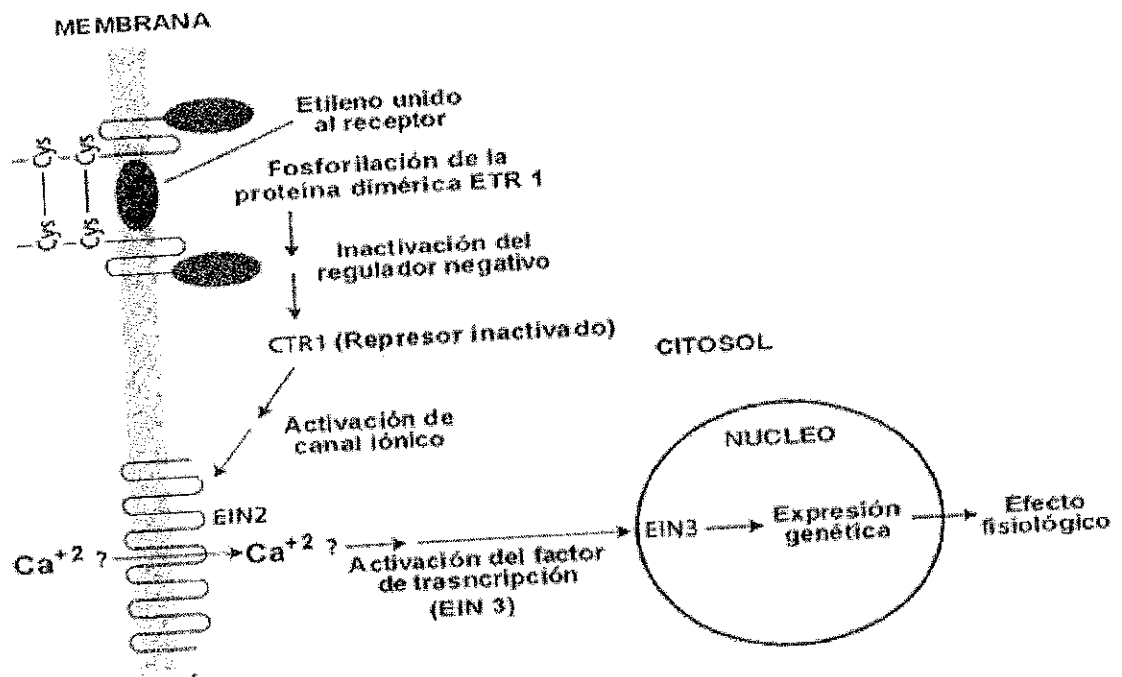


Figura 7. Mecanismo de acción del Etileno.
Fuente: Mushietti 2006

2.8.3. Efecto de AG₃, etileno y otros RCH sobre nopal y tuna

Aguilar (1980) reportó que el AG₃ aumentó el peso y tamaño (longitud) de los frutos de tuna; la urea disminuyó el peso de los frutos y de la semilla. La combinación de urea y AG₃ en frutos emasculados 10 días antes de floración causaron la formación de frutos sin semilla, pero disminuyó peso de la pulpa, el tamaño (longitud), °Bx, además no permitió que llegaran a madurez fisiológica. Este mismo autor en 1987 reportó que la promalina (150 ppm), aumentó longitud y peso promedio de los frutos, pero aumentó también el número de semillas. El AG₃ (150ppm) aumentó el número de semillas abortivas. AG₃ +2,4-D retrasaron la maduración de los frutos.

Ortiz (1988) realizó aplicaciones de AG₃ y auxinas, 15 días antes de la antesis, y encontró que estas incrementaron el peso y tamaño del fruto, pulpa, semillas y °Bx. El aumento del número de aplicaciones de AG₃ provocó la dehiscencia total de gloquidios, aumentó el peso de la cáscara, el número de semillas abortivas (induce formación de frutos partenocárpicos), además tiende a reducir °Bx y pulpa; por otro lado encontró que las auxinas disminuyeron el número de semillas pero incrementaron su tamaño.

Rodríguez (1990), reportó que en las Opuntias el AG₃ afecta el desarrollo de espinas y gloquidios al promover su formación y crecimiento en determinadas condiciones. El principal modo de acción es promover el alargamiento celular en el proceso de crecimiento y puede actuar como un estimulador morfogenético específico y activador del meristemo apical en proceso de formación de los frutos de *Opuntia amyclaea*

Cantwell (1995) menciona que El etileno puede facilitar la cosecha y la remoción de gloquidios. En este mismo año Morales y López reportaron que el etileno promovió la abscisión de gloquidios, aumentó sólidos solubles totales y no afectó el peso final.

Suárez y Colinas (1997) mencionan que el ethrel como precursor del etileno mejora la calidad de la tuna modificando la coloración y el porcentaje de sólidos solubles totales.

Corrales-García y González- Martínez (2000) encontraron que frutos de tuna (*Opuntia amyclaea* T.) Tratados con 100 ppm+ ethephon, incrementa la longitud y número de

gloquidios por areola. El ethephon causó abscisión de gloquidios en 63 % antes del efecto mecánico de cosecha, después de este, la abscisión aumenta hasta 93 %.

Corrales-García y Hernández-Silva (2005), reportan que en frutos emasculados y tratados con ácido indolbutírico (IBA) + AG3 se obtiene frutos de tuna con ausencia de semilla, esto afecta negativamente algunas características de calidad, dependiendo de la variedad, la variedad Naranjona sin semilla presentó frutos con menor peso, relación jugo/pulpa y pulpa/cáscara, presentó frutos mas alargados, de cáscara gruesa, y mostraron mayor ablandamiento de la misma que los frutos sin semilla. Los °Bx, firmeza y pérdida de peso no se ven afectados por los RCH después de 20 días de refrigeración.

Esparza *et al* (2006) encontraron que ethephon a 500 ppm, homogeniza el color de la fruta durante los primeros estados de maduración. La pérdida de firmeza y peso ocurre más rápido con ethephon.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Material experimental y descripción de tratamientos.

El experimento se realizó con cuatro variedades de tuna (Solferino, Rojo 3589, Amarillo 2289 y Rojo vigor) todas ellas provenientes de la unidad experimental "Nopalera Dr. Facundo Barrientos" de la UACH (Universidad Autónoma Chapingo), los frutos utilizados para el experimento se eligieron de acuerdo a su estado de floración (durante la antesis). Los análisis se realizarán en el laboratorio de Poscosecha del DIA (Departamento de Ingeniería Agroindustrial).

Cuadro 1. Tratamientos realizados en el experimento.

Tratamiento	Descripción
T1	4 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 4 de 700 ppm ethrel
T2	6 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 6 de 700 ppm ethrel
T3	4 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 4 de 900 ppm ethrel
T4	6 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 6900 ppm ethrel
T5	4 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 4 de 700 ppm ethrel
T6	6 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 6700 ppm ethrel
T7	4 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 4 de 900 ppm ethrel
T8	6 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 6 900 ppm ethrel
Testigo	

Todas las variedades fueron tratadas de la misma manera (con 8 tratamientos) (ver cuadro 1), el AG₃ (biogib®) se aplicó durante la floración sobre las flores y posteriormente sobre los frutos, esto se hizo manualmente con un atomizador, y el ethrel (Ethrel®) se asperjó 8 días después de haber concluido con la aplicación de AG₃. En la preparación de ambas soluciones se utilizó una solución buffer de fosfatos (Dawson *et al.*, 1972) con pH 6 además de un adherente comercial (Resinal®), del cual se adicionó 5ml por litro. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones.

Todas las variables fueron medidas en frutos maduros; el criterio para la cosecha fue la madurez fisiológica (tamaño, llenado del fruto y aspecto visual.) señalados por (Corrales y Hernández 2005 y Cantwell 2003). El corte se realizó con ayuda de guantes y cuchillo, se evaluó la cantidad de gloquidios antes y después de la cosecha.

Los frutos fueron etiquetados y trasladados al laboratorio para su análisis, el cual se dividió en 2 fases, la primera fue evaluar las variables respuesta al momento de la cosecha y la segunda consistió en evaluar la calidad de los frutos almacenados durante 10 días.

3.2 Variables medidas.

Porcentaje de caída de gloquidios antes y después de la cosecha.

Porcentaje de caída de gloquidios antes de la cosecha: Se colocó una tira de cinta adhesiva de tal manera que abarcara 3-4 areolas, quedando fijas, estas tunas fueron cosechadas y llevadas al laboratorio, llegando al laboratorio se colocó otra tira de cinta adhesiva fijando otras 3-4 areolas, tanto las primeras tiras como las segundas fueron retiradas de los frutos y se colocaron sobre un portaobjetos, una vez en estos se rotularon con el número de tratamiento y variedad.

Posteriormente se contabilizaron los gloquidios presentes al momento de la cosecha y después de ella, y aplicando la siguiente formula se calculó el porcentaje de caída.

Porcentaje de caída de gloquidios al momento

de la cosecha (PCGAC)=
$$\frac{(X_1 - X_2) * 100}{X_1}$$

Donde:

X_1 = Número Promedio de gloquidios por areola presentes en el testigo

X_2 = Número Promedio de gloquidios por areola presentes antes de la cosecha en los frutos tratados

Porcentaje de caída después de la cosecha

Porcentaje de caída de gloquidios

$$\text{después de la cosecha (PCGDC)} = \frac{(Y_1 - Y_2) * 100}{Y_1}$$

Donde:

Y_1 = Número Promedio de gloquidios por areola presentes en el testigo

Y_2 = Número Promedio de gloquidios por areola presentes antes de la cosecha en los frutos tratados

De manera adicional también se midió el tamaño de los gloquidios que permanecieron en los frutos tanto antes como después de la cosecha, esto se realizó con ayuda de un lente de aumento.

Peso del fruto (g). Se determinó con una balanza electrónica con sensibilidad de 0.001 g.

Forma del fruto (relación longitud /diámetro). Se midieron los frutos con un vernier o pie de Rey con sensibilidad de 0.001 cm., se midió la longitud (diámetro polar) y el diámetro ecuatorial del fruto.

Penetración en frutos con cáscara (Firmeza). Se determinó como un indicador del ablandamiento de la tuna, mediante un Texturómetro Universal que mide la distancia de penetración de un puntal cónico en caída libre por un lapso de 5 segundos desde la parte superior del fruto. El resultado se expresa como la distancia de penetración en mm.

Sólidos solubles totales. Se determinó en el jugo de 1 fruto con un refractómetro manual con escala de 0-32°; los resultados se expresaron como °Bx a 20 °C.

Composición proporcional del fruto. Se realizó en las tunas a las cuales previamente se les midió la longitud y diámetro. En una balanza se peso la cáscara, la pulpa y la semilla de cada fruto, posteriormente se calcularon las relaciones: peso de pulpa/peso de cáscara, peso pulpa/peso semilla, así como los porcentajes que representa cada una de ellas.

Con la siguientes fórmulas.

$$\% \text{ cáscara} = (\text{peso de cáscara} * 100) / \text{peso del fruto completo}$$

$$\% \text{ semilla} = (\text{peso de semilla} * 100) / \text{peso del fruto completo}$$

$$\% \text{ pulpa} = (\text{peso de pulpa} * 100) / \text{peso del fruto completo}$$

Color de la cáscara y de pulpa del fruto. Se realizó con un colorímetro Hunter- Lab, con el cual se determino L, a*, b*, para posteriormente calcular el tono (ángulo Hue) y el índice de saturación mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Ángulo Hue (tono)} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

$$\text{Índice de saturación} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Pérdida de peso. Este análisis se realizo solo a las tunas que se almacenaron a temperatura ambiente durante 10 días, estas se pesaron inmediatamente después de la cosecha y cada tercer día durante este lapso.

Por diferencia de peso al inicio y al final del periodo de almacenamiento, los resultados se convirtieron a porcentaje, con la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

P_i: Peso inicial del fruto (g)

P_f: Peso final del fruto (g)

Respiración. Se midió cada tercer día por un lapso de 10 días en las tunas almacenadas a temperatura ambiente y en las tunas evaluadas inmediatamente después de la cosecha. Se empleo el método de colorimétrico de Claypool y Keefer (1942), modificado por Pratt y Mendoza (1979), con el cual se determina rápidamente el CO₂ producto vegetal en un sistema de flujo de aire continuo.

El método consiste en mantener un flujo constante y conocido de aire sobre la muestra (frutos) de peso previamente determinado y llevar al equilibrio a una solución de bicarbonato de sodio con el CO₂ liberado por los frutos y que es acarreado por el flujo de aire. La corriente de aire que viene de la muestra se hace burbujear (3 minutos) a través de una solución (tinte) de NaHCO₃ mezclado con azul de bromotimol como indicador, luego a esta solución se le determina transmitancia a 615 nm, en un espectrofotómetro Espectronic 20D.

Los registros de transmitancia se transformaron a concentración de CO₂ mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{mLdeCO_2}{kg h} = \frac{(\%CO_2 \text{ Neto}) * 10 * \text{flujo}(mLh)}{\text{Pesodelfruto}(kg)}$$

Para poder realizar el cálculo de la respiración se necesita una curva tipo, para la cual se emplean 2 tableros de respiración, uno de ellos se conectó a un tanque de alimentación de gas CO₂ presurizado (PRAXAIR, gas estándar certificado al 2% de CO₂, balance N₂ ±0.06 cmol/mol certificado), el otro se conectó a un tanque de N₂ presurizado de alta pureza (INFRA, pureza 99.998% certificada).

Previamente se estableció un flujo de 7 L h⁻¹ el cual debía mantenerse constante a la salida de los tableros de mezcla. Esta altura se midió de manera indirecta a través de la altura (en cm) de la columna de agua en los capilares del tablero.

Después de determinar el flujo, se seleccionaron una serie de diluciones, las cuales consistieron en mezcla de CO₂ y N₂ en diferentes concentraciones manteniendo un flujo constante.

3.3 Análisis estadístico de resultados.

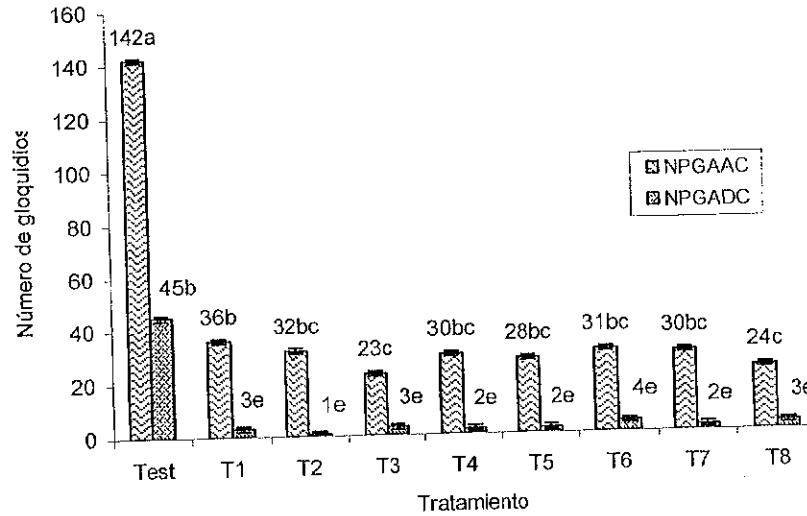
En el análisis de resultados se empleo la herramienta estadística de ANOVA y comparación de medias de Tukey ($P=0.05$), Utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$, donde 8 tratamientos fueron aplicados a las 4 variedades, la unidad experimental estuvo constituida por una planta de nopal con 4 repeticiones para cada tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaron con ayuda del paquete estadístico SAS *Statistical analysis System*, versión 9.1.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis del efecto de los tratamientos sobre el número promedio de gloquidios por areola (NPGA) por variedad.

Variedad Solferino

Los frutos de la variedad Solferino al momento de la cosecha presentaron de manera natural (tratamiento testigo) 142 gloquidios por areola en promedio, así también se observó que hubo una reducción contundente (alrededor del 70 %) en el número promedio de gloquidios por areola (NPGA) en relación al testigo, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos (ver figura 8); el tratamiento 3 causó un NPGA significativamente menor que el tratamiento 1, entre los demás tratamientos no hubo diferencias significativas. Al parecer, el incremento de la concentración de ethrel (de 700 a 900 ppm) fue lo que causó menor presencia de gloquidios por areola al momento de la cosecha, es decir, la mayor concentración de ethrel indujo mayor caída de gloquidios.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 8. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el número promedio de gloquidios por areola presentes al momento de la cosecha (NPGAAC) y después de la cosecha (NPGADC) en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

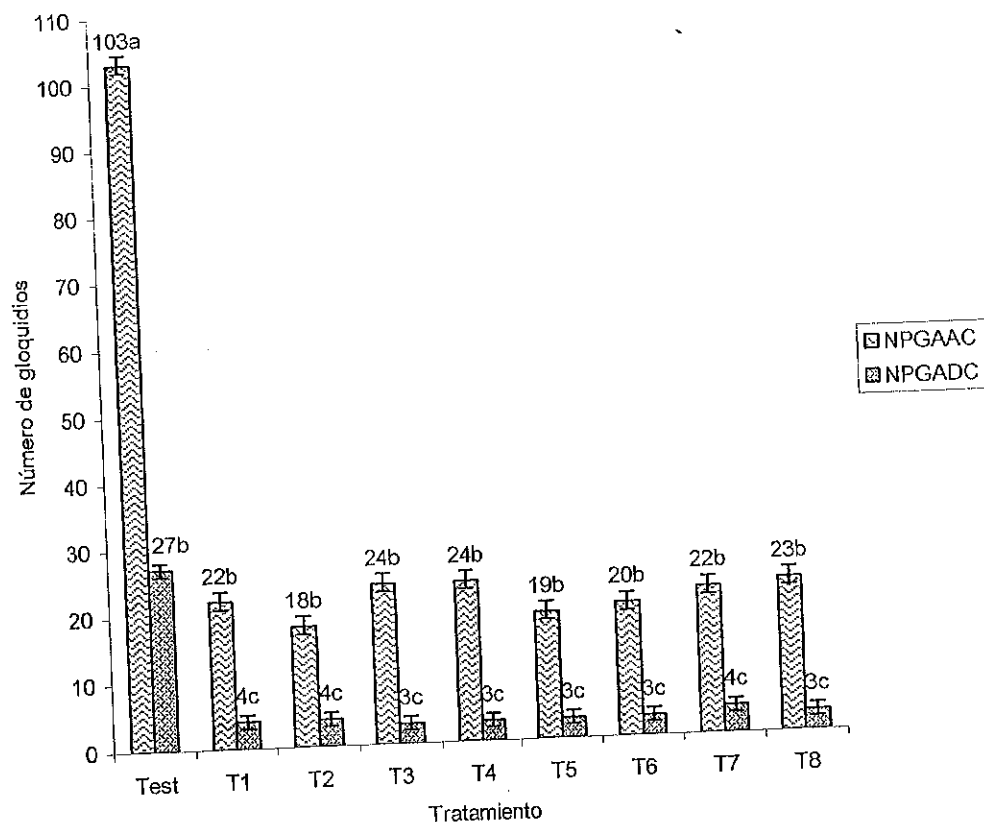
La manipulación de los frutos durante la cosecha, en general causó una caída notoria de gloquidios, incluso en el testigo; sin embargo, se encontró que con el tratamiento 2 se tuvo un NPGA significativamente menor que con el tratamiento 6, entre los demás tratamientos no hubo diferencia significativa. En general para todo este trabajo, la mayor reducción de NPGA se logró con el tratamiento 2 para esta variedad.

Si bien, la manipulación de los frutos durante la cosecha causó mayor caída de gloquidios, también minimizó las diferencias entre tratamientos en comparación con las registradas antes de esta manipulación.

En conclusión, para esta variedad el menor número promedio de gloquidios por areola al momento de cosecha (23) se logró con el tratamiento 3, pero después del efecto mecánico de la cosecha, con todos los tratamientos se logro un NPGA de entre 1 y 4, sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

Variedad Rojo 3589

Los frutos de tuna de la variedad Rojo 3589, al momento de la cosecha presentaron de manera natural (tratamiento testigo) 103 gloquidios por areola en promedio. Se puede observar que en esta variedad también hubo una reducción contundente (alrededor del 79 %) en el número promedio de gloquidios por areola en relación al testigo, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos (ver figura 9); sin embargo, no hubo diferencias significativas entre ellos. Esto significa que cualquier tratamiento dio el mismo resultado.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 9. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el número promedio de gloquidios por areola presentes al momento de la cosecha (NPGAAC) y después de la cosecha (NPGADC) en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$)

La manipulación de los frutos de esta variedad durante su cosecha, en general también causó una caída notoria de gloquidios, ya que la media general en todos los tratamientos osciló entre 3 y 4 gloquidios por areola, sin presentarse diferencias significativas entre ellos, pero sí existió diferencia de los tratamientos en comparación con el testigo, ya que los frutos de éste registraron en promedio hasta 27 gloquidios por areola (ver figura 6).

Al igual que en la variedad Solferino, si bien, la manipulación de los frutos durante la cosecha causó menor presencia de gloquidios, también minimizó las diferencias numéricas y estadísticas entre tratamientos.

Esta variedad, al momento de la cosecha, de manera natural presentó un menor número de gloquidios por areola que la variedad Solferino, sin embargo, después de la cosecha el número promedio de gloquidios por areola fue similar en ambas variedades.

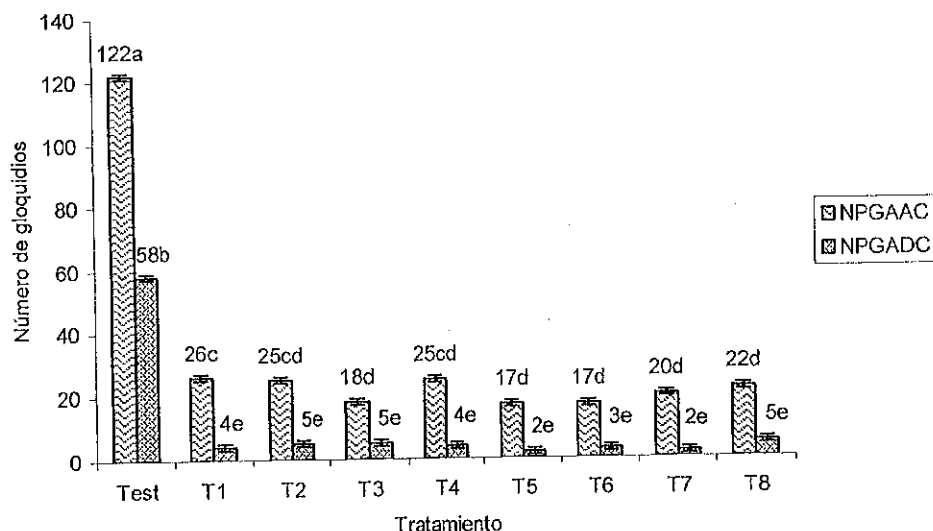
Variedad Amarillo 2289

Los frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 al momento de la cosecha presentaron de manera natural (del tratamiento testigo) en promedio 122 gloquidios por areola. Se pudo observar que hubo una reducción contundente (alrededor del 82 %) en el número promedio de gloquidios por areola en relación al testigo, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos (ver figura 10); si comparamos estos resultados con los obtenidos en las otras variedades, podemos destacar que, al momento de la cosecha, esta fue la variedad que mejor respondió a los tratamientos; las otras mostraron reducciones de gloquidios entre el 70 y 79 %.

El tratamiento 1 (4 aplicaciones de 50 ppm de AG₃ y posteriormente 4 de 700 ppm de ethrel), causó mayor NPGA que los tratamientos 3, 5, 6, 7 y 8 (ver figura 10).

En este caso el mejor tratamiento fue el 3 puesto que utilizando menor concentración de AG₃ y ethrel, y además con menor número de aplicaciones causó el mismo efecto que los tratamientos 5, 6, 7 y 8.

En general esta variedad retuvo menor cantidad de gloquidios al momento de la cosecha que las otras 3 variedades estudiadas (de 17 a 26).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

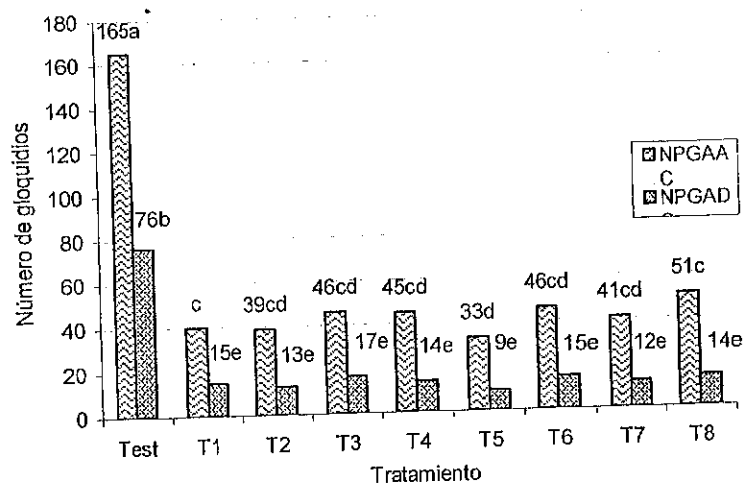
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 10. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el número promedio de gloquidios por areola presentes al momento de la cosecha (NPGAAC) y después de la cosecha (NPGADC) en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$)

La manipulación de los frutos durante su cosecha también causó caída de gloquidios en todos los tratamientos incluso en el testigo, en todos los tratamientos osciló de 2 a 5 gloquidios por areola sin observarse diferencia significativa entre ellos, pero si con respecto al testigo (ver figura10). La manipulación de los frutos durante la cosecha causó mayor caída de gloquidios y minimizó la diferencia entre tratamientos, en comparación con la registrada antes de esta manipulación, es decir que los tratamientos debilitaron al tejido de soporte de gloquidios (areola).

Variedad Rojo Vigor

Los frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor, de manera natural (del tratamiento testigo) al momento de la cosecha presentaron en promedio 165 gloquidios por areola. Hubo una reducción contundente (alrededor del 74.2%) en el número promedio de gloquidios por areola en relación al testigo, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos (ver figura 11), el tratamiento 5, causó significativamente menor NPGA que el 8, en el resto de los tratamientos no se encontró diferencia significativa. La variedad Rojo Vigor fue la que al momento de la cosecha presentó mayor NPGA, en comparación con las otras 3 variedades estudiadas, tanto en los frutos testigo como en los tratados.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 11. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el número promedio de gloquidios por areola presentes al momento de la cosecha (NPGAAC) y después de la cosecha (NPGADC) en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$)

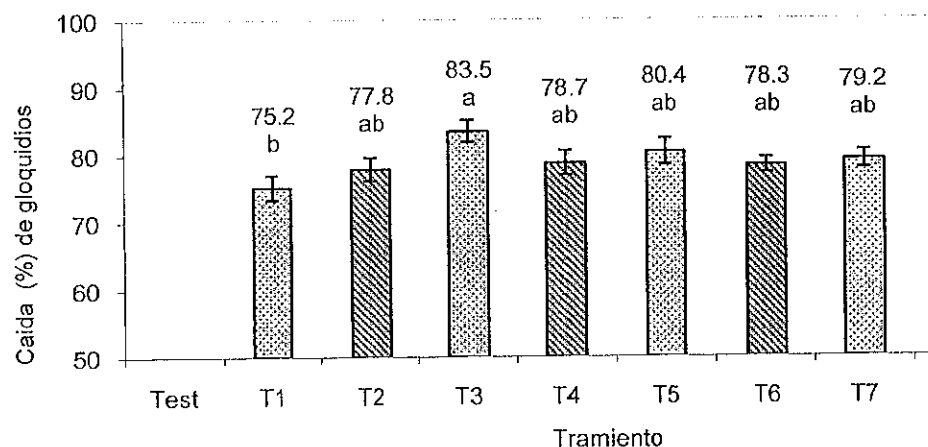
La manipulación de los frutos de esta variedad durante su cosecha, en general también causó una caída notoria de gloquidios, ya que la media general en todos los tratamientos osciló entre 9 y 17 gloquidios promedio por areola, sin presentarse diferencias significativas entre ellos, pero todos los tratamientos causaron un NPGADC significativamente menor que el testigo (ver figura 11).

4.2. Análisis del efecto de los tratamientos sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por variedad.

4.2.1. Variedad Solferino.

Al momento de la cosecha los tratamientos 3 y 8 causaron un porcentaje de caída de gloquidios significativamente mayor que el tratamiento 1, los demás tratamientos causaron porcentajes de caída intermedios, sin mostrar diferencias significativas entre ellos (ver figura 12).

El bajo porcentaje de caída de gloquidios causado por el tratamiento 1 se explica en parte porque en este tratamiento coincidieron los menores niveles de los tres factores estudiados (4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel). En forma análoga, el alto porcentaje de caída de gloquidios causado por el tratamiento 8 se explica en parte porque en este tratamiento coincidieron los niveles más altos de los factores estudiados (6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel). El tratamiento 3, a pesar de tener los niveles bajos de los factores número de aplicaciones (4) y concentración AG₃ (50 ppm) causó un alto porcentaje de caída, se explica por la alta concentración de ethrel.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

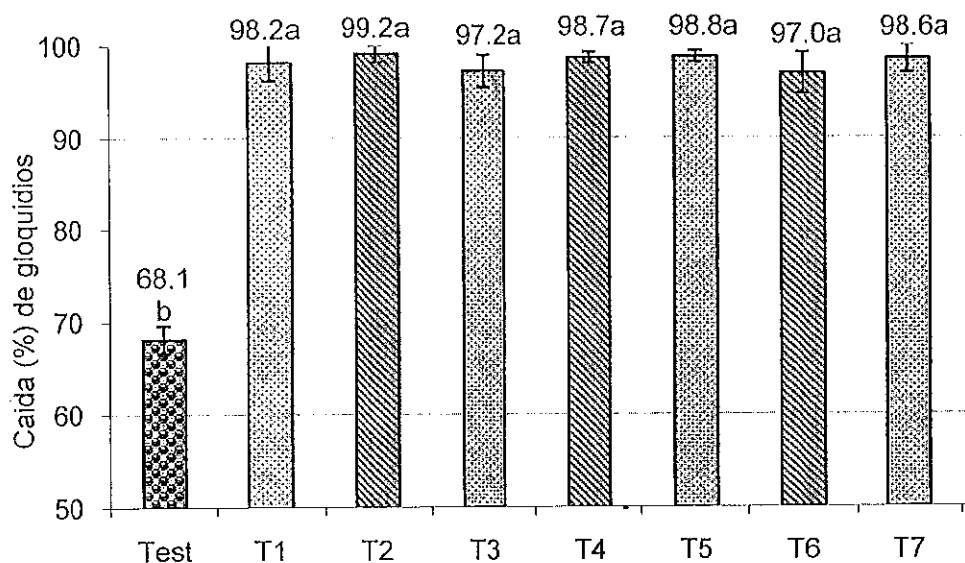
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 12. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

La manipulación de los frutos al momento de la cosecha en general causó una caída notoria de gloquidios, incluso en el testigo; sin embargo, después del efecto mecánico de la cosecha no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, los valores del porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola estuvieron en el rango de 97 a 99 %, en todos los tratamientos.

Para esta misma variedad solo se encontró diferencia significativa de los diferentes tratamientos con respecto al testigo ya que este último presentó una caída de solo 68% como se muestra en la figura 13.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

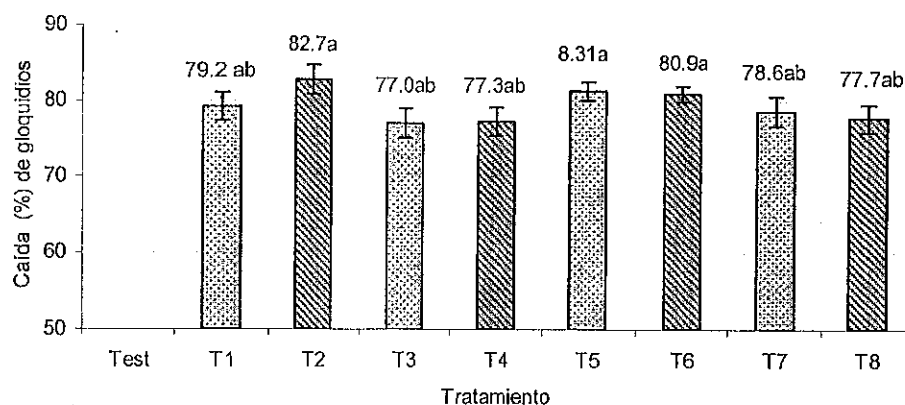
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 13. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

4.2.2. Variedad Rojo 3589

Al momento de la cosecha no hubo diferencias significativas en el porcentaje promedio de gloquidios por areola, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos (ver figura 14).

La manipulación durante la cosecha causó mayor caída de gloquidios y minimizó aún más la diferencia entre tratamientos (ver figura 15), es decir que todos los tratamientos debilitaron al tejido de soporte de gloquidios (areola) de igual manera. En los frutos del tratamiento testigo existió también un porcentaje elevado (74%) de caída de gloquidios ocasionada por la manipulación durante la cosecha.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

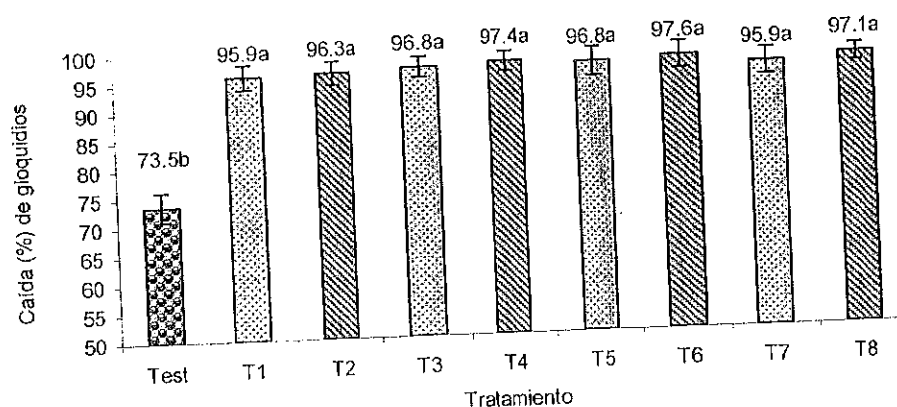
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 14. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

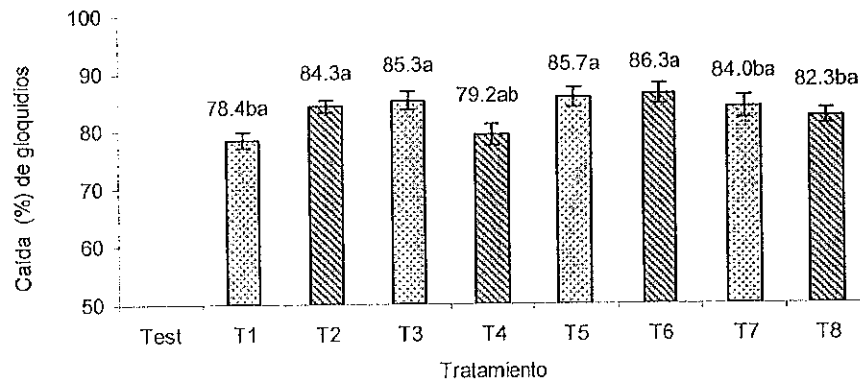
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 15. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

4.2.3. Variedad Amarillo 2289

Antes de la manipulación de los frutos durante la cosecha, hubo un alto porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola (79-86%), ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos, pero no hubo diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos (ver figura 16).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

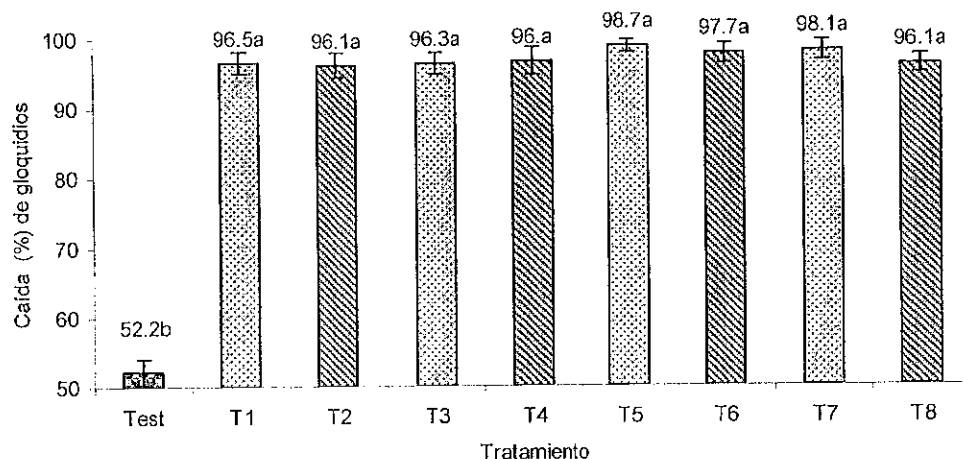
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 16. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

La manipulación de los frutos de esta variedad al momento de la cosecha también causó mayor porcentaje de caída de gloquidios en todos los tratamientos incluso en el testigo, en los frutos tratados el porcentaje de caída de gloquidios por areola osciló de 96.1-98.7, no hubo diferencia significativa entre ellos, pero si con respecto al testigo (ver figura 17).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

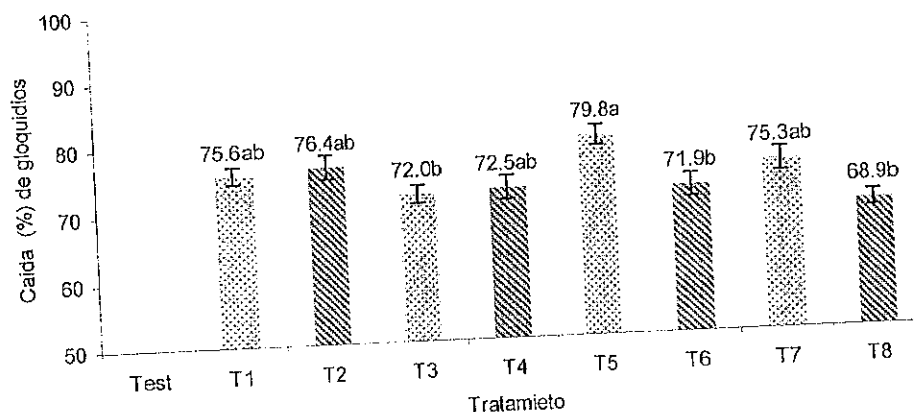
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 17. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

4.2.4. Variedad Rojo vigor

Al momento de la cosecha, hubo un alto porcentaje de caída de gloquidios por areola en relación al testigo, ocasionada por la aplicación de cualquiera de los tratamientos; si embargo, el tratamiento 5 ocasionó un porcentaje de caída mayor al del tratamiento 8, con el resto de los tratamientos no hubo diferencias significativas (ver figura 18).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

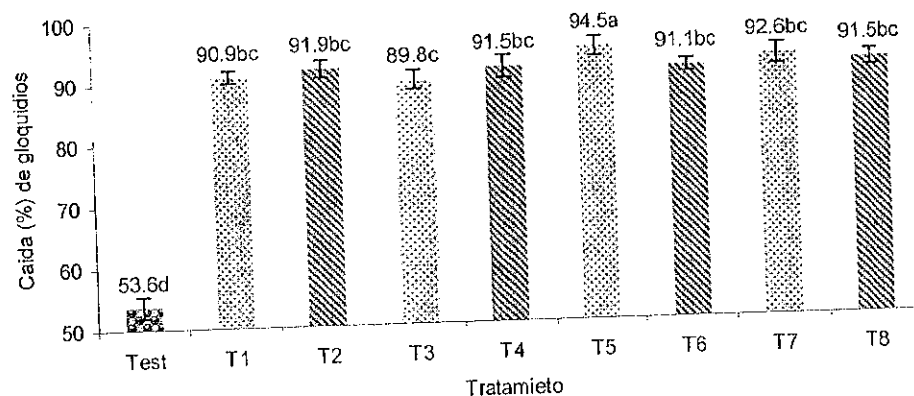
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 18. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola al momento de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

La manipulación de los frutos al momento de la cosecha también causó caída de gloquidios en todos los tratamientos incluso en el testigo, el tratamiento 3 indujo un porcentaje significativamente menor de caída de gloquidios que el tratamiento 5, este último fue el que ocasionó mayor porcentaje de caída de gloquidios en esta variedad. Entre los otros tratamientos no se encontró diferencia significativa (ver figura 19).

El porcentaje de caída de gloquidios en esta variedad fue de hasta 95 %; sin embargo este valor fue menor al de las otras 3 variedades estudiadas, pues como se mencionó anteriormente esta variedad es la que presentó mayor número de gloquidios promedio por areola de manera natural, y de acuerdo a las observaciones en campo esta variedad tiene mejor adheridos los guates en la areola.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 19. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el porcentaje promedio de caída de gloquidios por areola después de la cosecha en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

4.3. Análisis del efecto de los diferentes factores sobre el porcentaje de caída de gloquidios antes de la cosecha.

4.3.1. Variedad Solferino.

Factor AG₃

El porcentaje promedio de caída de gloquidios fue significativamente mayor con el nivel alto (100 ppm) de AG₃ que con el nivel bajo (50 ppm) (ver figura 20). En estos resultados existe cierta lógica, ya que como puede verse, a mayor concentración de promotores de crecimiento (en este caso AG₃) era de esperarse un mayor crecimiento de los gloquidios, lo cual no pudo ser evaluado, en virtud de que estos gloquidios presentaron abscisión mucho antes de lo esperado, sin embargo se tiene evidencia gráfica de su gran crecimiento (ver figura 91). Resulta lógico pensar que este gran crecimiento fue lo que facilitó su remoción por la acción del viento y de la lluvia.

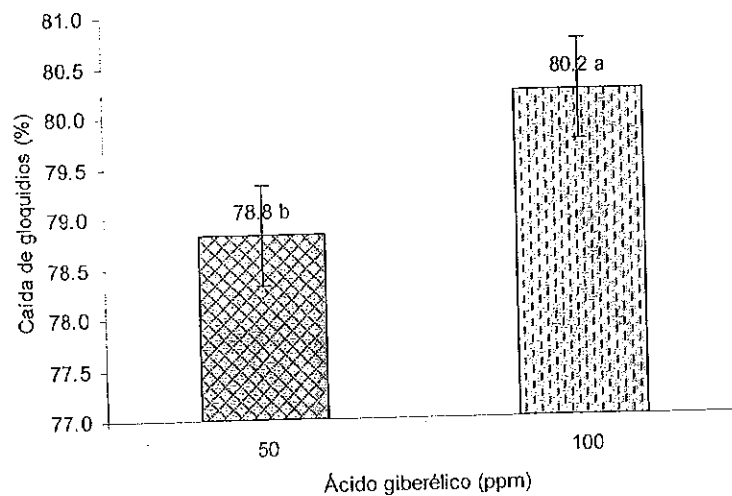


Figura 20. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor ethrel

El porcentaje promedio de caída de gloquidios fue significativamente mayor con el nivel alto (900 ppm) de ethrel que con el nivel bajo (700 ppm). En estos resultados existe cierta lógica, ya que como puede verse, a mayor concentración de reguladores de crecimiento (en este caso ethrel₃) era de esperarse un mayor porcentaje de caída de gloquidios (ver figura 21).

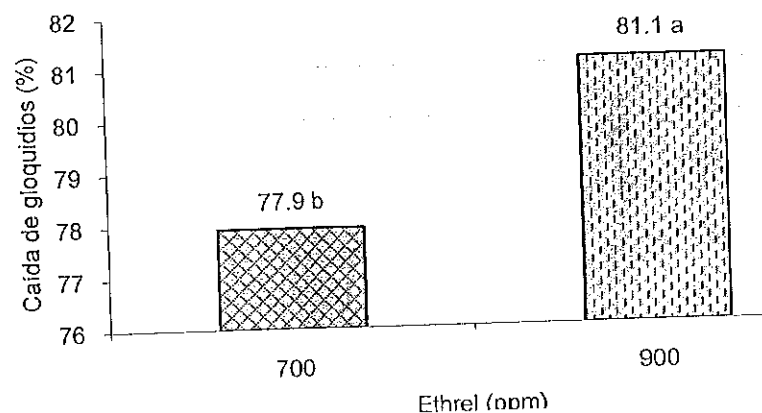


Figura 21. Efecto de la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor número de aplicaciones

El número de aplicaciones no causó diferencia significativa en el porcentaje de caída de gloquidios (ver figura 22). En esta variedad fue determinante la concentración de reguladores de crecimiento para lograr la caída de gloquidios y no el número de gloquidios.

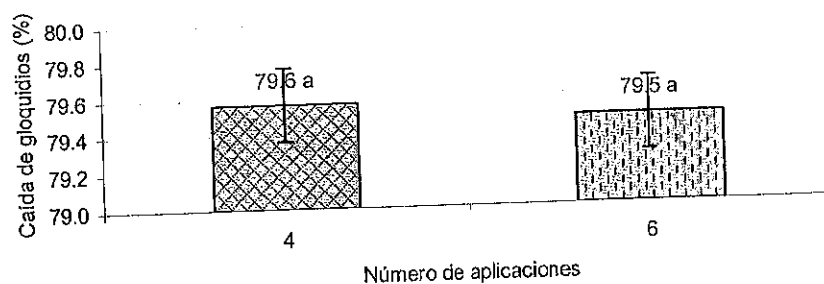


Figura 22. Efecto de número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.3.2. Variedad Rojo 3589.

Factor AG₃

No existe diferencia significativa entre las concentraciones de AG₃, ambas tiene el mismo efecto en el porcentaje de caída de gloquidios en los frutos de esta variedad, (ver figura 23)

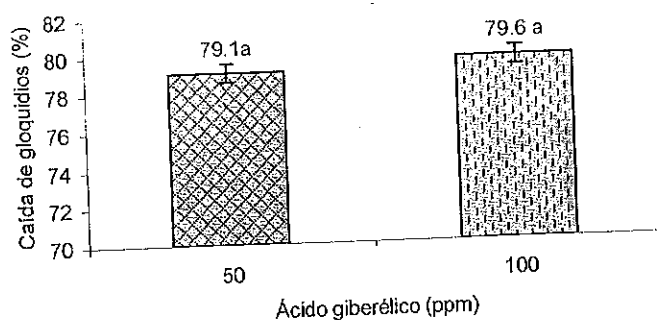


Figura 23. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor ethrel

El porcentaje promedio de caída de gloquidios fue significativamente mayor con el nivel bajo (700 ppm) de ethrel que con el nivel alto (900 ppm (ver figura 24).

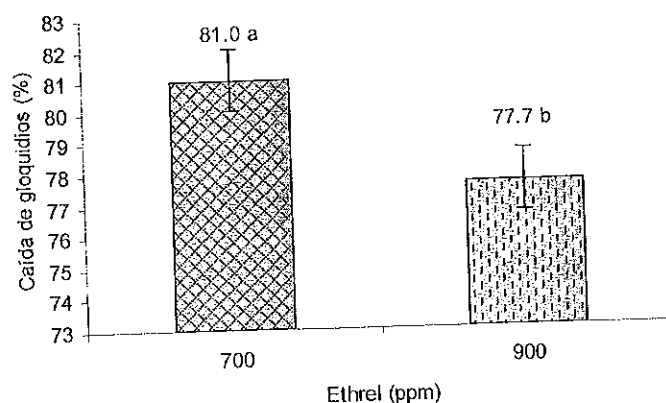


Figura 24. Efecto la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor Número de aplicaciones

Al igual que en la variedad solferino entre el numero de aplicaciones no existió diferencia significativa (ver figura 25).

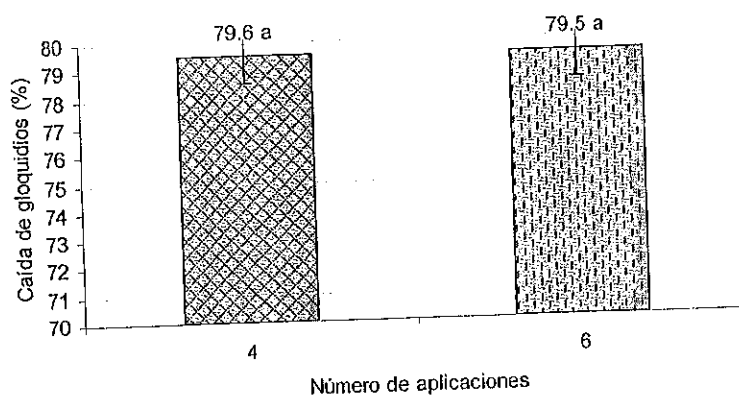


Figura 25. Efecto del número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.3.3. Variedad Amarillo 2289.

Factor AG₃

No hubo diferencias significativas en el porcentaje promedio de caída de gloquidios al utilizar 50 ó 100 ppm de AG₃, ya que ambas ocasionaron el mismo porcentaje de caída en esta variedad (figura 26).

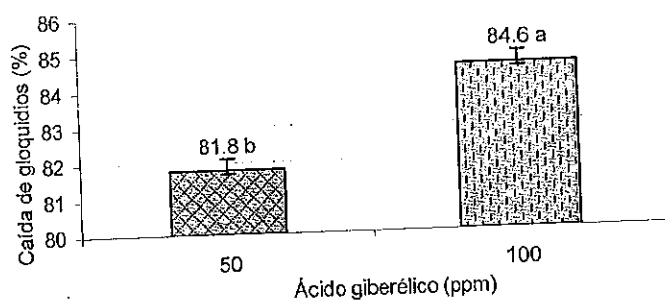


Figura 26. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor ethrel

El porcentaje promedio de caída de gloquidios al utilizar 700 ppm de ethrel fue significativamente mayor que al utilizar 900 ppm (figura 26).

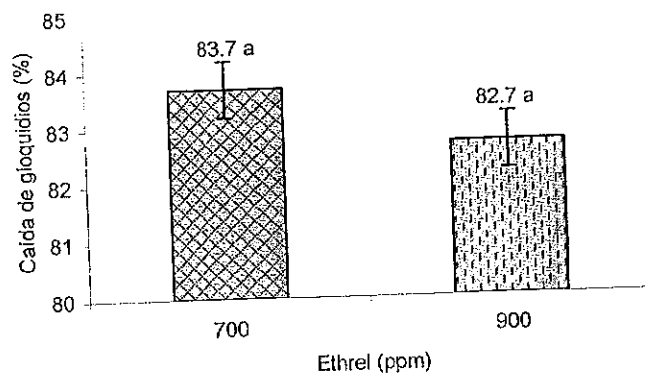


Figura 27. Efecto de la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor Número de aplicaciones

Al igual que en la variedad Solferino y Rojo 3589 no existió diferencia significativa entre el número de aplicaciones (figuras 28).

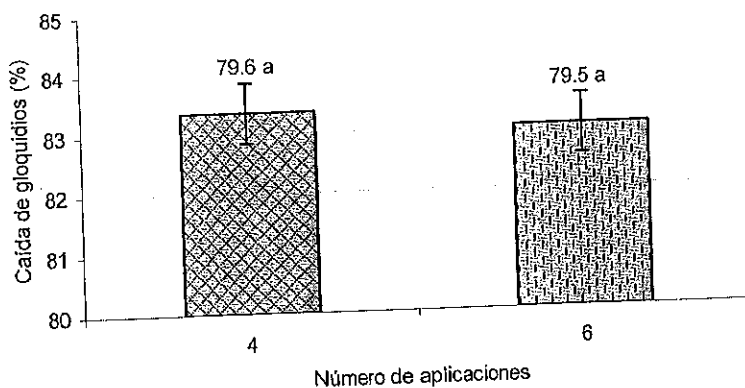


Figura 28. Efecto del número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.3.4. Variedad Rojo Vigor.

Factor AG₃

No hubo diferencia significativa en el porcentaje promedio de caída de gloquidios en frutos tratados con 50 ó 100 ppm de AG₃, es decir ambos tuvieron el mismo efecto en esta variedad (ver figura 29).

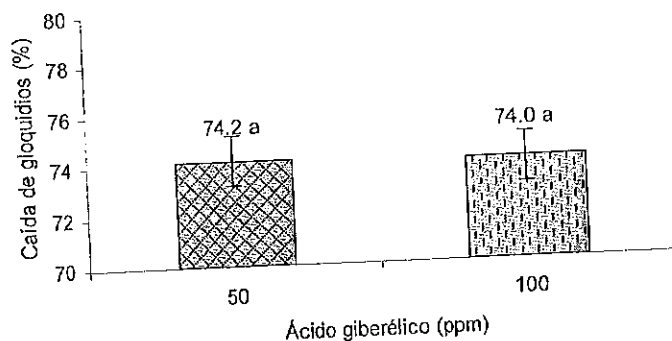


Figura 29. Efecto de la concentración de ácido giberélico sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor ethrel

Los frutos tratados con 700 ppm de ethrel tuvieron un porcentaje de caída significativamente mayor que los tratados con 900 ppm (ver figura 30).

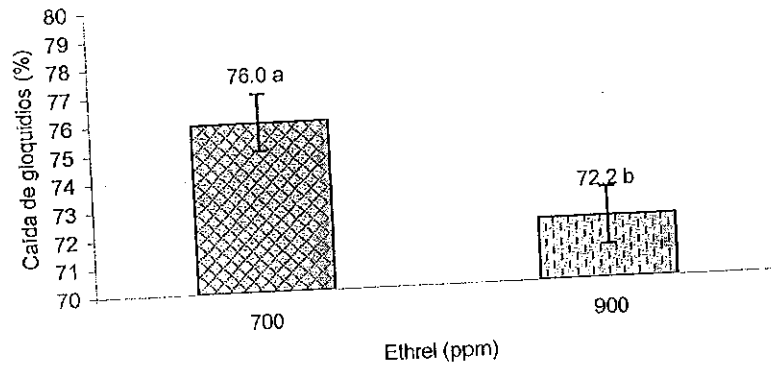


Figura 30. Efecto la concentración de ethrel sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Factor Número de aplicación

En esta variedad fue significativamente mayor el porcentaje de caída de gloquidios con 4 aplicaciones que con 6 (ver figura 31).

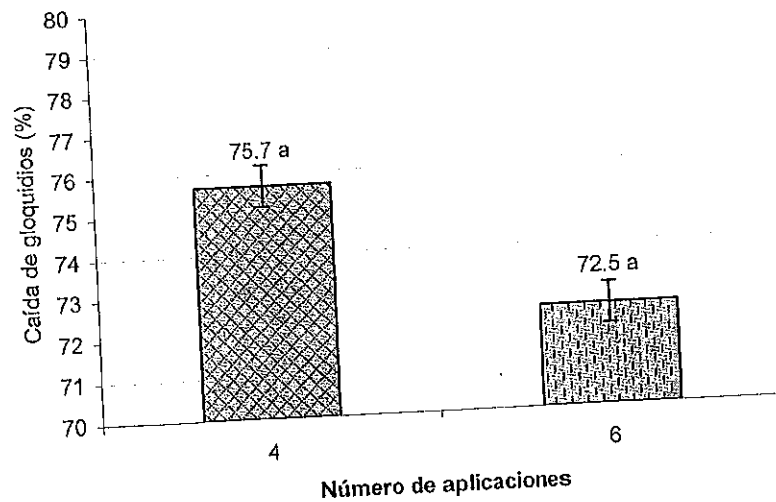


Figura 31. Efecto del número de aplicaciones sobre la caída de gloquidios en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.4 Análisis del efecto de las variedades tratadas sobre el número y porcentaje de caída de gloquidios

Al momento de la cosecha la variedad Amarilla 2289 presentó un porcentaje (82 %) de caída de gloquidios significativamente mayor al resto de las variedades, (ver figura 32), la variedad Rojo 3589 y Rojo Vigor presentaron un porcentaje caída de gloquidios similar entre ellas, pero, significativamente menor que la variedad Amarillo 2289 y significativamente mayor a la que presentó la variedad Solferino, esta última presentó una caída de gloquidios significativamente menor que todas las variedades estudiadas.

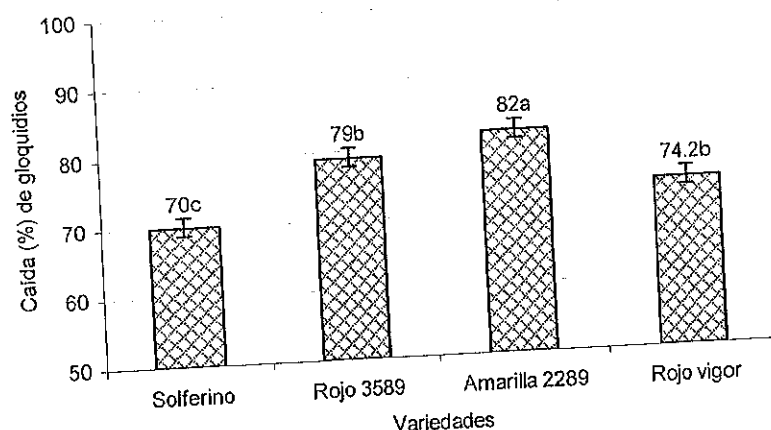


Figura 32. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la caída promedio de de gloquidios en frutos de tuna de diferentes variedades. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Después de la cosecha los frutos de las variedades Solferino, Rojo 3589 y Amarilla 2289 presentaron un porcentaje de caída de gloquidios significativamente mayor que la variedad Rojo Vigor (figura 33).

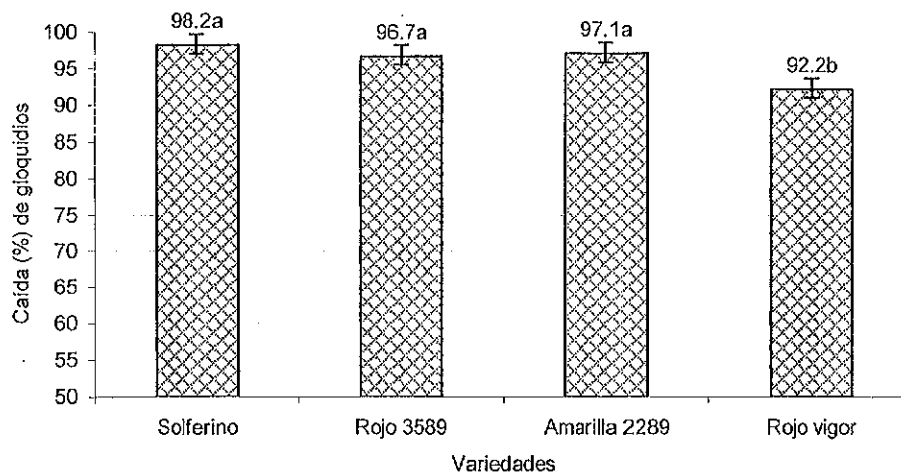


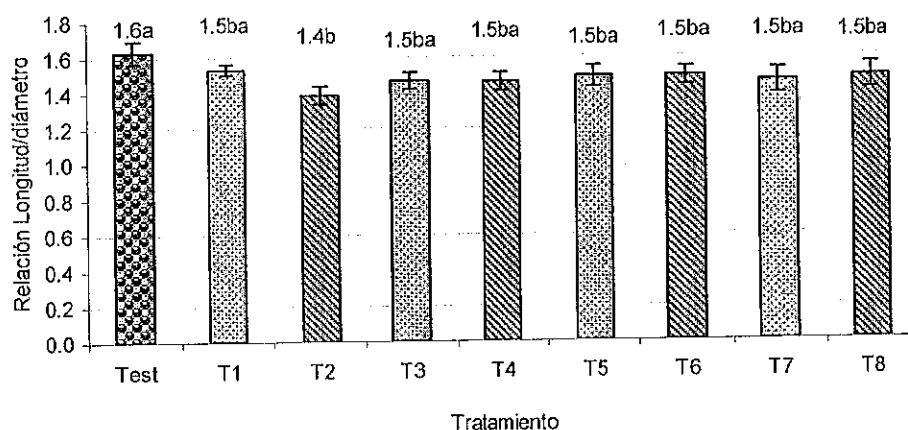
Figura 33. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la caída promedio de de gloquidios en frutos de tuna de diferentes variedades. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Es evidente que el efecto que causan las diferentes condiciones de aplicación de los reguladores de crecimiento difiere de variedad a variedad.

4.5 Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel en la variedad Solferino.

4.5.1. Análisis del efecto por tratamiento sobre la relación longitud/diámetro (forma).

Los frutos del tratamiento 2 son significativamente menos alargados que los del tratamiento testigo, entre los demás tratamientos no se encontró diferencia estadística significativa (ver figura 34), los frutos tratados con RCH no fueron más alargados que los frutos del tratamiento testigo pues en ambos casos la relación longitud/diámetro fue parecida.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

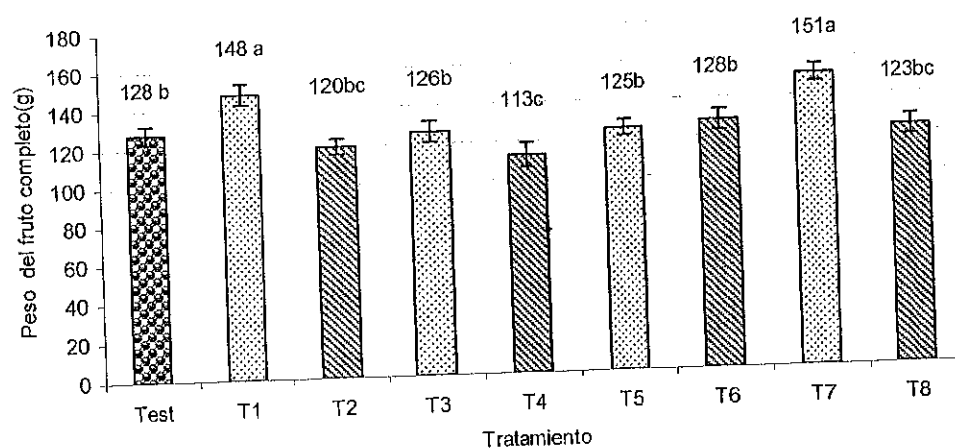
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 34. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la relación Longitud/Diámetro de los frutos de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$)

4.5.2. Análisis del efecto por tratamiento sobre el peso total del fruto.

Los frutos de tuna de la variedad solferino de manera natural (Tratamiento testigo) presentaron un peso promedio de 128g, los tratamientos 1 y 7 ocasionaron un peso promedio significativamente mayor que el resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento 4 provocó un peso significativamente menor a el todos los tratamientos entre el resto de los tratamientos no hubo diferencia significativa (figura 35).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

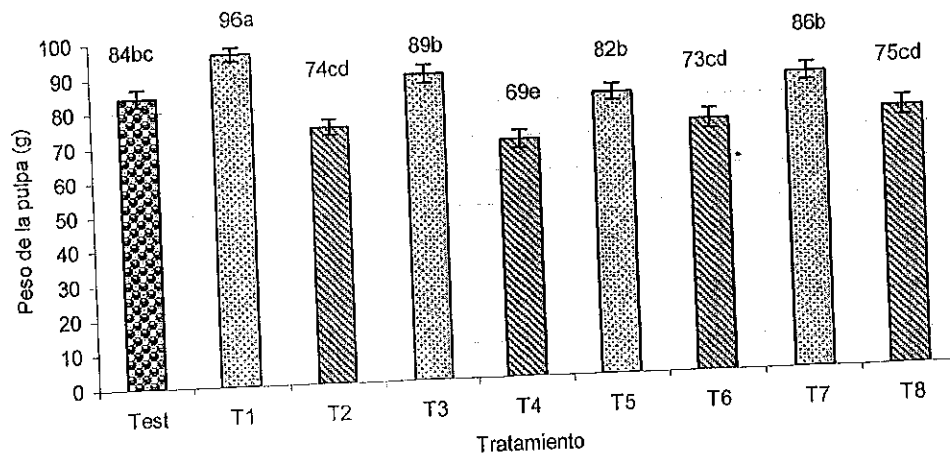
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 35. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.5.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de pulpa.

El peso de la pulpa de los frutos de los tratamientos 1, 3, 5 y 7 fue significativamente mayor al de los tratamientos 2, 4, 6 y 8; los primeros tiene en común 4 aplicaciones de ambos reguladores, además presentaron un peso similar o superior a los frutos del tratamiento testigo.(ver figura 36).

Los frutos del tratamiento 1 tuvieron un peso de pulpa significativamente mayor a los s del tratamiento 4 (Ver figura 36).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 36. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.5.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de cáscara de frutos de tuna

El tratamiento 3 tuvo un peso de cascara significativamente menor que el resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento 7 ocasiono un peso de cáscara superior a todos los tratamientos entre el resto de los tratamientos incluyendo al tratamiento testigo no hubo diferencia significativa (figura 37).

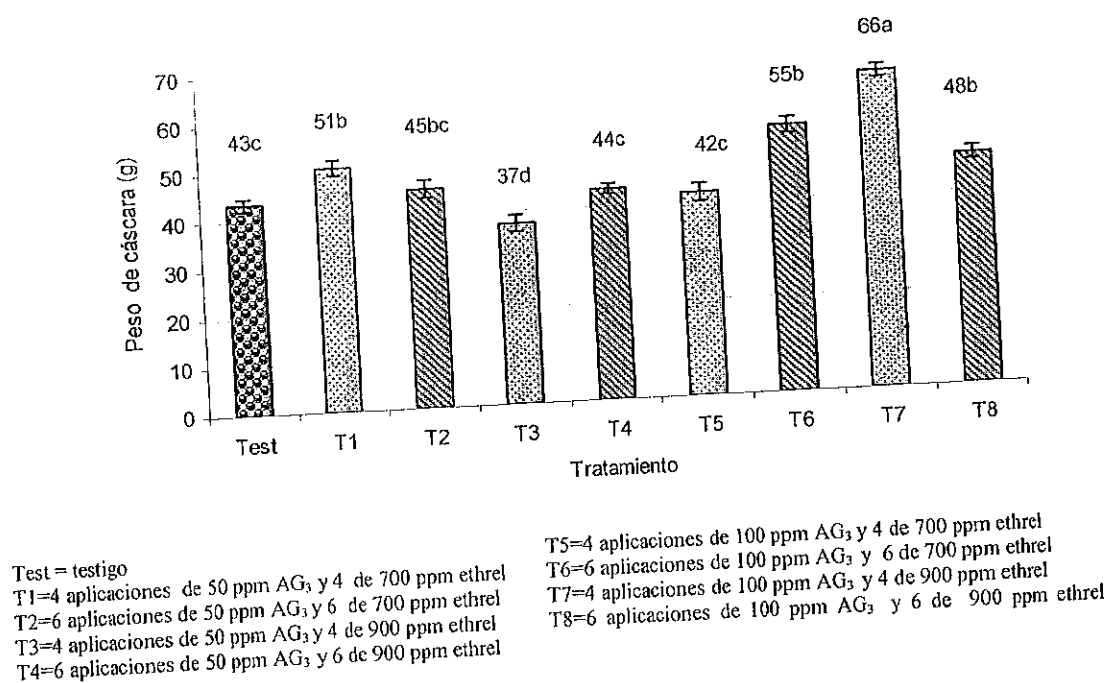
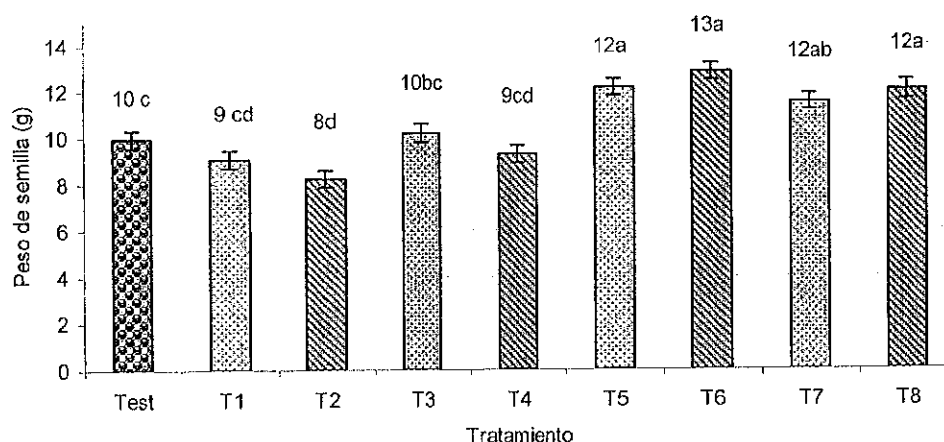


Figura 37. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de cáscara de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

En general los frutos tratados presentaron mayor peso de cáscara que los frutos del tratamiento testigo, esto coincide con lo reportado por Ortiz, 1988 y Corrales-García y Hernández Silva, (2005) quienes reportan que la aplicación de AG₃ en tunas, engrosa la cáscara del fruto

4.5.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de semillas.

Los tratamientos 1, 2, y 4 ocasionaron un peso de semillas significativamente menor que los tratamientos 5, 6, 7 y 8, los primeros tratamientos fueron tratados con una concentración de 50 ppm de AG₃, en tanto los otros se trataron con 100 ppm. Sin embargo, a pesar del alto peso de las semillas, se trató de semillas vanas o abortivas en todos los frutos tratados, en comparación con el testigo que presentó semillas bien formadas y lignificadas (figura 38).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 38. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de semillas de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.5.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla.

De manera natural (tratamiento testigo) la pulpa y la semilla (parte comestible) representa el doble o casi el doble del peso de la cáscara, los tratamientos 1, 3 y 5 ocasionaron una relación pulpa-cáscara significativamente mayor a la del resto de los tratamientos. (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).

Tratamiento	PF	% cáscara	% semillas	% pulpa	P/C	P/S
Test	128 bdc	34.01	7.78	58.21	1.94 a	8.48 b
T1	148 a	34.22	6.13	59.66	1.90 bac	10.63 a
T2	120 d	37.89	6.87	55.24	1.64 dc	9.04 b
T3	126 ba	29.65	8.08	62.27	2.37 a	8.71 b
T4	113 d	38.75	8.23	53.02	1.58 dc	7.44 cb
T5	125 bc	33.47	9.69	56.83	1.95 bac	6.72 cde
T6	128 dc	43.07	10.01	46.93	1.32 dc	5.69 de
T7	151 a	43.39	7.61	49.01	1.30 dc	7.44 cb
T8	123 bdc	38.76	9.77	51.47	1.57 dc	6.22 cde

Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

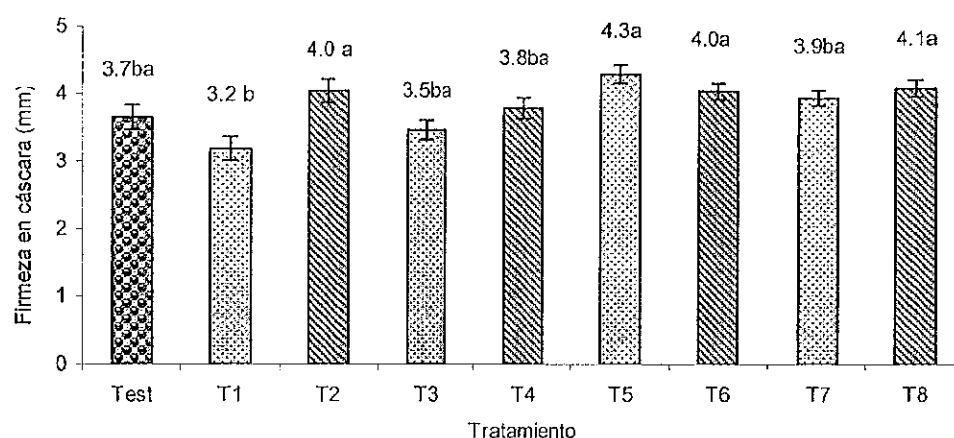
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

4.5.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza del fruto).

Los frutos del tratamiento 1 presentaron una resistencia significativamente mayor a la penetración (fueron más firmes) que los frutos de los tratamientos 2, 5, 6 y 8, (figura 39). Sin embargo ninguno de los tratamientos ocasiono diferencias significativas con respecto al testigo. De manera general los tratamientos con cuatro aplicaciones y niveles

bajos de ethrel (700 ppm) presentaron frutos más firmes. Esto se debió probablemente a que los frutos a los cuales se les realizaron 6 aplicaciones y niveles altos de ethrel (900 ppm) aceleraron el proceso de maduración y por lo tanto perdieron con más rapidez la turgencia de la cáscara.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 39. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la firmeza de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.5.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre Color de cáscara.

Se encontraron diferencias significativas en la luminosidad de los frutos, ocasionada por los tratamientos 5 y 6, en el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas. En el tono e índice de saturación de la cáscara de los frutos no se

encontraron diferencias significativas ocasionadas por los tratamientos, todos los frutos tratados presentaron valores similares al testigo. Así que los tratamientos con RCH no afectan la calidad del color de frutos de esta variedad.

Cuadro 3. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Solferino

Tratamiento	Luminosidad	tono	Saturación
Tes	31.1 bc	22 a	16.1 b
T1	30.6 c	23 a	16.3 b
T2	31.9 bc	23 a	15.9 b
T3	31.1 bc	23 a	16.6 b
T4	32.6 b	20 ba	15.9 b
T5	38.4 a	20 ba	21.1 a
T6	39.5 a	22 a	14.9 b
T7	32.18 b	20 ba	20.4 a
T8	31.8 bc	22 a	26.2 b

Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

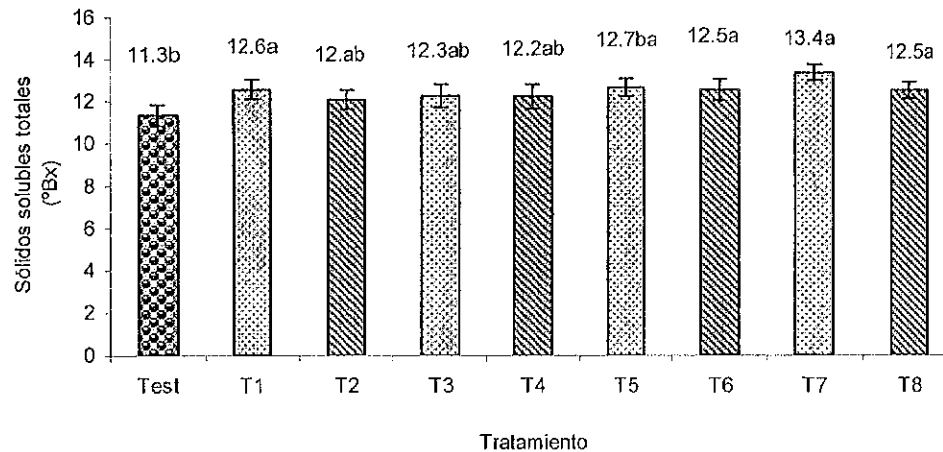
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

4.5.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx)

Se encontró que todos los frutos tratados presentaron mayor concentración de °Bx se en comparación con el testigo, siendo el tratamientos 7, es el que presentó el valor más alto entre tratamientos (figura 40). Lo cual de cierta forma es lógico pues al asperjar ethrel sobre los frutos de desencadenan ciertos mecanismos que llevan rápidamente a la maduración de los frutos y por lo tanto a la degradación de almidón en azúcares, lo cual no ocurrió con el testigo.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

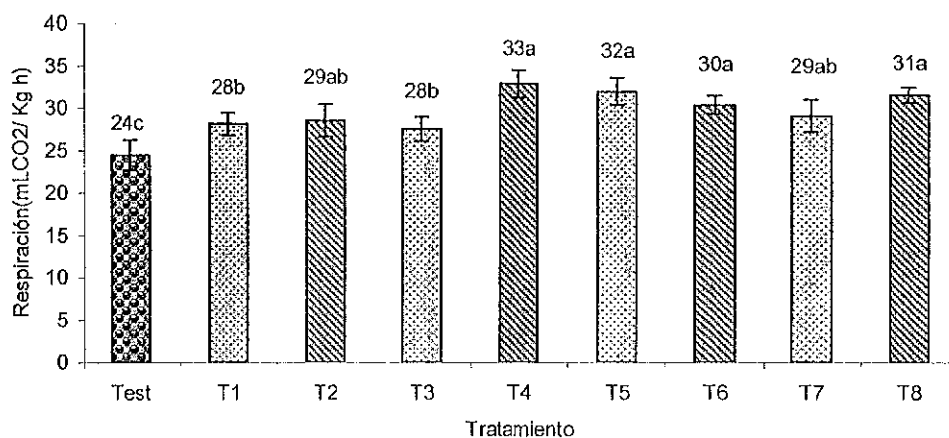
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 40. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre grados Brix de tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.5.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre la respiración del fruto

Los tratamientos 1 y 3 son significativamente diferentes del resto de los tratamientos, todos los frutos tratados con RCH presentaron diferencia con respecto a los frutos del tratamiento testigo. Los tratamientos realizados afectaron la respiración de los frutos, pues como se puede apreciar en la figura 45 en todos los frutos tratados la respiración fue superior a la de los frutos del tratamiento testigo (ver figura 41). Esta respuesta puede deberse a la aplicación de ethrel que si bien favoreció la síntesis de azúcares también incrementó la tasa de respiración a pesar de tratar de un fruto no climatérico.



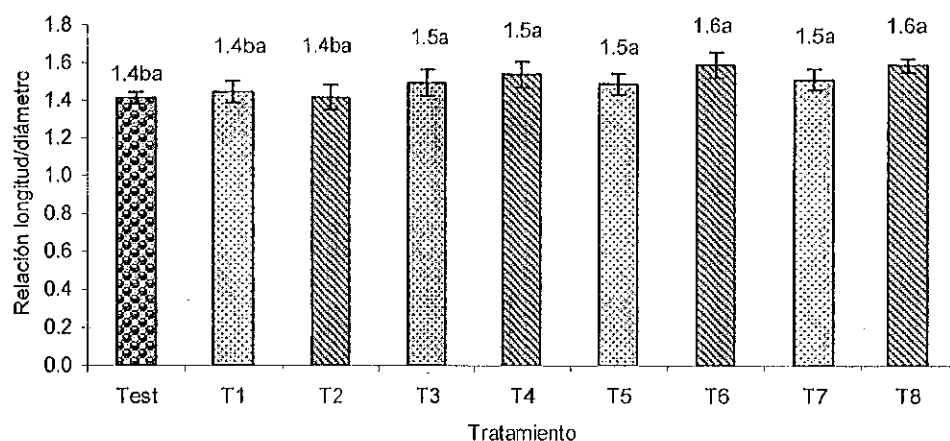
Test = testigo
 T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel
 T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel
 T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel
 T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel
 T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel
 T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel
 T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel
 T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 41. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la respiración en tuna de la variedad Solferino. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.6. Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG3 y ethrel en la variedad Rojo 3589.

4.6.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación longitud/diámetro (forma).

No se encontraron diferencias significativas entre los frutos tratados con RCH de la variedad Rojo 3589, sin embargo los frutos obtenidos de los diferentes tratamientos son ligeramente mas alargados que los frutos del testigo, pero de acuerdo con el análisis estadístico ninguno de los tratamientos tuvo efecto en el diámetro ecuatorial o polar de los frutos (figura 42).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

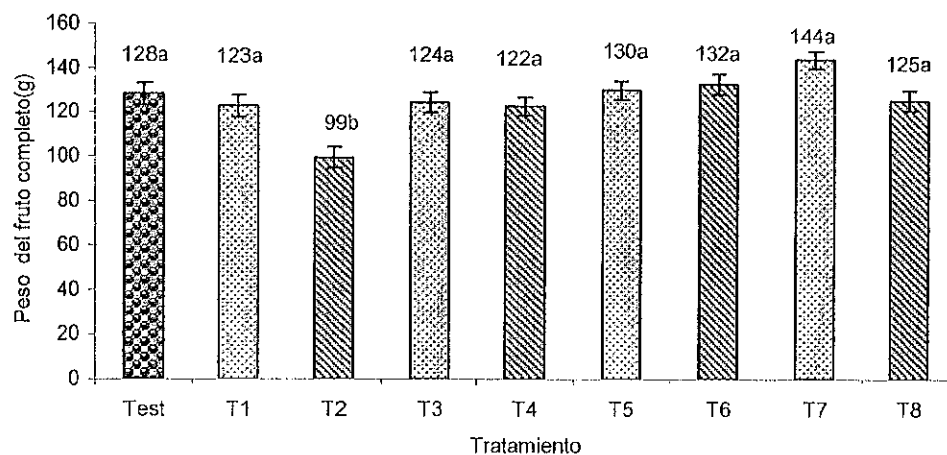
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 42. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la relación longitud/Diámetro completo de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.2. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación peso.

La variedad Rojo 3589 de manera normal presenta frutos con un peso promedio de 128 g (tratamiento testigo), el tratamiento 2 presentó un peso significativamente inferior al de los demás tratamientos, incluso inferior al peso promedio del tratamiento testigo. Existe diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo no están marcados o determinados por la dosis o el número de aplicaciones, como en el caso de la variedad solferino (ver figura 43).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

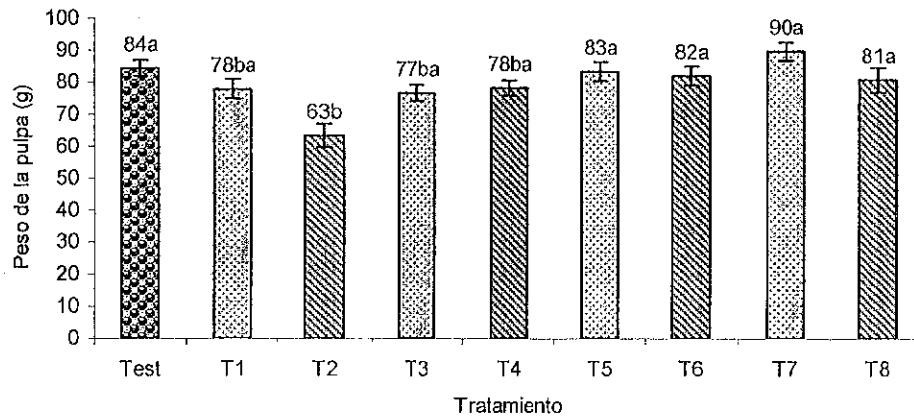
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 43. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la pulpa.

El comportamiento del peso de la pulpa de los frutos es muy similar al peso del fruto completo, los frutos del tratamiento 2 presentaron un peso promedio de pulpa significativamente menor al resto de los tratamientos incluyendo al tratamiento testigo, no se encontró diferencia significativa entre el resto de los tratamientos(ver figura 44).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

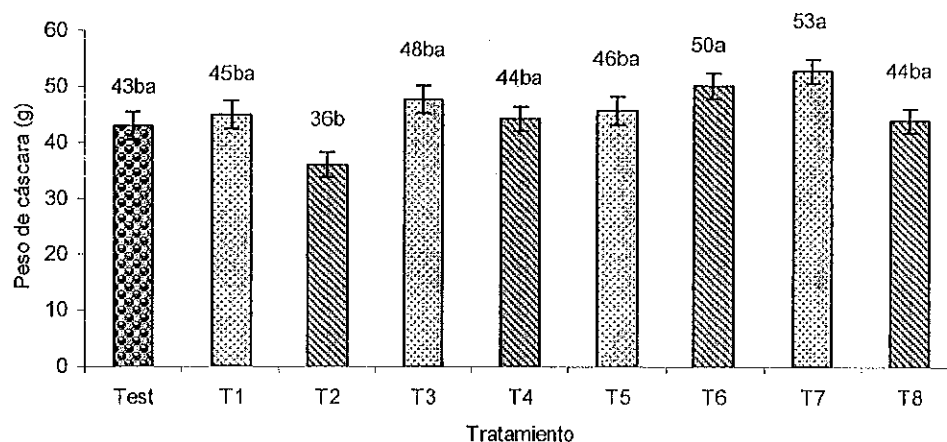
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 44. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de la pulpa de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de la cáscara.

Los frutos del tratamiento 2 fueron los que presentaron un peso de cáscara significativamente menor que el resto de los tratamientos, no se encontró diferencia significativa entre los demás tratamientos (figura 45).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

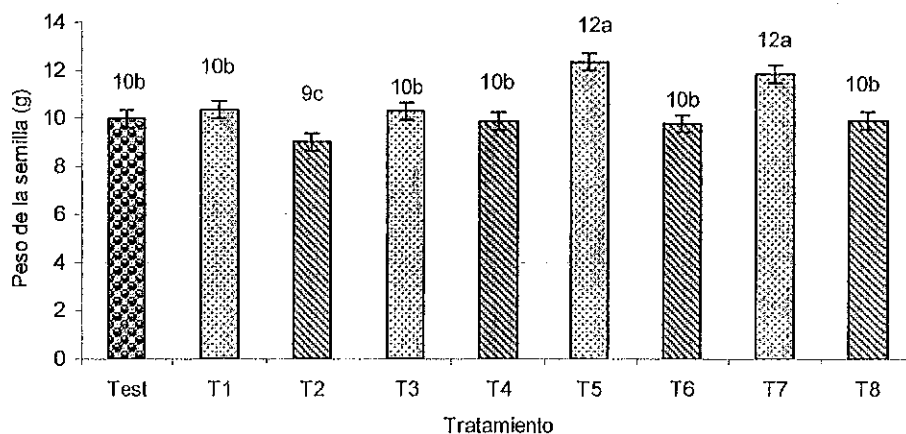
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 45. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589 al momento de la cosecha. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de semilla.

Los frutos de los tratamientos que incluyeron 6 aplicaciones presentaron menor peso de semilla que los frutos tratados con 4 aplicaciones, independientemente de la concentración de RCH, habiendo diferencias estadísticas marcadas, en este caso el tratamiento 5 fue el que presentó mayor peso de semillas, mientras que el tratamiento 2 fue el que presentó menor peso de estas. Entre el resto de los tratamientos no se encontró diferencia estadística (ver figura 46).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 46. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla de la variedad Rojo 3589.

No se encontró diferencia estadística significativa en la relación pulpa/cáscara, como se puede observar en el cuadro 4, el porcentaje de la cáscara es similar en todos los casos, incluso en el tratamiento testigo. En la relación pulpa/semilla, si se encontró diferencia estadística significativa ocasionada por los tratamientos. El tratamiento 5 es diferente del tratamiento 6 y del tratamiento testigo, el resto de los tratamientos no ocasionaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).

Tratamiento	PF	% cáscara	% semillas	% pulpa	P/C	P/S
Test	128.04	33.54	7.79	58.68	1.96 a	8.45 a
T1	122.57	36.57	8.43	55.00	1.73 a	7.52 ba
T2	99.24	36.28	9.06	54.67	1.76 a	7.03 ba
T3	124.18	38.36	8.26	53.37	1.61 a	7.46 ba
T4	122.28	36.14	8.06	55.81	1.77 a	7.93ba
T5	129.81	35.16	9.48	55.36	1.83 a	6.77b
T6	132.36	37.86	7.36	54.78	1.63 a	8.41a
T7	143.60	36.75	8.22	55.03	1.70 a	7.59 ba
T8	124.84	35.17	7.91	56.91	1.84 a	8.16 ba

Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

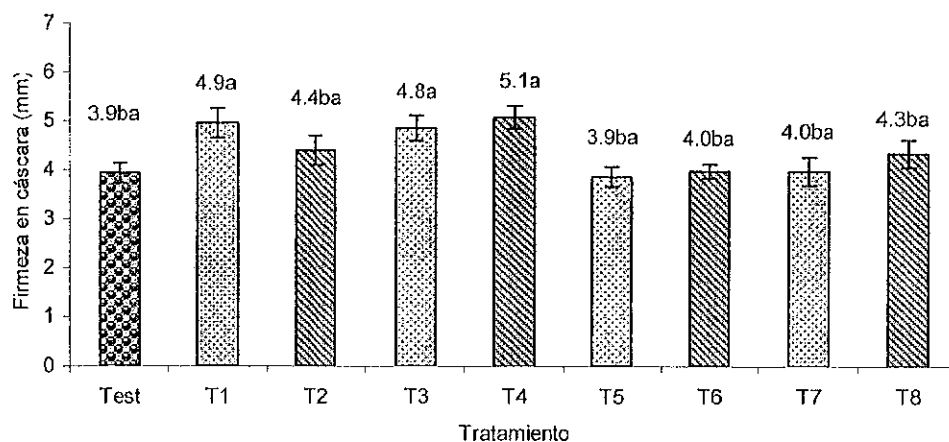
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

4.6.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza).

Contrario a la variedad solferino, en esta variedad los frutos que presentan mayor resistencia a la penetración del puntal cónico son los tratados con 100 ppm de AG₃, presentando éstos una firmeza similar a la de los frutos del tratamiento testigo., mientras que los frutos tratados con 50 ppm de AG₃ fueron más blandos, es decir el puntal penetró con mayor facilidad en las cáscara de los frutos (figura 47).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 47. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre color de la cáscara.

La luminosidad de los frutos no se ve afectada por ninguno de los tratamientos, pues presentaron valores similares a los frutos del testigo. Por otra parte el tono si presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo los frutos de los tratamientos 3, 6 y 7 los que presentaron el valor más alto en el ángulo de tono, es decir los frutos fueron menos rojos, tendiendo hacia el color naranja, mientras que los frutos de los tratamientos 1, 5, 8 y del tratamiento testigo presentaron un ángulo de tono más cercano al rojo.

El índice de saturación también presenta diferencia significativa, los frutos de los tratamientos 7 y 8 fueron los que presentaron los valores mas altos en saturación del

color en cáscara, teniendo un color más intenso o más vivo que el resto de los tratamientos, incluyendo al testigo, entre estos últimos no existe diferencia significativa.

Cuadro 5. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Tratamiento	Luminosidad	tono	Saturación
Tes	30.1 a	17 b	49 bc
T1	29.6 a	18 b	46 bc
T2	32.2 a	21 ba	56 b
T3	29.6 a	23 a	57 b
T4	31.0 a	20 ba	49 bc
T5	29.9 a	18 b	54 b
T6	31.0 a	22 a	57b
T7	29.9 a	24 a	63 a
T8	29.8 a	18 b	68 a

Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

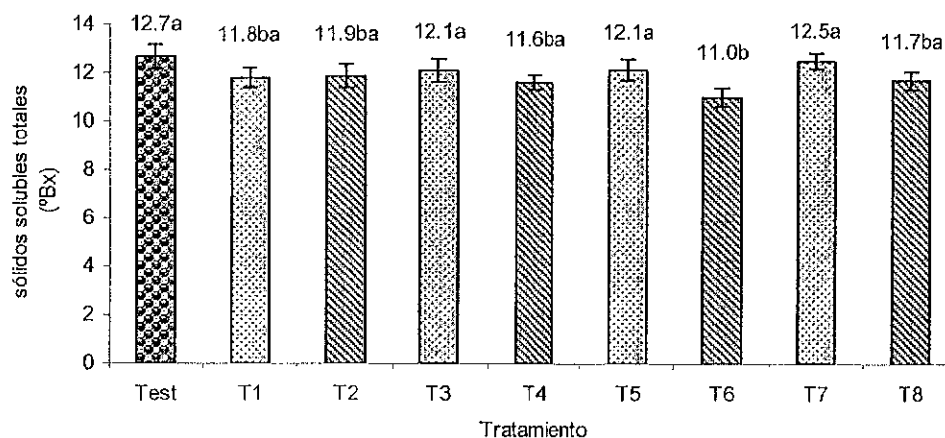
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

4.6.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx).

En esta variedad contrario a lo observado en la variedad Solferino, los frutos tratados presentaron una concentración de sólidos solubles totales inferior a la de los frutos del tratamiento testigo. Los frutos de los tratamientos 3, 5, 7 y el tratamiento testigo son diferentes significativamente del tratamiento 6, entre el resto de los tratamientos no existe diferencia significativa (figura 48).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

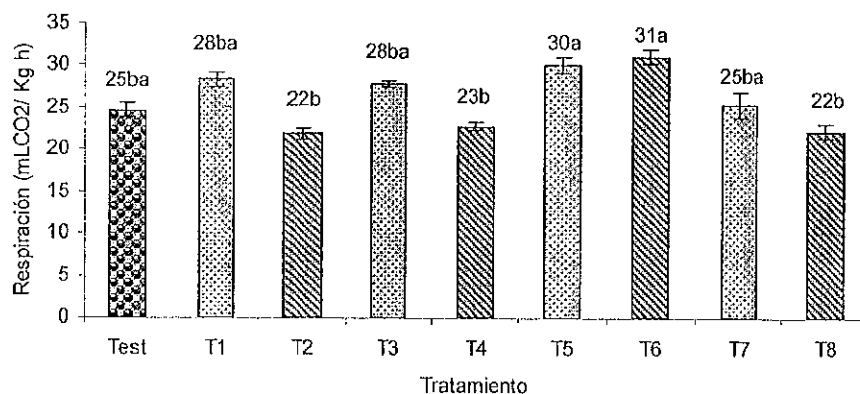
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 48. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales (°Bx) de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.6.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre respiración

La respiración se afectó con los tratamientos realizados sobre los frutos, en la figura 49 se puede observar que en los tratamientos 5 y 6 se presentó mayor respiración que en el resto de los tratamientos, mientras que en los tratamientos 2, 4 y 8 se presentó la menor tasa de respiración, siendo estos últimos diferentes significativamente de los primeros, entre el resto de los tratamientos incluyendo al tratamientos testigo no presentan diferencia estadística significativa.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

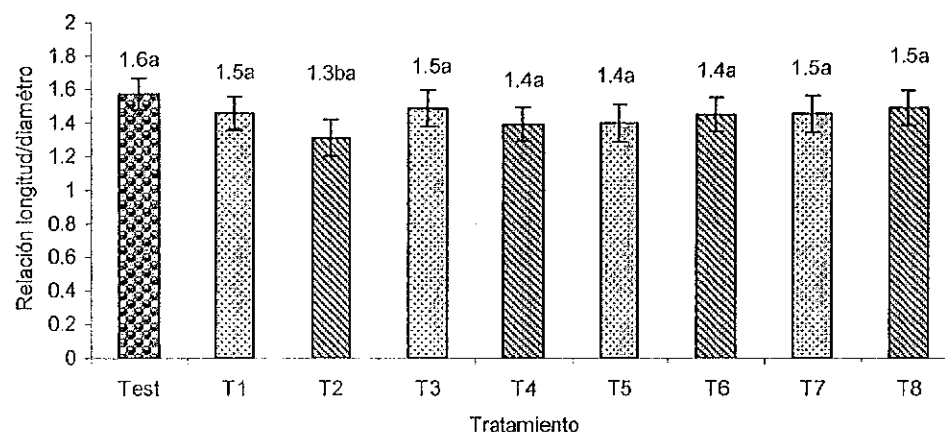
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 49. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la respiración de tuna de la variedad Rojo 3589. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7 Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel en la variedad Amarillo 2289.

4.7.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación longitud/diámetro (forma).

No se encontró diferencia estadística significativa entre ninguno de los frutos tratados, bajo las diferentes condiciones de aplicación de RCH, así que ninguno de los tratamientos tiene efecto en el diámetro ecuatorial o polar de los frutos, tal como se puede observar en la figura 50.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

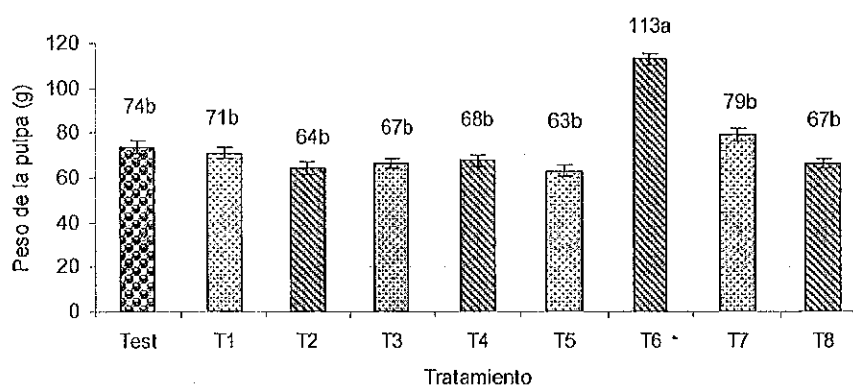
Figura 50. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la relación longitud/diámetro de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.2. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso del fruto completo.

La variedad Amarilla 2289 de manera normal (Tratamiento testigo) presentó un peso promedio de 128 g (figura 51). Con el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento 6 diferente al resto de los tratamientos, pues presentó un peso de 167 g, lo cual es 40 g más que el testigo. El resto de los tratamientos presentaron un peso inferior al testigo y no muestran diferencia significativa entre ellos.

4.7.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de pulpa

Existe diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento 6 diferente al resto de los tratamientos, pues presentó un peso de pulpa de 113 g, El resto de los tratamientos presentaron un peso parecido al testigo, sin embargo en todos los casos fue inferior, pero no muestran diferencia significativa entre ellos (figura 52).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

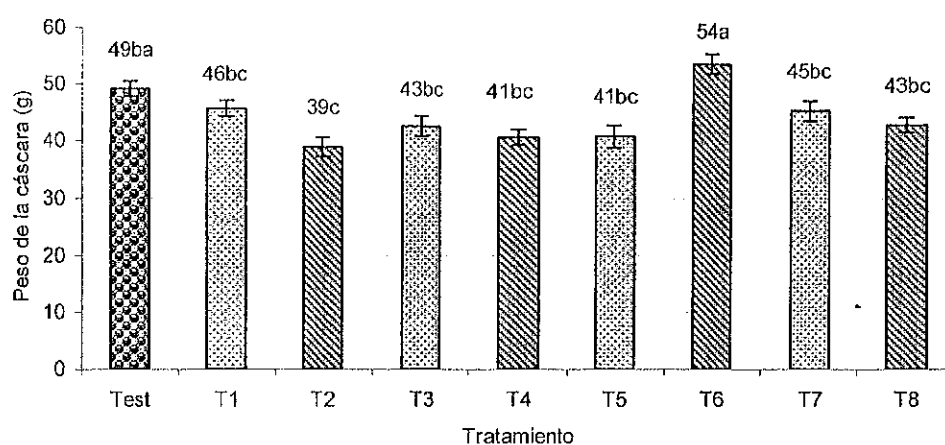
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 52. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de cáscara

En el peso de la cáscara existe mayor variabilidad entre los datos, habiendo diferencia estadísticas significativas entre los tratamientos 6 y 2, con respecto al resto de los tratamientos no existe diferencia significativa entre ellos. Cabe destacar que el peso de la cáscara de los frutos tratados es inferior al peso de la cáscara del testigo, salvo en los del tratamiento 6 (figura 53).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

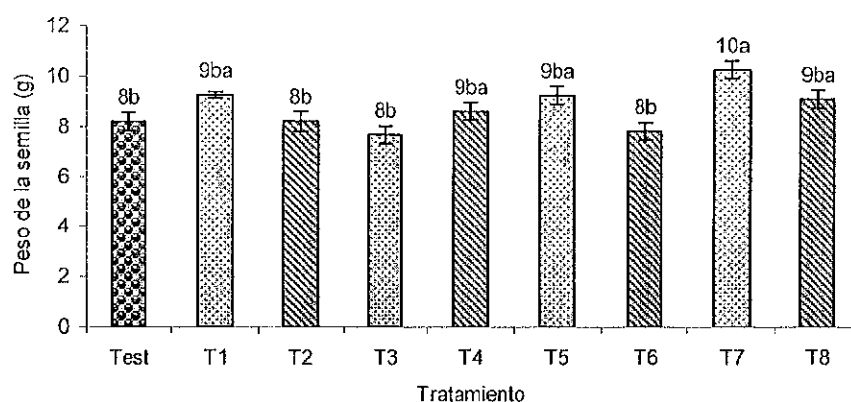
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 53. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de la cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre peso de semilla.

El tratamiento 7, indujo mayor peso de semillas en los frutos con respecto a los tratamientos 2, 3, 6 y testigo, siendo éstos diferentes estadísticamente, el resto de los tratamientos no son diferentes estadísticamente (figura 54).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 54. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla.

En la relación pulpa/cáscara no se encontró diferencia estadística ocasionada por los tratamientos, pues como se observa en el cuadro 6 el porcentaje de cáscara es similar en

todos los tratamientos, a pesar de que el tratamiento presentó frutos con un peso de 32 g, estadísticamente no se encontraron diferencias.

En cuanto a las semillas si se encontraron variaciones en el peso (%), y se puede corroborar con la relación pulpa /semilla, se encontró que los frutos del tratamiento 6 tiene menor porcentaje de semillas y por lo tanto una mayor relación P/S, mientras el tratamientos 5 tiene un mayor porcentaje de semillas y lógicamente una relación P/S menor.

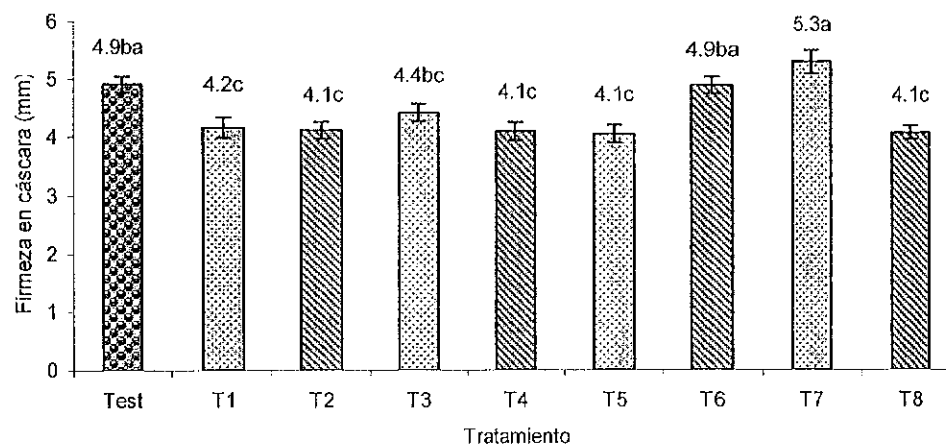
Cuadro 6. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S) de la variedad Amarillo 2289.

Tratamiento	PF	% cáscara	% semillas	% pulpa	P/C	P/S
Testigo	122.65	40.01	6.69	53.31	1.50 a	8.97 b
T1	116.8	39.08	7.93	53.00	1.56 a	7.68 b
T2	103.11	37.71	7.96	54.33	1.65 a	7.82 bc
T3	109.12	39.00	7.04	53.96	1.56 a	8.67 b
T4	108.46	37.41	7.95	54.65	1.67 a	7.88b
T5	103.96	39.24	8.90	51.87	1.55 a	6.83 c
T6	166.91	32.11	4.69	63.20	2.11 a	14.47 a
T7	124.61	36.39	8.25	55.36	1.75 a	7.71 bc
T8	109.68	39.13	8.32	52.54	1.56 a	7.31 bc
T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 4 de 700 ppm ethrel T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 6 de 700 ppm ethrel T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 4 de 900 ppm ethrel T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG ₃ y 6 de 900 ppm ethrel T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 4 de 700 ppm ethrel T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 6 de 700 ppm ethrel T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 4 de 900 ppm ethrel T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG ₃ y 6 de 900 ppm ethrel						

4.7.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza del fruto)

En esta variedad (ver figura 55) los tratamientos 6 y 7 fueron los que ocasionaron que la cáscara de los frutos presentaran menor resistencia a la penetración del puntal,

mientras que el resto de los tratamientos presentaron mayor resistencia, es decir su cáscara fue mas dura, incluso más que la de los frutos del tratamiento testigo.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 55. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre el color de cáscara

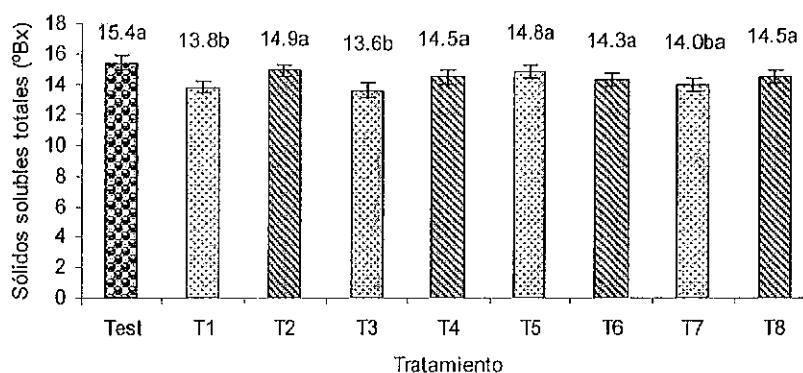
Los frutos tratados no presentan diferencia estadística significativa entre tratamientos, en las variables luminosidad y tono, mientras que en el índice de saturación presento una ligera diferencia como efecto de los tratamientos 2 y 5.

Cuadro 7. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289

Tratamiento	Luminosidad	tono	Saturación
Tes	44.1a	64.6a	51.8a
T1	43.9a	67.6a	51.9a
T2	44.2a	62.6a	46.5ba
T3	43.8a	64.7a	52.4a
T4	41.8a	62.8a	50.0a
T5	42.1a	65.1a	47.3ba
T6	42.7a	63.1a	52.5a
T7	44.3a	61.7a	53.2a
T8	43.6a	64.9a	51.6a

4.7.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales (°Bx)

Esta variedad también presentó una disminución en °Bx, aunque no existe una diferencia estadística muy marcada, salvo en los tratamientos 1 y 3, que son los que presentaron los valores mas bajos con respecto al resto de los otros tratamientos (figura 56).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

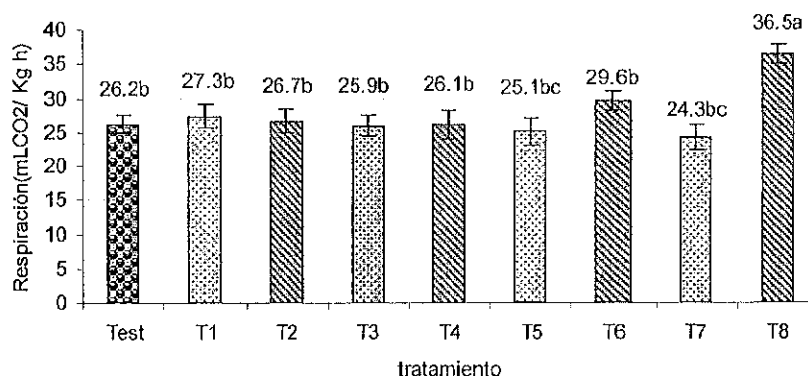
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 56. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre Sólidos Solubles Totales de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.7.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre la respiración del fruto

Existe diferencia significativa en la respiración de los frutos al momento de la cosecha, siendo los frutos del tratamiento 8 los que presentan la tasa de respiración más alta con respecto al resto de los tratamientos. Entre los demás tratamientos no existe diferencia estadística significativa, todos los frutos tratados no importando la dosis y el número de aplicaciones presentaron una tasa de respiración similar a la de los frutos del tratamiento testigo (figura 57).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

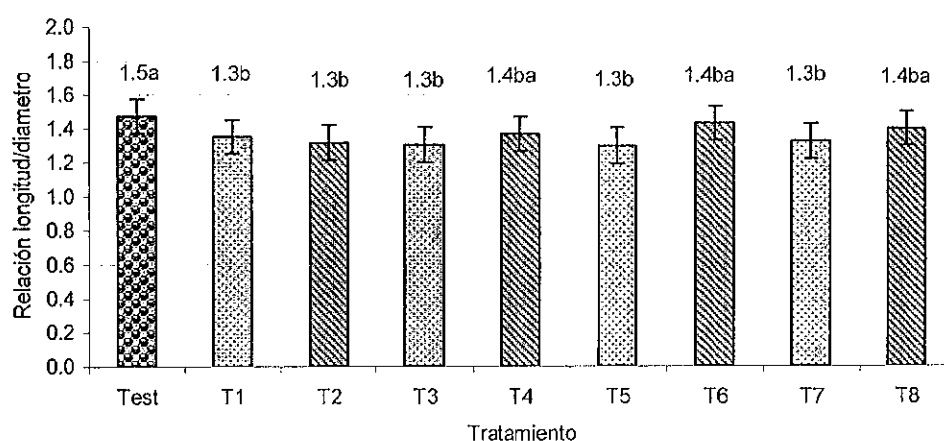
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 57. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la respiración en frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.8. Análisis de los efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel en la variedad Rojo Vigor

4.8.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación longitud/diámetro (forma).

Se encontró diferencia estadística entre los tratamientos: 1, 2, 3, 4 y 6 con respecto al testigo, pues este último presenta una relación mayor del diámetro polar y ecuatorial de los frutos, se puede observar en la figura 58 que los frutos tienden a ser más esféricos y no alargados por efecto de los tratamientos.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

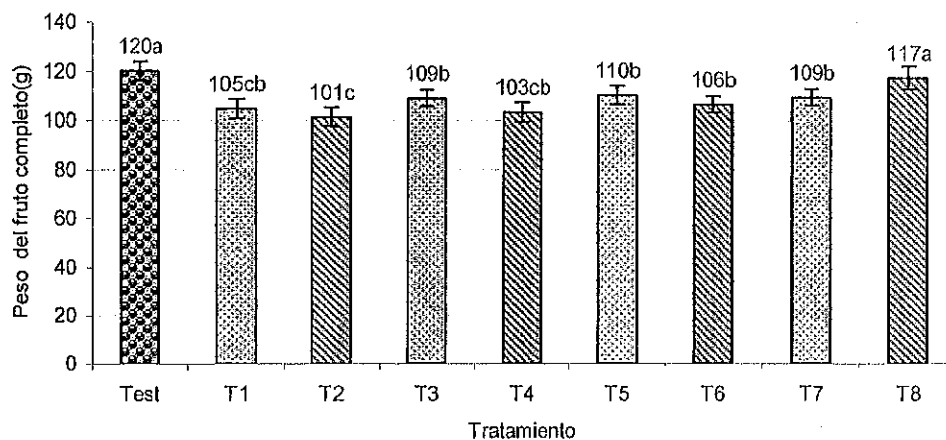
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 58. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la relación longitud/diámetro (forma) de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.8.2. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso del fruto completo.

La variedad Rojo vigor presenta un peso normal (Tratamiento testigo) de 128 g, se encontró que todos los tratamientos realizados inducen el desarrollo de frutos de menor peso que el tratamiento testigo, en el análisis se encontró diferencia entre tratamientos siendo el tratamiento 2 el de menor peso para esta variedad (figura 59).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

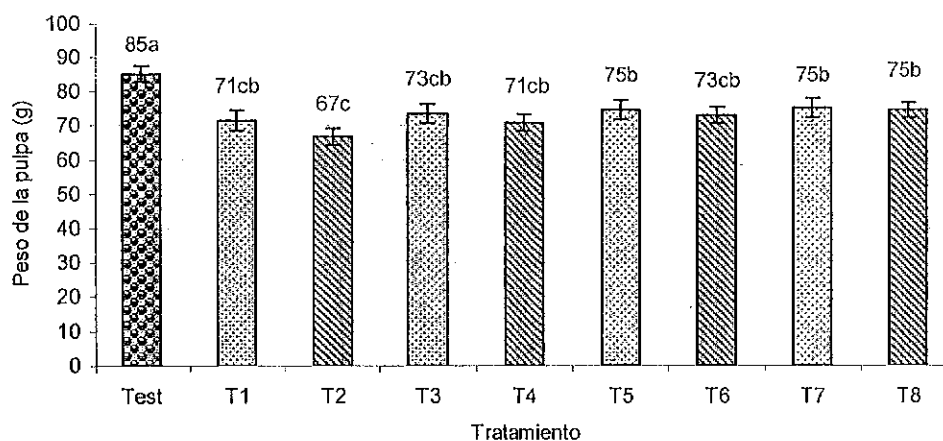
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 59. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso del fruto completo de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.8.3. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la pulpa.

Todos los frutos tratados con RCH presentaron un peso de pulpa inferior al del tratamiento testigo, siendo éstos diferentes estadísticamente (figura 60).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

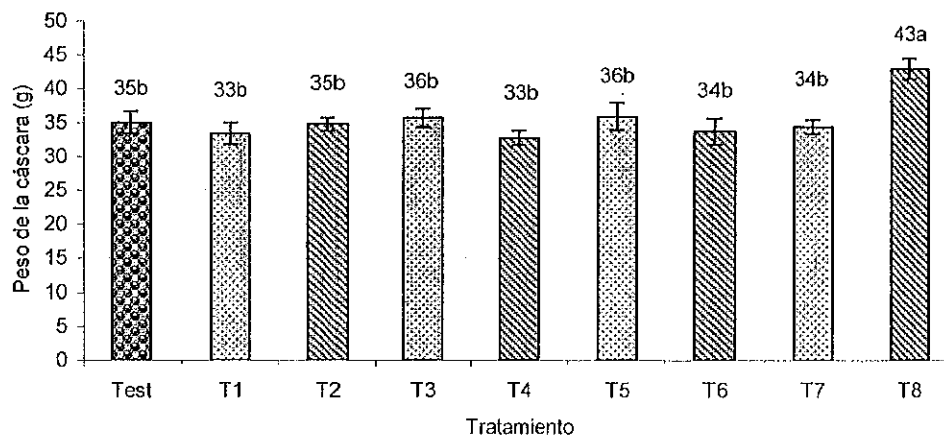
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 61. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de pulpa de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.8.4. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la cáscara.

El tratamiento 8 fue diferente estadísticamente del resto de los tratamientos, éste ocasionó que el peso promedio de la cáscara de los frutos fuera de 43 g lo cual representa hasta 10 g más que el resto de los frutos tratados con RCH. El tratamiento testigo y el resto de los tratamientos no presentaron diferencia estadísticas significativas entre ellos mismos (ver figura 62).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

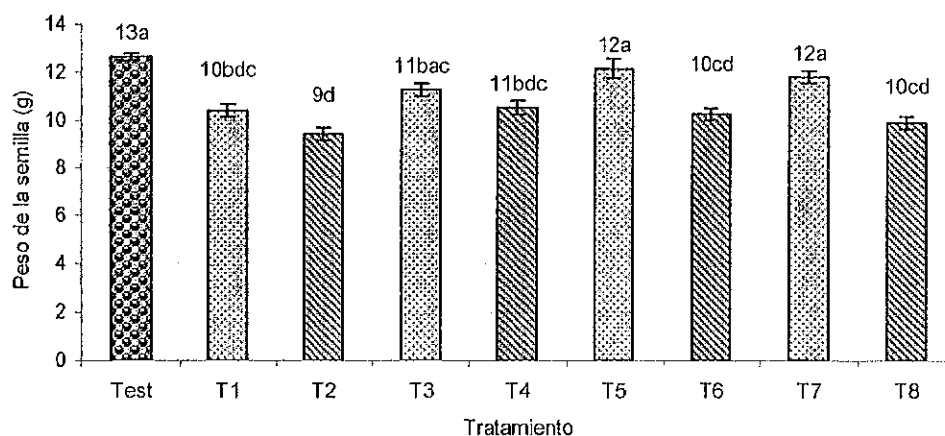
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 62. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el peso de la cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.8.5. Análisis del efecto por tratamientos sobre el peso de la semilla.

Los frutos tratados con 6 aplicaciones no importando la concentración de los RCH presentaron menor peso de semillas que los tratados con 4 aplicaciones, sin embargo todos los frutos tratados presenta un peso de semillas inferior a la del testigo.

Los tratamientos testigo, 5 y 7 son diferentes estadísticamente de el resto de los tratamientos, pues estos presentaron el mayor peso de semillas, mientras que el tratamiento 2 es el que presentó el menor peso (figura 63).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm etrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm etrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm etrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm etrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm etrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm etrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm etrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm etrel

Figura 63. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y etrel sobre el peso de semilla de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.8.6. Análisis del efecto por tratamientos sobre relación pulpa-cáscara y pulpa semilla de la variedad Rojo Vigor.

Cuadro 8. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y etrel sobre el peso promedio del fruto (PF), porcentaje de cáscara, de pulpa, de semillas, relación pulpa-cáscara (P/C) y pulpa semilla (P/S).

Tratamiento	PF	%cáscara	% semillas	% pulpa	P/C	P/S
Test	128.04	29.15	10.52	60.33	2.43	6.73
T1	106.41	31.84	9.93	58.23	2.14	6.87
T2	100.10	34.23	9.26	56.50	1.92	7.10
T3	108.18	32.70	10.32	56.98	2.06	6.52
T4	106.44	31.62	10.16	58.22	2.16	6.73
T5	107.26	32.54	10.99	56.48	2.07	6.14
T6	109.03	31.56	9.59	58.85	2.17	7.14
T7	108.98	31.37	10.76	57.87	2.19	6.38
T8	109.09	36.51	8.40	55.09	1.74	7.56

Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm etrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm etrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm etrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm etrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm etrel

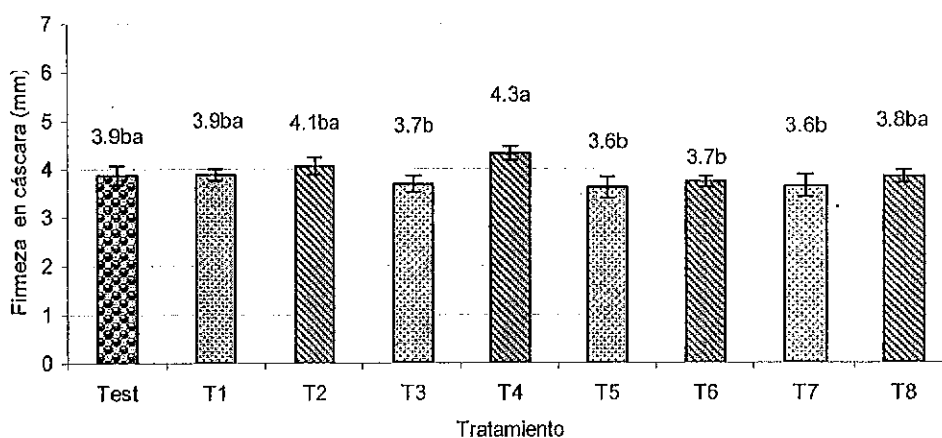
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm etrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm etrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm etrel

4.8.7. Análisis del efecto por tratamientos sobre penetración en cáscara (firmeza del fruto).

El tratamiento 4 es diferente estadísticamente pues presenta menor firmeza que los tratamientos 3, 5, 6 y 7, entre el resto de los tratamientos no existe diferencia significativa. En general los frutos tratados no importando la dosis ni el número de aplicaciones presentan frutos firmes, incluso más que los frutos del tratamiento testigo (figura 64).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 64. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la firmeza en cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.8.8. Análisis del efecto por tratamientos sobre Color de cáscara

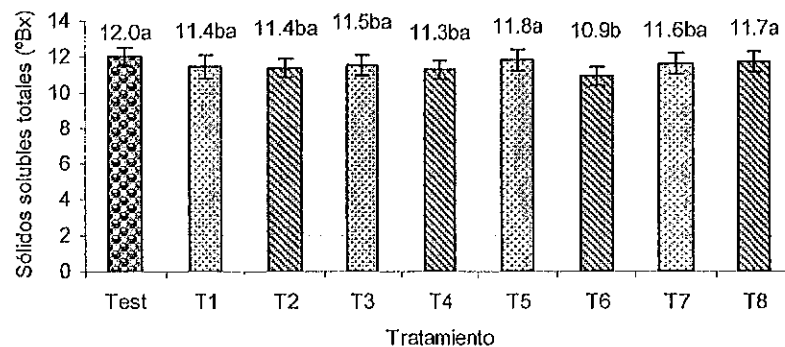
No se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos con respecto a la luminosidad e índice de saturación de la cáscara de los frutos; sin embargo con respecto al tono si se encontró diferencia entre los tratamientos 3 y 6 con respecto al tratamiento testigo, ya que este último presentó frutos más rojos que los frutos de los tratamientos antes mencionados, entre el resto de los tratamientos no existe diferencia significativa.

Cuadro 9. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la luminosidad, tono e índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor

Tratamiento	Luminosidad	tono	Saturación
Tes	30.11a	17.1b	18.60a
T1	29.58a	18.5ba	17.55a
T2	31.67a	20.5ba	17.68a
T3	29.57a	21.8a	16.95a
T4	31.01a	18.7ba	17.50a
T5	29.95a	18.4ba	19.37a
T6	30.99a	21.6a	17.02a
T7	29.88a	18.4ba	18.98a
T8	29.79a	18.2ba	18.27a

4.8.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre sólidos solubles totales

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, sin embargo todos los datos promedio son ligeramente inferiores a los datos obtenidos de la tratamiento testigo (figura 60).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

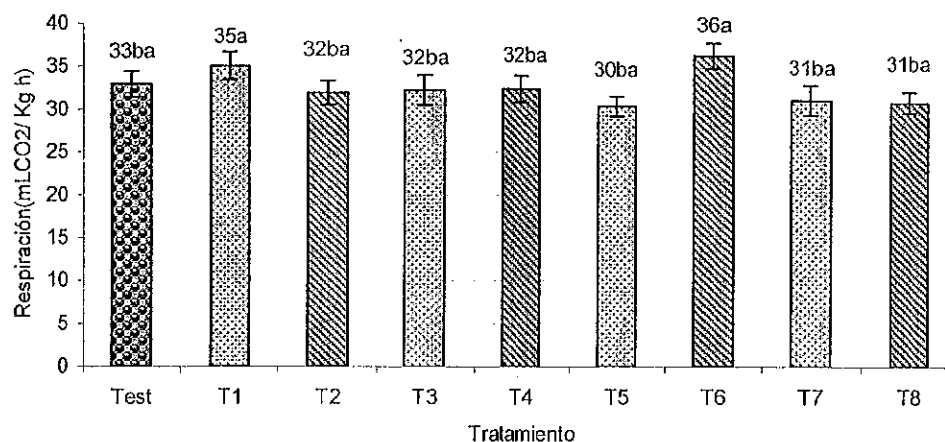
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 60. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales en tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.8.10. Análisis del efecto por tratamientos sobre la Respiración en frutos

No se encontró diferencia estadística significativa entre los frutos de los diferentes tratamientos, de las 4 variedades estudiadas, ésta es la que presentó menor variación en los valores de tasa de respiración, pues presento valores semejantes al testigo (figura 65).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

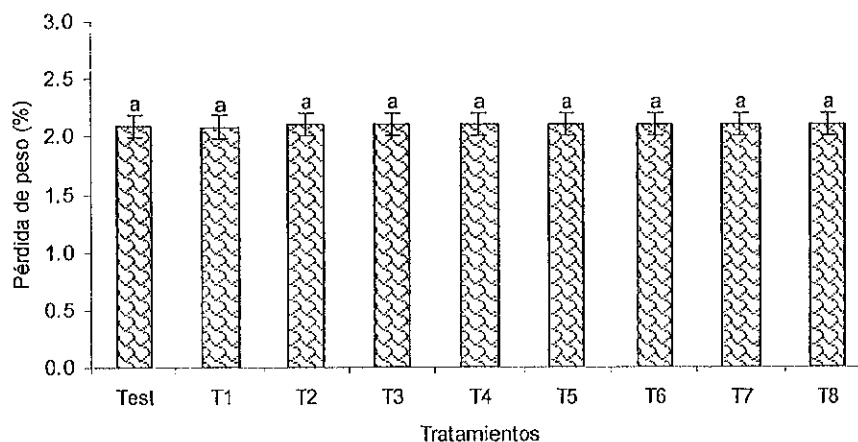
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 65. Efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la respiración en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.9. Análisis del efecto por tratamientos sobre la calidad de frutos de tuna almacenados durante 10 días.

4.9.1. Análisis del efecto por tratamientos sobre pérdida de peso de las 4 variedades estudiadas.

No se encontró diferencias significativas sobre la pérdida de peso de los frutos tratados con RCH, (figuras 66, 67, 68, y 69), no se encontraron pérdidas de peso significativas, en ninguno de los tratamientos, en todos los casos se tuvo una pérdida aproximada de poco más de 2 g, durante los 10 días de almacenamiento.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

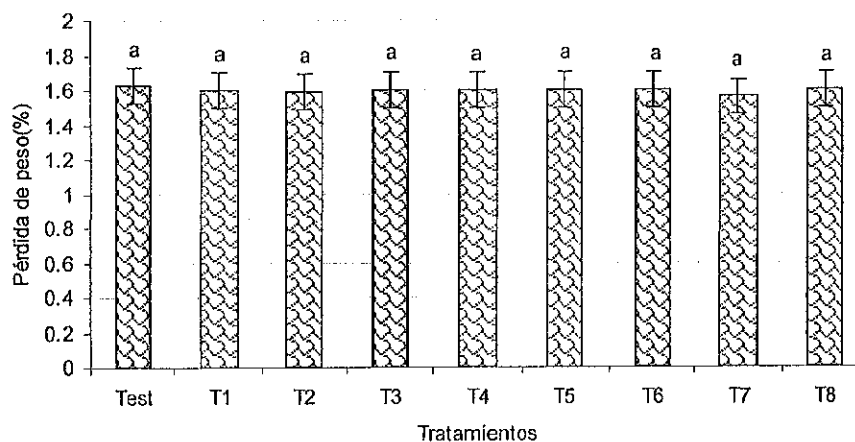
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 66. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

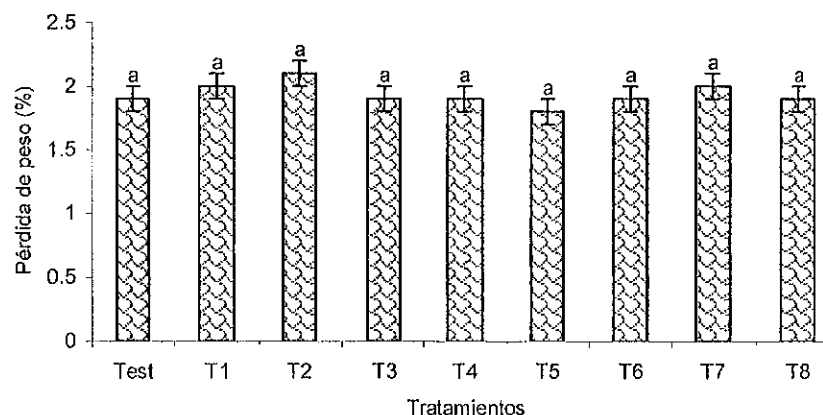
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 67. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

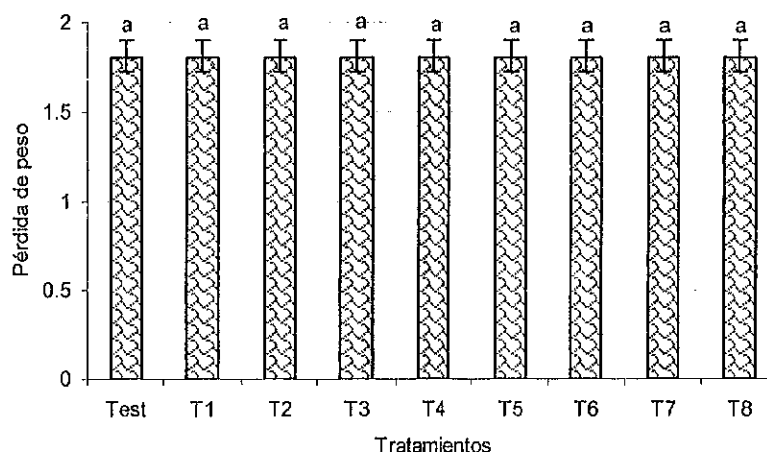
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 68. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Amarillo2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

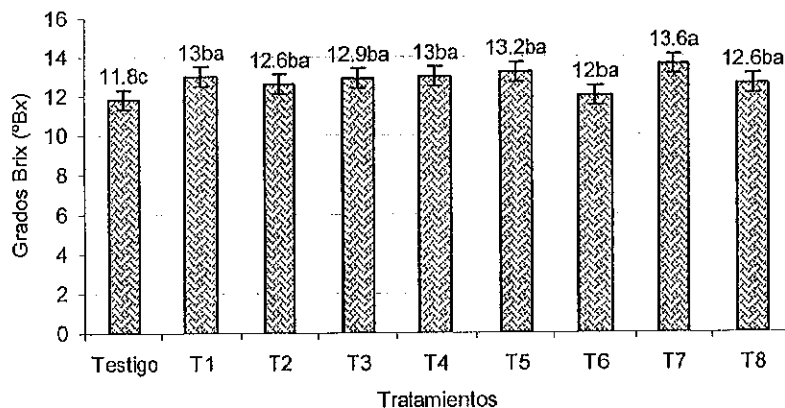
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 69. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la pérdida de peso en frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.9.2 Análisis del efecto de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre Sólidos solubles totales °Bx de las 4 variedades estudiadas.

Variedad solferino

Los °Bx de los frutos de la variedad solferino aumentaron por efecto de los tratamientos, solo el tratamiento 6 presentó una disminución de éstos después de el almacenamiento; sin embargo, no existió diferencia significativa entre tratamientos, todos los frutos tratados tuvieron una concentración de sólidos solubles totales superior a la del testigo, los frutos de este último fueron diferentes significativamente de los frutos tratados (figura 70).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

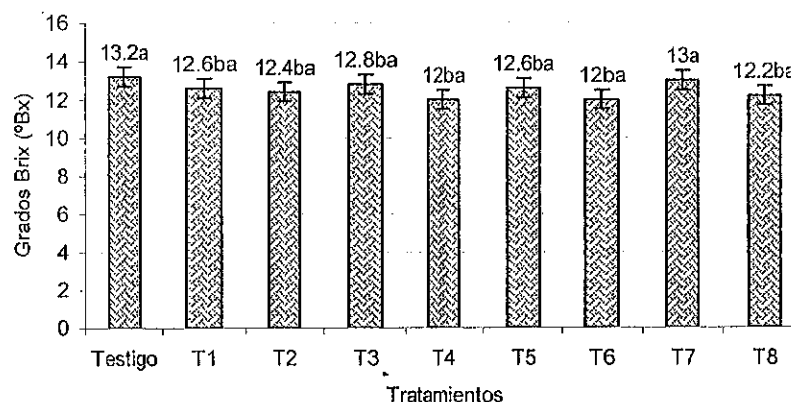
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 70. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Variedad Rojo 3589

El tratamiento testigo y el tratamiento 7 tuvieron una concentración significativamente mayor de °Bx que el resto de los tratamientos, entre los demás tratamientos no existe diferencia, aunque en todos los casos la concentración de °Bx aumentó después de haber sido almacenados durante 10 días (figura 71).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

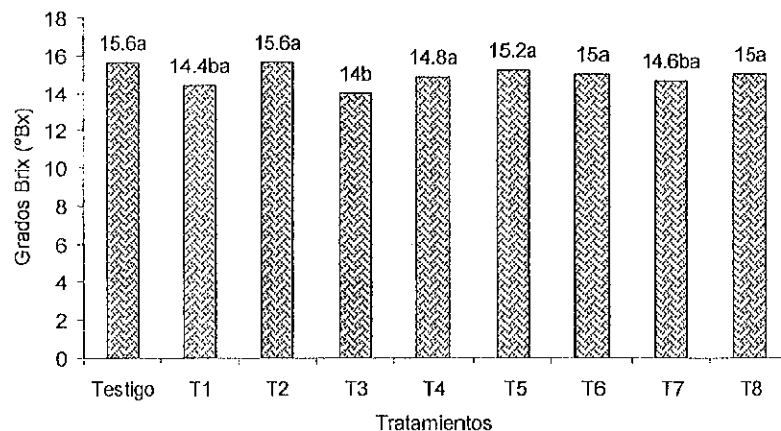
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 71. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Variedad Amarillo 2289

Todos los tratamientos incluyendo al testigo aumentaron la concentración de °Bx durante los 10 días de almacenamiento, solo el tratamiento 3 presentó valores significativamente menores al resto de los tratamientos (figura 72).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

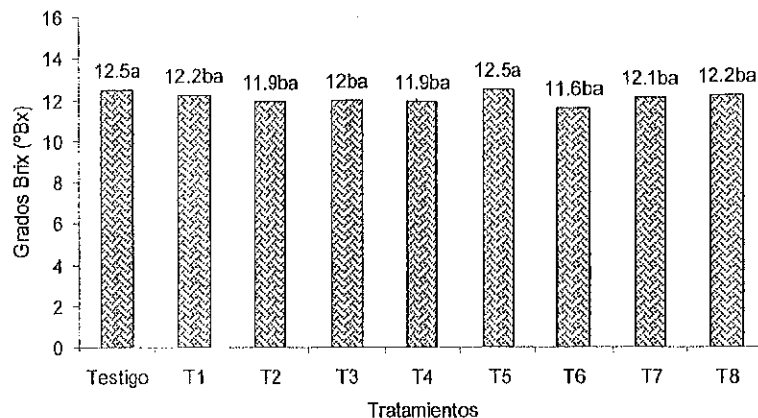
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 72. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre °Bx de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Variedad Rojo Vigor

En esta variedad no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, todos los frutos tratados aumentaron ligeramente la concentración de °Bx (figura 73).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethep

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethep

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethep

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethep

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethep

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethep

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethep

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethep

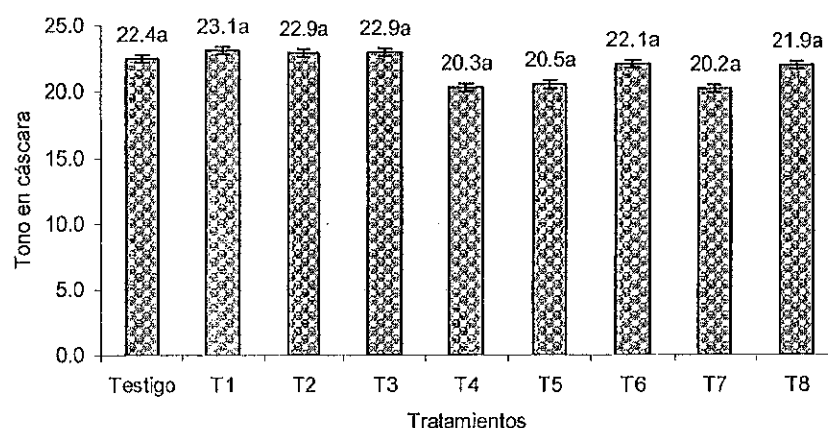
Figura 73. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethep sobre °Bx de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Martínez-Soto *et al* (1997). Reportan que tunas almacenadas por 60 días a diferentes temperaturas presentan en general una disminución de sólidos solubles totales, aproximadamente de 3-4°Bx. Los frutos no climatéricos se caracterizan por carecer de almidón como carbohidratos de reserva; es decir, no ocurre un incremento significativo en el contenido de azúcares después de la cosecha (Tucker, 1993).

4.9.3 Análisis del efecto por tratamientos sobre el color en cáscara de las 4 variedades estudiadas.

Tono en cáscara de tuna de la Variedad Solferino

No se encontró diferencia significativa en el tono de la cáscara de los frutos tratados con RCH (ver figura 74), es decir ninguno de los tratamientos afectó el color externo de la tuna (todos los frutos son igual de rojos en todos los tratamientos) en la variedad Solferino aún después de haber sido almacenada durante 10 días.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

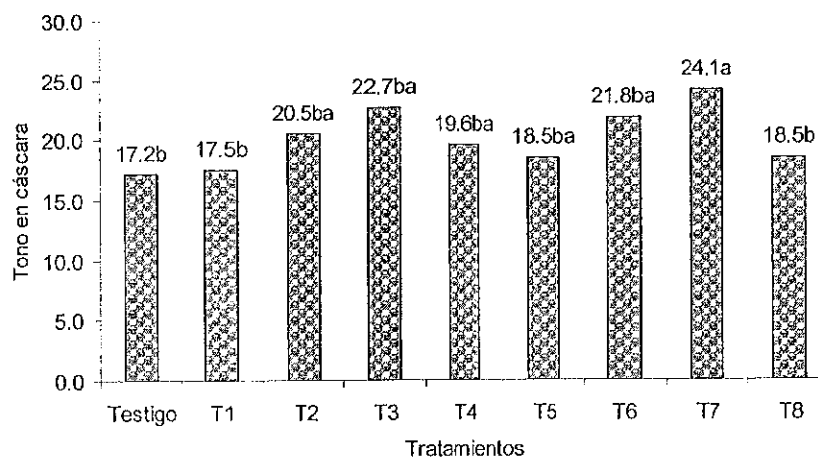
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 74. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

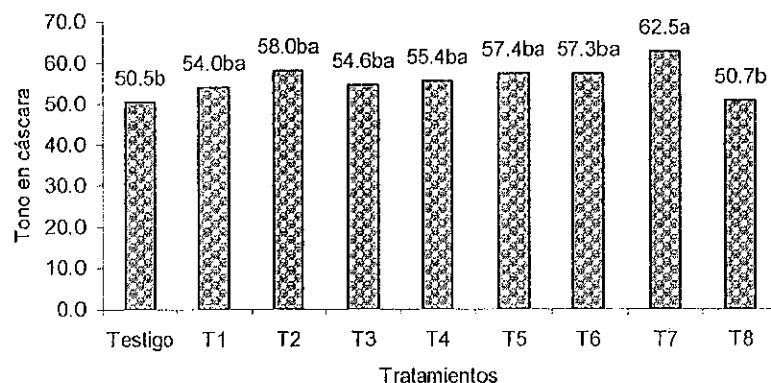
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 75. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Tono en cáscara de tuna de la Variedad Amarillo 2289

En la variedad Amarillo 2289 el tratamiento 7 causó incremento significativo del ángulo de tono, es decir hizo ver a los frutos mas amarillos que anaranjados respecto a los frutos del resto de los tratamientos, igual que en la variedad anterior (figura 76). El tratamiento 8 causó en los frutos un ángulo de tono menor al resto de los tratamientos mostrando un color más anaranjado que amarillo, al igual que el tratamiento testigo.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

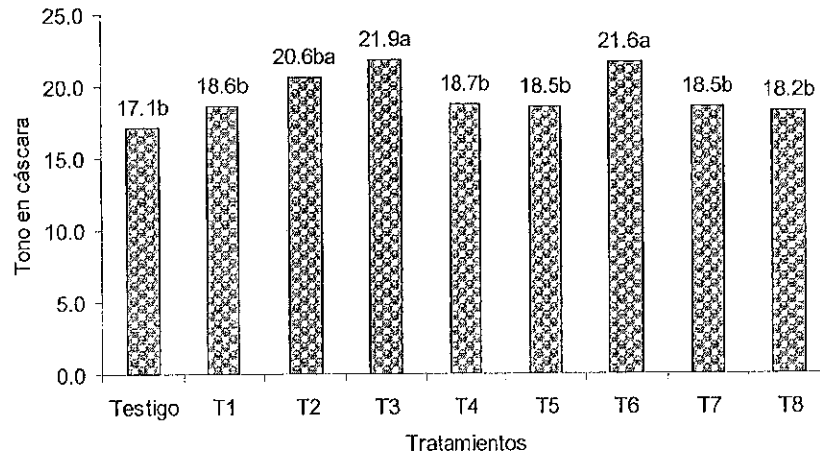
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 76. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Tono en cáscara de tuna de la Variedad Rojo Vigor

Los tratamientos 3 y 6 en frutos de la variedad Rojo Vigor causaron un incremento en el ángulo del tono de la cáscara de los frutos, es decir fueron frutos mas anaranjados que rojos, el resto de los frutos presentaron un ángulo de tono menor es decir más cercano al rojo.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

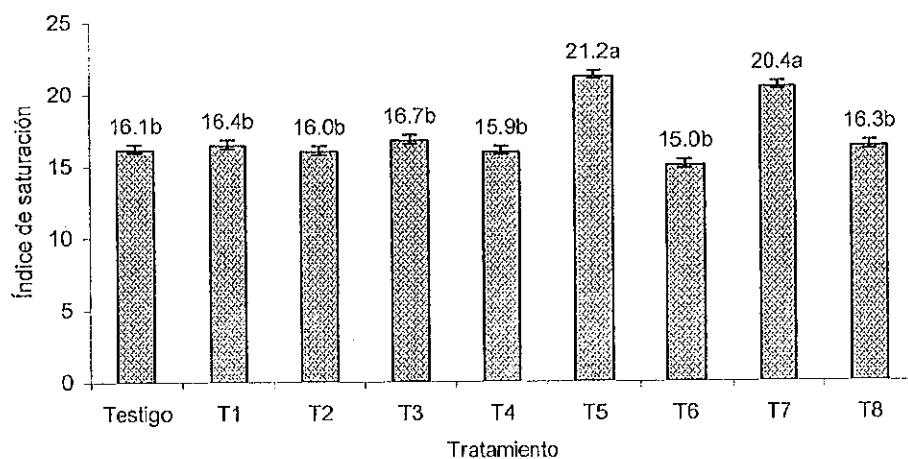
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 77. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Solferino

Los tratamientos 5 y 7 provocaron que los frutos presentaran un color externo más intenso, el resto de los frutos tratados presentaron un color menos intenso similar al color del tratamiento testigo (figura 78).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

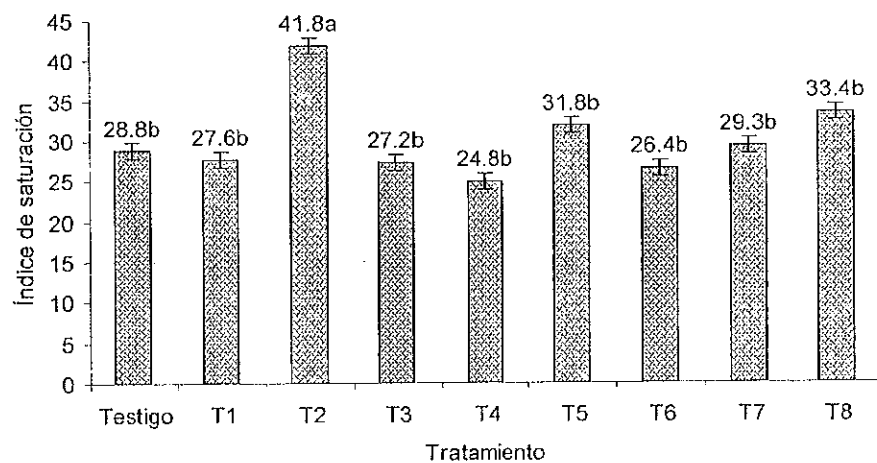
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 78. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo 3589

El tratamiento 2 provocó que los frutos presentaran un color externo más intenso que el resto de los frutos tratados, los demás tratamientos no tuvieron efectos significativos en los frutos, ya que los valores del índice de saturación son similares al del tratamiento testigo (figura 79).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

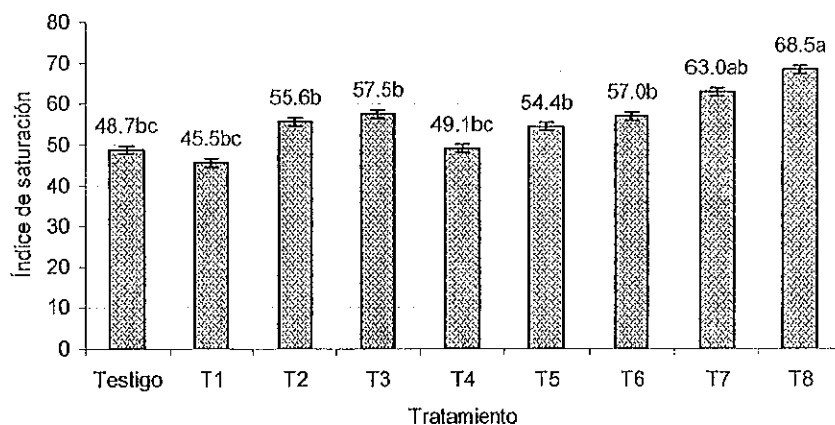
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 79. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Amarillo 2289

El tratamiento 8 generó que los frutos fuesen de un color naranja intenso, entre el resto de los tratamientos no hubo diferencias significativas en la intensidad del color, presentaron valores similares al testigo (figura 80)..



Test = testigo

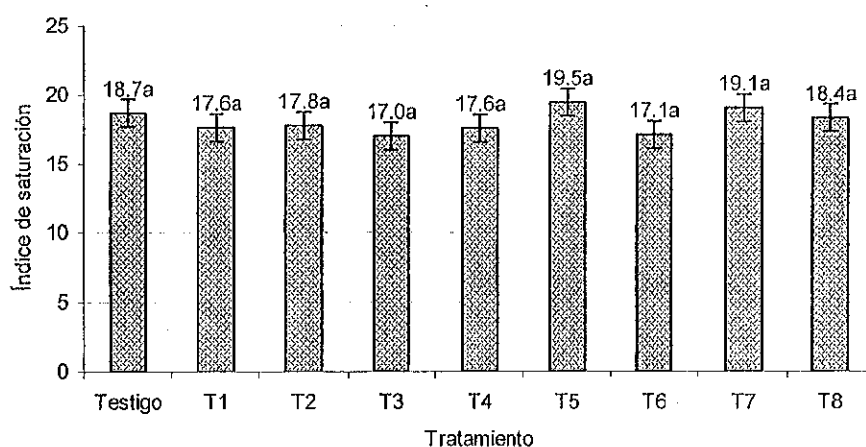
T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel
T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel
T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 80. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Índice de saturación en cáscara de tuna de la variedad Rojo Vigor

En los frutos de esta variedad no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, es decir todos los frutos tratados presentaron la misma intensidad de color rojo, se puede decir que ningún tratamiento afectó significativamente esta variable (figura 81).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

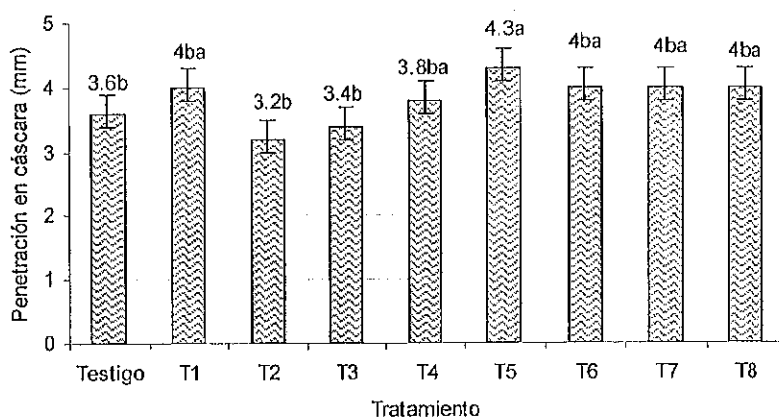
T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 81. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre el tono en cáscara de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.9.4 Análisis del efecto por tratamientos sobre la firmeza en cáscara

Variedad Solferino

El tratamiento 5 causó mayor ablandamiento de la cáscara de la tuna de la variedad Solferino con respecto al testigo. Los tratamientos 2 y 3 no afectaron esta variable (figura 82).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

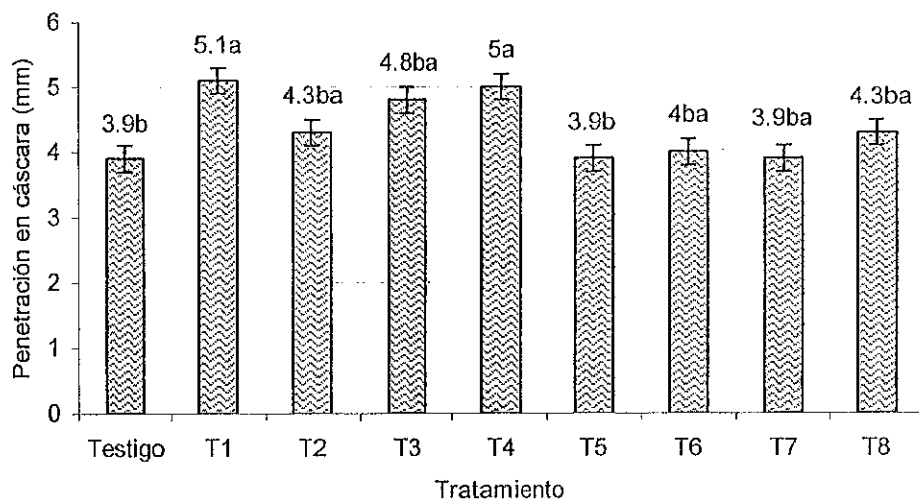
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 82. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Variedad Rojo 3589

En esta variedad los tratamientos 1 y 4 causaron mayor ablandamiento en cáscara que el testigo (figura 83).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

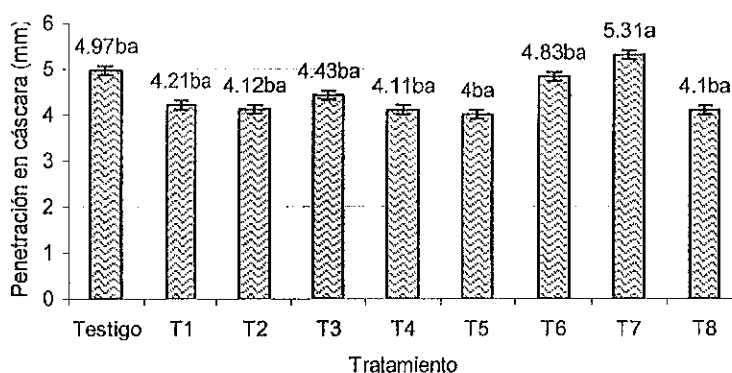
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 83. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

Variedad Amarillo 2289 y Rojo Vigor

Ninguno de los tratamientos afecto de manera significativa la firmeza de los frutos de estas dos variedades, en general los frutos de la variedad Amarillo 2289 fueron mas blandos que los de la variedad Rojo vigor tal como se puede observar en las figuras 84 y 85 al comparar los mm de penetración en cáscara.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

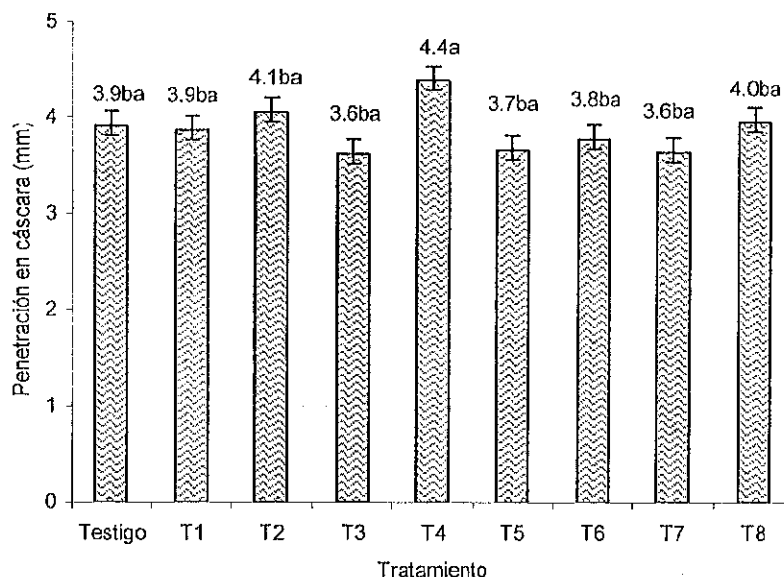
T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 84. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

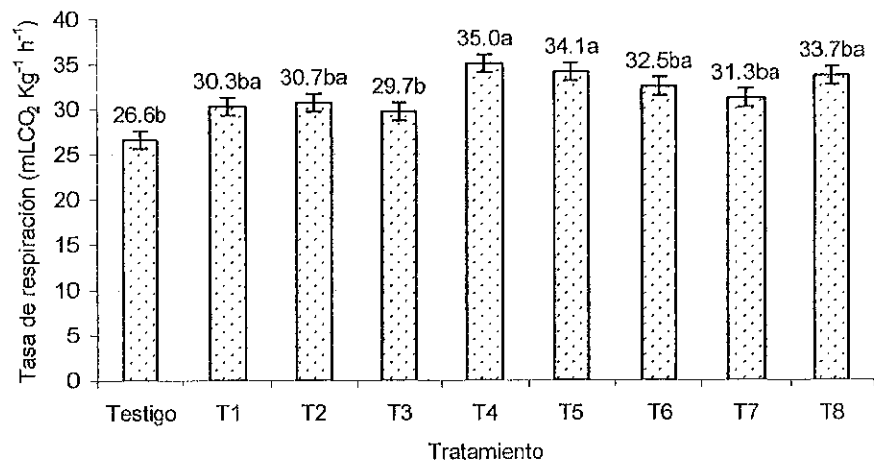
T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 85. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo Vigor almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

4.9.5 Análisis del efecto por tratamientos sobre Respiración.

La respiración aumentó ligeramente con el paso de los días; sin embargo, este incremento es pequeño en las 4 variedades (ver figura 86, 87, 88 y 89). En la variedad Solferino los tratamientos 4 y 5 tuvieron una tasa de respiración significativamente mayor a la de el tratamiento 2 y del tratamiento testigo. Entre el resto de los frutos tratados se encontraron diferencias significativas.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

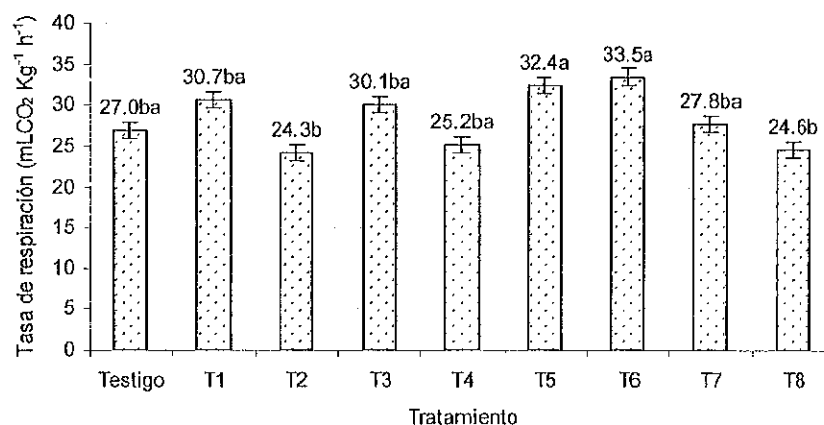
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 86. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Solferino almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

En la variedad Rojo 3589 los frutos de los tratamientos 5 y 6 tuvieron una tasa de respiración significativamente mayor a la de los frutos de los tratamientos 2 y 8. Con el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas (figura 93).



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

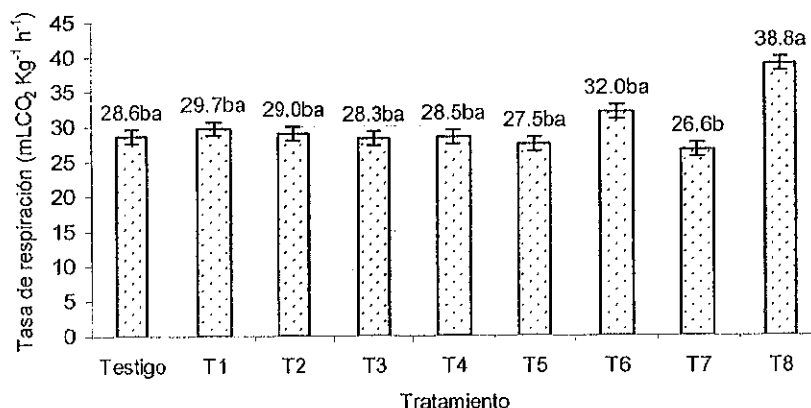
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 87. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

En la variedad Amarillo 2289 el tratamiento 7 tuvo una tasa de respiración significativamente menor a la del tratamiento 8, pero no existe diferencia con el resto de los tratamientos. En este caso quizás los frutos tratados con más concentración de ethrel provocó el aumento de la producción de CO₂.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

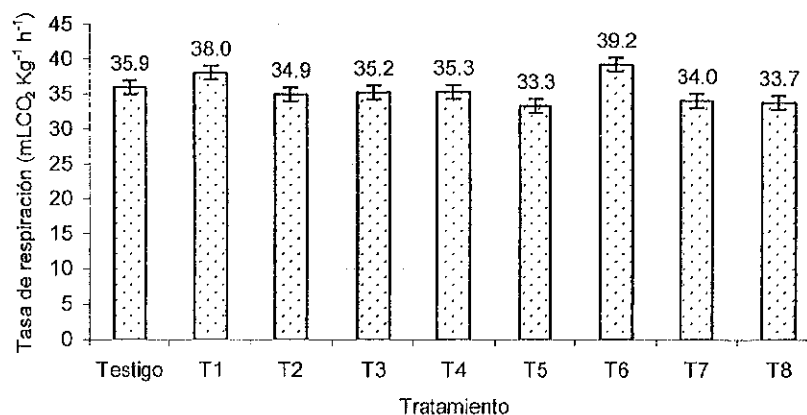
T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 88. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Amarillo 2289 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

No se encontraron diferencias significativas en la tasa de respiración de los frutos de la variedad Rojo Vigor como efecto de los tratamientos aplicados.



Test = testigo

T1=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T2=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T3=4 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T4=6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

T5=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 700 ppm ethrel

T6=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel

T7=4 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 4 de 900 ppm ethrel

T8=6 aplicaciones de 100 ppm AG₃ y 6 de 900 ppm ethrel

Figura 89. Efectos de diferentes condiciones de aplicación de AG₃ y ethrel sobre la penetración en cáscara (firmeza) de frutos de tuna de la variedad Rojo 3589 almacenados durante 10 días bajo condiciones ambientales (22 °C y HR 60%). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey; $\alpha=0.05$).

En el experimento se aplicó ethrel sobre los frutos de tuna, el cual estimula la formación de etileno, lo que probablemente alteró la respiración de los frutos, quizás por esta razón los frutos de la variedad Solferino y algunos frutos de diferentes tratamientos en las otras variedades estudiadas tienden a producir más CO₂ que los frutos de su respectivo tratamiento testigo.

IV. DISCUSIÓN

Caída de gloquidios

De las cuatro variedades estudiadas, la mejor respuesta, es decir, el menor número promedio de gloquidios presentes por areola (1 gloquidio) después del efecto mecánico de la cosecha se registró en la variedad (Solferino) con el tratamiento 2(6 aplicaciones de 50 ppm AG₃ y 6 de 700 ppm ethrel).

El tratamiento que promueve en mayor proporción la remoción de gloquidios en frutos de tuna tanto antes como después de la cosecha para cualquiera de las variedades estudiadas fue el 5 (4 aplicaciones de 100 ppm de AG₃ y 4 de 700 ppm de ethrel), el cual presenta una caída promedio de 97 %.

En la primer etapa del experimento se aplicó el ácido giberélico (AG₃) para promover el crecimiento de los gloquidios además de este efecto Corrales-García y González-Martínez (2001) reportan que la adición de AG₃ + ethephon causa un incremento significativo en el tamaño (mas del 100%), lo anterior es importante en esta investigación ya que gracias al incremento del tamaño de los gloquidios ocasionado por las giberelinas cuya función principal es incrementar la división y elongación celular (Salisbury 1994), algunos gloquidios pueden ser removidos por la acción del viento; como se dijo anteriormente estas estimulan la elongación de tallos, pero no va

acompañado de lignificación y los tallos (en este caso los gloquidios) son bastante débiles, a esto se suma la aplicación de Ethrel que se ha comprobado que promueve la senescencia y abscisión de hojas, que en este caso provoca el mismo efecto en los gloquidios de las frutos de tuna, lo cual favorece su remoción (Jankiewicz, 2003).

Forma

El tamaño final del fruto depende entre otros factores, del número de semillas fecundadas y abortivas (Pimienta, 1990, Barbera *et al.*, 1994). El tamaño y forma del fruto son características importantes al momento del corte para los diferentes mercados, ya que deben cumplirse con ciertas normas por esta razón deben crearse índices para cada especie y variedad (Calderón, 1977). En los frutos tratados se observó que en las variedades Solferino, Rojo 3589 y amarillo 2289 no hubo diferencia en la forma del fruto con respecto al testigo; sin embargo, los frutos de tuna de la variedad Rojo vigor tuvieron una forma mas redonda que los frutos del testigo de esa misma variedad.

Peso del fruto

Los frutos de menor tamaño que los del tratamiento testigo, fue ocasionado por la aplicación de los RCH, se puede atribuir a una biosíntesis incompleta de GAs, o a insensibilidad a este regulador, en este caso al AG₃ que se aplicó externamente; tal como lo menciona Jankiewicz (2003). Este mismo autor menciona que el nivel elevado de AGs favorece el alargamiento de estolones, pero un crecimiento adecuado ocurre

solo con la participación de AIA (baja concentración), es decir debe haber un equilibrio hormonal.

Pulpa, cáscara y semilla

Los frutos tratados con AG₃ y ethrel ocasionaron el desarrollo de semillas abortivas o bien no permitieron el desarrollo normal de estas, pues el AG₃ al ser proporcionado de manera externa, promovió el desarrollo de semillas vanas o abortivas, ya que suplió la función de las semillas, que de manera natural sintetizan las AGs. Por otro lado se ha comprobado que las aplicaciones de AG₃ sobre frutos de tuna ocasiona el crecimiento de frutos con cáscara gruesa (Ortiz, 1988 y Jankiewicz 2003), y por lo tanto disminuye la proporción que corresponde a la pulpa del fruto. Tal como ocurrió con algunos frutos de tuna de las variedades estudiadas.

Calidad después de 10 días

Color

En general se puede decir que los tratamientos no afectaron el ángulo de tono e índice de saturación de la cáscara de los frutos de tuna de las 4 variedades estudiadas en comparación con sus respectivos testigos, los valores de ambas variables se mantuvieron constantes durante los 10 días de almacenamiento. Por otro lado el tiempo de almacenamiento fue corto, lo que probablemente no dio lugar a que dichos cambios se dieran, pues de acuerdo a estudios realizados anteriormente, como el de Corrales-García *et al* (2003) encontraron que en frutos refrigerados por 20 días y tratados con ácido

giberélico y ácido fosfónico tienden a disminuir sus valores de Hue (tono) es decir las tunas fueron más rojas, pero el índice de saturación también disminuyó mostrando frutos con un color menos intenso. Por otro lado Martínez-Soto *et al.* (1997) evaluaron la vida de anaquel en tuna empacada en cajas de cartón almacenada a diferentes temperaturas durante 60 días, encontraron que al paso del tiempo en los frutos pierden ligeramente su color en la superficie.

Firmeza

Martínez-Soto *et al.* (1997) Encontraron que frutos de tuna almacenados durante 60 días no se vieron afectados por el tiempo y la temperatura de almacenamiento. En otro estudio este mismo autor reporta que la firmeza de los frutos no se ven afectada durante los primeros 30 días. Así que el tiempo por el que fueron almacenados los frutos tratados con RCH de las 4 variedades estudiadas fue corto para observar cambios en su firmeza, pues hay que recordar que aunque la firmeza de un fruto disminuye conforme aumenta la maduración del mismo (Calderón 1977), la firmeza de la tuna presenta menores cambios en poscosecha a diferencia de otros frutos (Trucker, 1993).

V. CONCLUSIONES

La variedad que presento mayor porcentaje de caída de gloquidios antes de la cosecha fue la Amarillo 2289 (82%), y la que presentó menor porcentaje de caída fue la Solferino (70%). Después de la cosecha la variedad Rojo Vigor mostró el menor porcentaje de caída (92 %).

Cada variedad responde de manera diferente a los tratamientos realizados, en general 50 ppm de AG₃ ocasiono mayor porcentaje promedio de caída de gloquidios antes de la cosecha que 100 ppm, en cualquiera de las variedades. La concentración de ethrel que ocasionó mayor porcentaje de caída de gloquidios antes de la cosecha fue 700ppm, en cualquiera de las variedades estudiadas. Después de la cosecha cualquiera de los tratamientos ocasionó un porcentaje similar de caída de gloquidios en las cuatro variedades estudiadas.

En general no hubo diferencia en el porcentaje de caída de gloquidios ocasionado por haber realizado 4 o 6 aplicaciones. Solo en la variedad Rojo Vigor fue evidente que 4 aplicaciones ocasiono mayor porcentaje de caída de aguates que 6.

La calidad de los frutos no fue afectada de manera negativa por los RCH (AG₃ y ethrel), incluso aumentan la concentración de sólidos solubles totales.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar B. G. 1980. Efecto de varios reguladores del crecimiento en nopal tunero (*Opuntia amyclaea*). Trabajo de tesis profesional en fitotecnia, Universidad Autonoma Chapino. Texcoco, México.

Aguilar B. G. 1987. Efecto de la Aplicación del ácido Giberelico (AG3) y la Urea en Fruto de nopal (*Opuntia amyclaea*). Trabajo de tesis, maestría en fruticultura, Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.

Alvarado S. L. 1978. Fisiología y bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyclaea* T) tesis de maestria, colegio de postgraduados, chapingo, Mexico, 73 pp.

Arzate F, A M. 2001. Fisiología vegetal. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca Estado de México. pp 9,61.

Barbera G, Inglese, La Mantia T. 1994. influence of seed content on some characteristics of the fruit of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) Sci. Hort. 58:161-165 pp

Borrego E. F. 1985. El Nopal. Universidad Antonio Narro.

Bravo, H. 1978, Las Cactaceas de México 2da ed. Vol. 1 Universidad Nacional Autónoma de México. 743 pp.

Calderon, A.E.1977. Fruticultura General. Primera parte. ECA. México, D.F. 759 p.

Cantwell M., 1995. Post-harvest management of fruit and vegetables stems. In: Barbera, G., Inglese, P., Pimienta-Barrios, E. (Eds), Agro-ecology, cultivation and Uses of cactus Pear. FAO, Rome, pp.120-136 Plant Production and protection paper No. 132.

Cantwell, M. 1991. Quality and postharvest physiology of "nopalitos" and "tunas". Proc. Second annual Texas Prickly Pear Conference, Texas Prickly Pear Council, Mc Allen, Texas. 50-66.

Cantwell-Marita. 2003, Prickly Pear. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.

Claridades Agropecuarias ASERCA. 1999. La tuna; base del desarrollo de culturas mesoamericanas.. México, D.F. 44 p.

Claypool L. L. Kefeefer. 1942. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. Proc. Amer.Soc. Hort. Sci. 40: 177-186 pp.

Corrales G. J. (2003). Fisiología y tecnología poscosecha de la tuna y el nopalito. Nopalitos y tunas (117-151) (primera edición). Chapingo México: Universidad Autónoma Chapingo CIESTAAM-Programa Nopal.

Corrales G. J. y Flores V. C. 2003. Nopalitos y tunas. Producción, poscosecha, industrialización y comercialización. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM-Programa Nopal. pp 225

Corrales G., J. 2000. Fisiología y tecnología poscosecha del fruto de tuna y del nopal verdura. Universidad Autónoma Chapingo. Informe de Investigación 54. CIESTAAM. Chapingo, México. pp. 7-19

Corrales-García J., González-Martínez P. (2001). Effect of giberellic acid and (chloroethane) phosphonic acid on glochid abscission in cactus pear fruit (*Opuntia amyclaea* T.). Postharvest Biology and Tecnology, 22, 151-157.

Corrales-García J. Franco M. F y Rodríguez C. J. 2006. Fruit characterization of Twenty Cactus Pear (*Opuntia spp.*) Accessions I. Physical and Chemical Characteristics at harvest. Acta Hort.728. 199-203

Corrales-García J. Franco M. F y Rodríguez C. J. 2006. Fruit characterization of Twenty Cactus Pear (*Opuntia spp.*) II. Changes in Post-harvest. Acta Hort.728.205-209

Corrales-García J., Hernández Silva J. (2005), Cambios en la calida poscosecha de variedades de tuna con y sin semilla. Revista Fitotecnia Mexicana, 28, 1, 9-16.

Dawson R.M.C, Elliott D.C, Elliot W. H. Jones K.M. 1972. Data for Biological Research. 2th edition. Oxford. Pp 489

Domínguez T.,J. 1992 efecto de la incidencia de daños por frío sobre la fisiología y calidad de frutos de tuna (*Opuntia Amyclaea* T) Tesis de Maestria. Colegio de Postgraduados, Montesillos, México. 78 pp.

Esparza F., Esparza G., Macías F.J. y Méndez G.S.J. 2006. Effect of Etephon on ripening of cactus Pear Fruits. Acta Hort.728. 165-168.

Flores V. C. (2003). Producción y comercialización de la tuna. . Nopalitos y tunas (39-116) (primera edición). Chapingo México: Universidad Autónoma Chapingo CIESTAAM-Programa Nopal.

Franco-Moreno, F. y Rodríguez-Campos, J. 1997. Comportamiento Fisiológico de diferentes variedades de tuna. Tesis Profesional. Dpto. de Ingeniería Agroindustrial. UACH. Chapingo, México. 89 pp.

- Geydan T. D. Y Melgarejo L.M. 2005. Metabolismo ácido de las crasuláceas Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Acta Biológica Colombiana, Vol. 10 No. 2. pp 3-15
- Gómez L., M. A. 1991. Introducción a la Biología Molecular e Ingeniería Genética de Plantas. Capítulo 7. Primera edición. Celaya, Guanajuato, México. pp. 119-130.
- González G. R. Morales, O.T. Olivares S.E, Aranda R.J. Gallegos V.C. 2001. conservación de una variedad de tuna (Burrona), bajo diferentes manejos poscosecha. UANL. Vol 4. 003. pp 322-329.
- González L. J. J, Fuentes R J M, s Rodríguez G.A.1997. Prickly Pear Fruit Industrialization (*Opuntia streptacantha*) Departamento de Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- González M. P. 1998. Desahuatado de tuna en precosecha (*Opuntia amyclaea*). Tesis de licenciatura. Departamento de Industrias Agrícolas. UACH.
- Irish Mary 2001, The Ornamental Prickly Pear Industry In The Southwestern United States Florida Entomologist 84(4)
- Jankiewicz S.L..2003 Reguladores del crecimiento, desarrollo y Resistencia en Plantas. Editorial Mundi prensa. Universidad Autónoma Chapando. México
- Lough T. J. y Lucas W. J., 2006. Integrative plant Biology: Role of floem long-distance macromolecular Trafficking. Annu. Rev. Plant Biol. 57:203-232 pp.
- Martínez -Soto, G. Fernández-Montes, M.R. y Cabrera-Sixto, J.M.1997. Evaluación de la vida de anaquel de tuna (*Opuntia Ficus-indica*). Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México.
- Martínez -Soto, G. Fernández-Montes, M.R.; Razo-Lazcano S. V. y Montalvo Linares, L.A. 1997 b. Efecto del Tiabendazol y el tratamiento Térmico sobre las característica de calidad de la Tuna durante su almacenamiento. Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México.
- Morales C. M. y López V. R. S. 1995. Efecto del ethrel en el desahuatado de tuna (*Opuntia spp*) y almacenamiento en atmósfera controlada. Tesis de licenciatura. Departamento de Industrias Agrícolas. UACH.
- Mushietti 2005.en línea recuperado el 27 de marzo de 2009 disponible en : http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/etileno.htm

Napier Richard 2004. Plant Hormone Binding Sites, Crop Improvement And Biotechnology, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, Uk, Pp 227-233.

NMX-FF-030-SCFI-2006 Productos alimenticios no industrializados para uso humano - fruta fresca - tuna (*Opuntia* spp.) especificaciones

Ortiz H. Y D. 1988. Efecto del ácido giberelico y auxinas en el fruto de nopal tunero (*Opuntia amyclaea* T). Trabajo de tesis, maestría en fruticultura, Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.

Pantástico E.B. y Matto, A.K. Murata, T y Ogata K. 1979. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas. Ed. Continental. México. PC-046-2005 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en tuna. SAGARPA-BANCOMEX.

Barreiro Pilar 2005. Instrumentación De La Calidad En Frutas Y Hortalizas Frescas, Dpto. Ingeniería Rural. ETSI. Madrid, España

Pimienta B.E. y Egleman M.E. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóbulo maduro de tuna (*Opuntia ficus indica* L.). Agrociencia 62:51-56 pp.

Pimienta B.E. 1990. El Nopal Tunero. Universidad de Guadalajara Dpto. de Investigación Científica y Superación Académica, Grafica nueva. Guadalajara Jal. México. pp 237.

Pratt H.K., DB Mendoza. 1979. Colorimetric determination of carbon dioxide for respiration studies. Hort Science. 14(2):175-176.

Reid M.S./Davis P.J. 1995. ethylene in plant growth, development y senescence. Plant Hormone. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 486-508

Rodríguez G. C. M. 1990. Reguladores del crecimiento: efecto de la aspirina y giberelina en *Opuntia amyclaea*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Salisbury F. y Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo editorial Iberoamerica. México, DF. Pp 395-452

Schildknecht, H. 1983. Turgorins, hormones of the endogeneous daily rhythms of higher organized plant-detection, isolation, structure, synthesis, and activity. Angew. Chem.int.Ed engl 22:695-710.

SIAP-SAGARPA. 2001 Septiembre. Análisis agropecuario de la tuna. [en línea]. SIAP, México. Recuperado el 7 de septiembre de 2006, de <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/antuna.html>.

Sponsel Valerie M /Davis P.J. 1995. The biosíntesis and Metabolismo f Gibberellins in higher Plants. Plant Hormone. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 66-97

Picton S., Grey J.E y Grierson D. /Davis P.J. 1995. Ethylene genes and fruit Ripening. Plant Hormone. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 372-394 pp

Suárez E. C. y Colinas L. M. T. 1997. Efecto de ethrel sobre el desarrollo de tuna *Opuntia Amyclaea* T.. En: A. R. E. Vázquez: V. C. Gallegos; H. N. E.

Taiz L. and Zeiger E. 2002. Plant Physiology. 3º Edic. Sinaver Associates. Inc. Publisher, Sunderland, Massachusetts.

Terrazas Salgado Teresa and Mauseth James D./Novel P.S. 2002. Shoot anatomy and morphology. Cacti Biology and Uses. University of California.Los Angeles. Pp 23-38.

Tucker, G.A. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Chapman y Hall. London.

Weaver R. J. 1984. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. 3era Reim. Trillas. México.

Weiss J. A. Nerd y Mirzrahi (1993). Vegetative parthenocarpy in the cactus pear *Opuntia ficus-incica* (L). Ann. Bot. pp 72: 521-526.

Zaid, A., HG. Hughes, E. Porceddu, y E. Nicolas. 1999, Glossary of Biotechnology and genetic engineering. FAO, Research and technology paper 7. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.