



*Universidad Nacional del Litoral*  
*Facultad de Ciencias Agrarias*

**Efecto de la tasa de crecimiento y del tamaño del fruto sobre la aparición de “*Blotchy Ripening*” en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

**Tesis sometida a consideración por la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral como requisito parcial para optar por el grado de:**

***Magister Scientiae* en Cultivos Intensivos**

**Tesista:**

**Ing. Agr. Roberto Matías Pacheco**

**Director: Ing. Agr. Rubén Pilatti (MSc)**

**Director Maestría en Cultivos Intensivos**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Universidad Nacional del Litoral – Argentina**

**Co-Director: Ing. Agr. Antonio Ishikawa**

**Manejo de Cultivos Hortícolas**

**EEA INTA Bella Vista, Corrientes**

**Esperanza, Abril de 2011.**

*“...la ciencia se ocupa de la verificabilidad, no se  
ocupa de la verdad definitiva*

*V. B. Wigglesworth*

*“...todas nuestras observaciones, debido a la imperfección  
de los instrumentos y los sentidos,  
no son más que aproximaciones de la verdad...”*

*Gauss*

*A María... por su amor y su apoyo*

*A María Victoria... la luz de mis ojos*

*A mis padres... por estar siempre conmigo...*

*por su apoyo y confianza*

*A mis hermanos*

## **AGRADECIMIENTOS**

Nombrar a todas las personas que ayudaron a la confección de este trabajo, no se limita solo al agradecimiento, sino al reconocimiento de su calidad como profesionales, como personas y como amigos.

A Rubén Pilatti y Antonio Ishikawa, primero y principal porque creyeron en mi. Por sus aportes como profesionales, como investigadores y como amigos. Por su aporte de ideas y trabajo. Por ser guías en mi formación como investigador.

Al grupo de trabajo de las Cátedra de Morfología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, Abelardo Vegetti, Gabriel Céccoli y Juan Manuel Acosta, por su aporte en el análisis anatómico e histológico de las muestras vegetales.

A los Ing. Freyre, Bouchet y Schapschuk, que diseñaron y construyeron los dendrómetros utilizados en este trabajo.

A los docentes integrantes de la Maestría en Cultivos Intensivos: Norberto Gariglio, Carlos Bouzo, Juan Carlos Favaro, por sus aportes y su disposición para brindarme el apoyo e información necesaria para completar mi trabajo.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por el apoyo financiero brindado.

Al Director de la EEA INTA Bella Vista, Mario P. Lenscak, por su disposición y apoyo, y permitirme disponer del tiempo para la realización de este trabajo.

A todos los auxiliares de campo que me ayudaron en la cosecha y tipificación de frutos, Pablo Báez, Víctor Rodríguez, Martín Correa, Armando Ojeda, Mario Benitez y Mario Almirón.

A todo el grupo de trabajo del Sector de Hortalizas de la EEA INTA Bella Vista, Verónica Obregón, Rodrigo Verón, Pablo Gauna, María del H. Colombo, Sara Cáceres y Alcides Aguirre, por su apoyo y consejos para la realización de este trabajo.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Crecimiento y desarrollo.....	4
1.1.1 Distribución de MS en la planta.....	4
1.1.2 Relación fuente destino.....	6
1.1.3 Tamaño potencial del fruto.....	8
1.1.3.1 Efecto del número de semillas.....	10
1.1.3.2 Efectos de las condiciones de crecimiento en la partición.....	11
1.1.3.3 Densidad de plantación.....	12
1.1.3.4 Raleo.....	13
1.1.3.5 Deshojado.....	15
1.1.3.6 Factores ambientales.....	16
1.2 Desarrollo, maduración y calidad del fruto.....	17
1.2.1 Fisiología de la formación del fruto.....	18
1.2.1.1 Desarrollo.....	18
1.2.1.1.1 Técnicas para medir el crecimiento del fruto .....	20
1.2.1.1.1.1 Dendrometría.....	20
1.2.1.1.1.2 Análisis de crecimiento vegetal.....	22

1.2.1.2 Maduración.....	25
1.2.1.3 Senescencia.....	27
1.2.2 Pigmentación de los frutos.....	28
1.2.2.1 Principales pigmentos.....	28
1.2.2.1.1 Clorofilas.....	28
1.2.2.1.2 Carotenoides.....	29
1.2.2.1.3 Antocianinas.....	31
1.2.2.2 Factores que afectan la síntesis de pigmentos en frutos de tomate.....	32
1.2.2.2.1 Luz.....	32
1.2.2.2.2 Temperatura.....	33
1.2.2.2.3 Hormonas.....	34
1.2.3 Calidad del fruto de tomate.....	35
1.2.3.1 Atributos de calidad.....	35
1.2.3.1.1 Color.....	35
1.2.3.1.2 Textura y firmeza.....	36
1.2.3.1.3 Materia seca del fruto.....	36
1.2.3.1.4 Propiedades organolépticas.....	38
1.2.3.1.5 Propiedades nutracéuticas.....	39
1.2.3.2 Factores ambientales que afectan la calidad del fruto de tomate.....	41
1.2.3.2.1 Efecto de la intensidad de luz.....	41
1.2.3.2.2 Efecto de la temperatura.....	42
1.2.3.2.3 Efecto de la Humedad Relativa del aire (HR).....	44
1.2.3.2.4 Efecto de la nutrición mineral.....	45
1.2.3.2.4.1 Nitrógeno.....	45
1.2.3.2.4.2 Calcio.....	45

---

1.2.3.2.4.3 Potasio.....	47
1.2.3.2.4.4 Sodio.....	48
1.2.3.2.4.5 Boro.....	48
1.2.3.2.4.6 Magnesio.....	49
1.2.3.2.4.7 Salinidad.....	49
1.3 Desordenes fisiológicos en tomate.....	49
1.3.1 Rajado de frutos.....	50
1.3.2 Podredumbre apical de los frutos.....	52
1.3.3 “Gold Spots” o “Gold Specks”.....	56
1.3.4 Fruto acuoso.....	57
1.3.5. Síndrome de la hoja corta.....	57
1.3.6 “Blotchy ripening”.....	60
1.3.6.1 Importancia.....	62
1.3.6.2 Síntomas.....	63
1.3.6.3 Factores predisponentes.....	66
1.3.6.4 Sensibilidad varietal.....	66
1.3.6.5 Efecto de la fertilización Potásica.....	67
1.3.6.6 Control.....	68
<b>2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS.....</b>	<b>69</b>
2.1. Hipótesis y Objetivo general.....	70
2.2. Hipótesis y Objetivos Específicos.....	70
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>71</b>
3.1. Localización de los ensayos.....	72
3.2. Labores culturales y establecimiento del cultivo.....	74
3.2.1 Año 2008.....	74

---

3.2.2 Año 2009.....	76
3.3. Diseño experimental.....	76
3.4. Experimentos realizados.....	77
3.4.1. Determinación del efecto de las practicas agronómicas sobre el tamaño final del fruto y su efecto sobre el grado de aparición del desorden.....	77
3.4.1.1 Evaluación del crecimiento mediante el uso de dendrometría 2008-2009.....	77
3.4.1.2. Evaluación utilizando la metodología de análisis de crecimiento vegetal 2009.....	80
3.4.2. Descripción del desorden <i>blotchy ripening</i> en función del tiempo y a lo largo de la planta 2008-2009.....	81
3.4.3. Efecto del rendimiento final y el tamaño del fruto sobre el grado de aparición del desorden <i>blotchy ripening</i> 2008-2009.....	82
3.4.4. Descripción histológica y anatómica del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	83
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>86</b>
4.1. Evaluación del crecimiento del fruto y su relación con aparición del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	87
4.1.1. Evaluación del crecimiento mediante el uso de dendrometría.....	87
4.1.2. Evaluación del crecimiento utilizando la metodología de análisis de crecimiento vegetal.....	90
4.2. Descripción del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	94
4.2.1. Comportamiento semana a semana.....	94
4.2.1.1 Evolución del rendimiento total.....	94
4.2.1.2 Evolución del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	98
4.2.2. Comportamiento del desorden a lo largo de planta.....	102
4.3. Evaluación del efecto de la densidad y raleo de frutos sobre el rendimiento del cultivo de tomate y grado de aparición del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	107

4.3.1. Rendimiento total de frutos, rendimiento total de frutos comerciales y rendimiento total de frutos con el desorden.....	107
4.3.2. Rendimiento comercial y total de frutos y rendimiento de frutos con blotchy ripening según categoría.....	108
4.3.3. Porcentaje total de frutos con el desorden.....	111
4.3.4. Efecto del tamaño del fruto sobre el porcentaje de frutos con <i>blotchy ripening</i> .....	112
4.3.5. Peso medio de los frutos comerciales y con el desorden, total y por categorías.....	115
4.4. Descripción histológica y anatómica del desorden <i>blotchy ripening</i> .....	119
4.4.1. Comparación presencia/ausencia de <i>blotchy ripening</i> .....	119
4.4.2. Análisis del efecto del tratamiento y presencia o no del desorden sobre el tejido vascular.....	120
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>123</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>
<b>7. ANEXO.....</b>	<b>138</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1: Componentes de la materia seca y fresca en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	37
Cuadro 3.1: Resumen de aptitud y datos analíticos del suelo.....	73
Cuadro 3.2: Análisis químico del suelo, enero 2008.....	73
Cuadro 4.1: Número medio de frutos por parcela y tratamiento. Experiencia 2008.....	107
Cuadro 4.2: Número medio de frutos por parcela y tratamiento. Experiencia 2009.....	108
Cuadro 4.3: Número medio total de frutos por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2008.....	109
Cuadro 4.4: Número medio de frutos con BR por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2008...	109
Cuadro 4.5: Número medio total de frutos por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2009.....	110
Cuadro 4.6: Número medio de frutos con BR por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2009...	110
Cuadro 4.7: Porcentaje total de frutos comerciales y con BR por parcela y tratamiento. Experiencia 2008.....	111
Cuadro 4.8: Porcentaje total de frutos comerciales y con BR por parcela y tratamiento. Experiencia 2009.....	111
Cuadro 4.9: Porcentaje total de frutos con BR por parcela y categoría, expresado como la cantidad de frutos con el desorden de una categoría en relación al total de frutos de esa misma categoría. Experiencia 2008.....	112
Cuadro 4.10: Porcentaje total de frutos con BR por parcela y categoría, expresado como la cantidad de frutos con el desorden de una categoría en relación al total de frutos de esa misma categoría. Experiencia 2009.....	114
Cuadro 4.11: Peso medio de los frutos por parcela, expresado en gramos. Experiencia 2008.....	115
Cuadro 4.12: Peso medio total de los frutos por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.....	117
Cuadro 4.13: Peso medio de los frutos con el desorden por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.....	117

Cuadro 4.14: Peso medio de los frutos por parcela, expresado en gramos. Experiencia 2009. ....117

Cuadro 4.15: Peso medio total de los frutos por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2009.....119

Cuadro 4.16: Peso medio de los frutos con el desorden por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.....119

Cuadro 4.17: Área de vasos, diámetro de vasos y área de haces vasculares de tejido con y sin *blotchy ripening* (BR). Experiencia 2008.....120

Cuadro 4.18: Área de vasos, diámetro de vasos y área de haces vasculares de tejido según tratamiento y presencia o ausencia de *blotchy ripening* (BR). Experiencia 2008..... 120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: <i>Blotchy ripening</i> en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.). a y b) manchado externo e interno; c y d) áreas necrosadas asociadas al tejido vascular. ....	2
Figura 1.2: Diferentes tipos de dendrómetros.....	22
Figura 1.3: Rajado de fruto en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.). a y b) rajado leve; c y d) rajado severo. ....	50
Figura 1.4: Podredumbre apical de los frutos en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.). Diferentes niveles de severidad.....	53
Figura 1.5: Gold spots o gold specks en fruto de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	56
Figura 1.6: Síndrome de la hoja corta en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	58
Figura 1.7: Desordenes de maduración en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.). a y b) <i>blotchy ripening</i> externo c y d) <i>blotchy ripening</i> interno; e) <i>gray wall</i> ; f) <i>yellow shoulder</i> .....	61
Figura 1.8: <i>Blotchy ripening</i> en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) para consumo en fresco.....	62
Figura 1.9: <i>Blotchy ripening</i> en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) para industria. a y b) fruto pelado exhibiendo el desorden; c y d) descarte por falta de pigmentación; e y f) piel del fruto exhibiendo falta de coloración.....	63
Figura 1.10: Áreas necrosadas asociadas al tejido vascular. a, b y c) necrosis en fruto en diferentes estados de madurez; d, e y f) diferentes grados de necrosis.....	64
Figura 3.1: Invernadero tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital usado en el ensayo experimental.....	72
Figura 3.2: Solarización de invernadero previo al ensayo.....	74
Figura 3.3: Plano ensayo experimental. Con colores blanco, celeste y amarillo se representan los bloques, la numeración de 1 a 4 dentro de cada uno constituyen las parcelas experimentales.....	75
Figura 3.4: Dendrómetros. a) y b) interfaz de adquisición de datos y casilla; c y d) bastidores de bronce que soportan al sensor electrónico; e y f) sensores en funcionamiento.....	78
Figura 3.5: Calibres caseros utilizados para la tipificación de los frutos.....	82

---

Figura 3.6: Instrumental de laboratorio. a) tubos con muestras de tejido; b) frascos de deshidratación del material (etanol-xilol-parafina); c) micrótopo de rotación y d) microscopio.....	84
Figura 4.1: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del crecimiento del fruto (en diámetro) en diferentes racimos. Experiencia 2008.....	88
Figura 4.2: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del crecimiento del fruto (en diámetro) en diferentes racimos. Experiencia 2009. ....	89
Figura 4.3: Efecto del Tratamiento sobre los cambios de (a) peso fresco del fruto, (b) peso seco del fruto y (c) proporción de materia seca del fruto (porcentaje de peso fresco). Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.....	90
Figura 4.4: Efecto del Tratamiento sobre la Tasa de crecimiento relativo (TCR) en frutos de tomate, estimada por el método Funcional. Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.....	92
Figura 4.5: Efecto del Tratamiento sobre la Tasa de crecimiento absoluto (TCA) de frutos de tomate, estimada por el método Funcional. Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.....	93
Figura 4.6: Efecto del Tratamiento sobre el rendimiento acumulado en gramos de frutos totales por parcela en función de la semana calendario. Experiencia 2008.....	95
Figura 4.7: Temperatura mínima media semanal, media semanal y máxima media semanal en casilla meteorológica entre las semanas 23 y 40. Datos observatorio agrometeorológico EEA INTA Bella Vista. Año 2008.....	95
Figura 4.8: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos totales por parcela en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	96
Figura 4.9: Efecto del Tratamiento sobre el rendimiento acumulado en gramos de frutos totales por parcela en función de la semana calendario. Experiencia 2009.....	97
Figura 4.10: Temperatura mínima media semanal, media semanal y máxima media semanal en casilla meteorológica entre las semanas 19 y 37. Datos observatorio agrometeorológico EEA INTA Bella Vista. Año 2009.....	97

Figura 4.11: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos totales por planta en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.....	98
Figura 4.12: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos comerciales y con BR por parcela en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	99
Figura 4.13: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de aparición del desorden BR en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	100
Figura 4.14: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos comerciales y con BR por planta en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.....	101
Figura 4.15: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de aparición del desorden BR en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.....	101
Figura 4.16: Efecto del Tratamiento sobre el número total de frutos (comerciales+BR) por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	102
Figura 4.17: Efecto del Tratamiento sobre la curva de distribución total de frutos (comerciales+BR) por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	103
Figura 4.18: Efecto del Tratamiento sobre el número de frutos con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	104
Figura 4.19: Efecto del Tratamiento sobre el número de frutos comerciales y con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	104
Figura 4.20: Efecto del Tratamiento sobre la curva de distribución de frutos con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....	105
Figura 4.21: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de distribución de frutos con BR por racimo, expresado como el número de frutos con BR en relación al total de frutos: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008. ....	106

Figura 4.22: Efecto del Tratamiento sobre el porcentaje de frutos con BR por categoría (cantidad de frutos con BR en relación al total de frutos de cada categoría). a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad; d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.....113

Figura 4.23: Efecto del Tratamiento sobre el porcentaje de frutos con BR por categoría (cantidad de frutos con BR en relación al total de frutos de cada categoría). a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad; d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.....114

Figura 4.24: Corte anatómico de tejido vascular de fruto de tomate, tratamiento Raleo. a) tejido sin el desorden (10X); b) tejido sin el desorden (40X); c) tejido con BR (4X) y d) tejido con BR (40X). Ref: Hv: haz vascular; FL: Floema; XL: Xilema; Vx: vaso xilemático; Pq: célula parenquimática del mesocarpo.....121

Figura 4.25: Corte anatómico de tejido vascular de fruto de tomate, tratamiento Densidad+Raleo. a) tejido sin el desorden (10X); b) tejido sin el desorden (40X); c) tejido con BR (4X) y d) tejido con BR (40X) Ref: Hv: haz vascular; FL: Floema; XL: Xilema; Vx: vaso xilemático; Pq: célula parenquimática del mesocarpo.....122

## **RESUMEN**

Blotchy ripening es un desorden de maduración que afecta los frutos de tomate a nivel mundial y se caracteriza por manchas irregulares en forma y tamaño, de color verde claro, amarillas o casi decoloradas, asociadas a áreas necrosadas que afectan el tejido vascular del fruto. El desorden posee una alta incidencia en la zona hortícola de la Provincia de Corrientes. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación que existe entre el tamaño y la tasa de crecimiento del fruto sobre la aparición del desorden.

El desorden no se distribuye uniformemente a lo largo del año, y su incidencia varía entre campañas. La temperatura no sería el principal factor determinante del problema. También se encontró una relación lineal entre el tamaño de fruto y el grado de aparición del desorden, independientemente de la práctica agronómica aplicada, manejo de densidad o raleo de flores. Lo que cambia entre tratamientos y entre años es la pendiente de la relación. El peso medio de los frutos con el desorden fue mayor que los respectivos pesos medios totales. Esto relacionaría mayor peso de fruto con la aparición del desorden. Con raleo de flores y manejo de densidad de plantación se logran mayores pesos medios de los frutos que presentan el desorden, pero varía entre años.

Palabras clave: Desorden fisiológico, maduración, raleo de flores, densidad de plantación.

**ABSTRACT**

Blotchy ripening is a disorder that affects ripening tomato fruits worldwide and is characterized by irregular patches in size and shape, light green, yellow or almost faded, associated with necrotic areas affecting the vascular tissue of the fruit. The disorder has a high incidence in the horticultural zone of the province of Corrientes. The aim of this study was to determine the relationship between size and growth rate of the fruit on the occurrence of the disorder.

The disorder is not evenly distributed throughout the year, and its incidence varies between years. The temperature would not be the main determinant of the problem. We also found a linear relationship between fruit size and degree of occurrence of the disorder, regardless of the applied agronomic practices, handling of plant density or flower thinning. What changes between treatments and between years is the slope of the relationship. The average weight of fruit with the disorder was higher than the respective total average weights. This increased fruit weight relate to the appearance of disorder. With flower thinning and plant density management result in higher mean weight of the fruits that have the disorder, but varies between years.

Keywords: Physiological disorder, ripening, flower thinning, plant density.

## **1. INTRODUCCION**

*Blotchy ripening* es un desorden fisiológico que afecta los frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y se caracteriza por manchas irregulares en forma y tamaño, de color verde claro, amarillas o casi decoloradas, normalmente asociadas a áreas necrosadas que afectan el tejido vascular del fruto (Figura 1.1) (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Picha y Hall, 1981; Dick y Shattuck, 1990; Boyle, 1994; Savvas *et al.*, 2008).

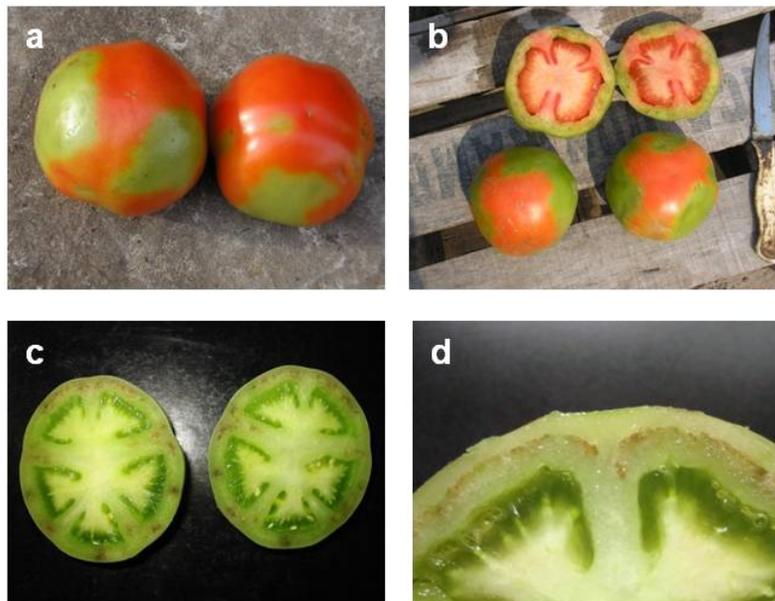


Figura 1.1: *Blotchy ripening* en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). a y b) manchado externo e interno; c y d) áreas necrosadas asociadas al tejido vascular.

Debido a su amplia distribución y daño que ocasiona en la calidad del fruto de tomate tanto para consumo en fresco como para industria (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Savvas *et al.*, 2008), este desorden produce graves pérdidas económicas a nivel mundial.

No existe mucha información en Argentina acerca del desorden, ni del porcentaje de daño que ocasiona en cada campaña.

En la región Noreste, más precisamente en la provincia de Corrientes, este desorden produce grandes pérdidas en los cultivos de tomate para consumo en fresco bajo invernadero, debido a que la fruta afectada pierde calidad comercial (E.J. Pacce, Com. Pers.; L. Brest y P. Brest, Com. Pers.).

No existen estadísticas sobre el grado de ocurrencia del desorden, pero los productores de la zona coinciden en que su incidencia varía año a año según las condiciones ambientales, y que cuando aparece, el producto difícilmente puede ser comercializado.

A su vez, los productores concuerdan que condiciones meteorológicas de tiempo nublado y frío, además de una sensibilidad varietal, estarían relacionados con la aparición del desorden. Según ellos, los tomates larga vida serían los más afectados, aunque cuando se dan las condiciones, todos los tipos de tomate (redondo, redondo estructural, perita, larga vida) lo presentan. Cultivos con buen nivel tecnológico, con alta producción y alta proporción de fruta grande (calibres comerciales), serían más afectados por el desorden.

Los tomates larga vida pueden derivar de mutantes naturales que alteran la madurez del fruto (*rin* y *nor*), así como de taxones silvestres tales como *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* y *Lycopersicon pimpinellifolium* (Zorzoli *et al.*, 1998). Su utilización es una alternativa para demorar la madurez de los frutos sin recurrir al uso de técnicas biotecnológicas, pero tienen el problema que también afectan varias vías metabólicas provocando efectos indeseables sobre el color, sabor y aroma. Además, es destacable que los taxones silvestres se caracterizan por presentar frutos de menor tamaño y peso, que los cultivares comerciales, característica predominante en los materiales larga vida.

Es por eso que técnicos de la zona afirman que además de las condiciones ambientales, el manejo del cultivo influye sobre la aparición del desorden. Prácticas agronómicas para lograr un mayor tamaño de fruto, tales como manejo de la conductividad eléctrica (CE) mediante la fertilización, o la aplicación de raleo de frutos, agravarían más el problema en los materiales larga vida.

<sup>1</sup> Pacce, E.J. Técnico Asesor Privado de la zona de Santa Lucía y Lavalle, Corrientes.

<sup>2</sup> Brest, L. y Brest, P. Técnicos Privados, Vivero Hortícola Brest & Brest

## **1.1 Crecimiento y desarrollo**

El rendimiento de un cultivo está determinado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca= MF y materia seca= MS) en los órganos que se destinan a cosecha (Peil y Galvez, 2005). Sin embargo, para un ciclo de cultivo largo, el rendimiento total es determinado por el balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo (Ho, 1996).

La partición de asimilados puede contribuir a mejorar la productividad de los cultivos mediante el aumento total de producción de biomasa o por favorecer la transferencia de asimilados a la porción cosechable del cultivo (Patrick, 1988).

La distribución de MS entre los órganos destinos es regulada principalmente por la fuerza o potencial de destino de estos órganos, la cual describe la capacidad competitiva de un órgano para atraer asimilados (Ho 1988; Marcelis, 1994b; Heuvelink, 1997; Bertin *et al.*, 1998)

En general se acepta que la distribución de asimilados entre los destinos es regulada principalmente por los propios destinos (Heuvelink, 1997), por lo que en los cultivos de frutas se espera que los mismos desempeñen un papel importante en la asignación de biomasa, ya que son los principales destinos de estos cultivos.

Es por eso que la mejora en rendimientos depende de nuestro entendimiento de los factores que controlan tanto la producción de la hoja y la capacidad de destino de los frutos (Ho, 1992).

La capacidad potencial para acumular asimilados de un destino pueden ser cuantificada mediante la tasa potencial de crecimiento del mismo, es decir, mediante la tasa de crecimiento, cuando el suministro de asimilados no es limitante (Ho, 1988; Patrick, 1993; Marcelis, 1994b; Heuvelink, 1997; Bertin *et al.*, 1998).

### **1.1.1 Distribución de MS en la planta**

Se cree que el balance entre el tamaño de la parte aérea y las raíces es el resultado de un equilibrio funcional entre ambos órganos (Hurd *et al.*, 1979; Marcelis, 1994a). Las principales

actividades de la raíz son la absorción de agua y nutrientes mientras que la principal actividad de la parte aérea es la fotosíntesis (Marcelis, 1994a). La relación entre la masa de raíces y la masa de la parte aérea es proporcional a la relación entre la actividad de la parte aérea y la de las raíces, respectivamente (Peil y Galvez, 2005).

En tomate, el peso fresco de las raíces se incrementa hasta el cuajado de los frutos y luego se mantienen aproximadamente constantes en peso. En las hortalizas de fruto, el crecimiento radical se reduce de manera significativa al iniciarse el período de crecimiento reproductivo, produciéndose incluso la muerte de una parte de las mismas (Hurd *et al.*, 1979).

La mayor sensibilidad de las raíces cuando la competencia de los frutos es alta se puede deber a su alta dependencia en sustratos importados, su distancia a la fuente de los mismos y a sus reservas limitadas comparados con la parte vegetativa (Hurd *et al.*, 1979).

En tomate, la fracción de MS Total destinada a las raíces se mantiene constante durante el ciclo del cultivo, y se sitúa cerca del 4 % (Ehret y Ho, 1986a).

Las hojas jóvenes se comportan como destinos, importando asimilados procedentes de otras hojas, hasta que alcanzan el 30 % de su tamaño final, momento en el cual la importación cesa gradualmente y la hoja comienza a exportar asimilados. Cuando la hoja ha alcanzado su máxima expansión foliar y presenta a la vez la máxima actividad fotosintética, es esencialmente un órgano productor de asimilados (Peil y Galvez, 2005).

Por último, durante la fase de senescencia se produce una exportación masiva de carbono y nutrientes de la hoja, que va acompañada por un descenso gradual de la actividad fotosintética (Peil y Galvez, 2005).

Las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero, tales como pepino, tomate, pimiento y berenjena, se caracterizan, en su mayoría, por un crecimiento indeterminado. Los frutos son los principales órganos destinos de asimilados, y compiten fuertemente entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles. El peso acumulado de todos los frutos al final del ciclo

de cultivo, representa entre el 50 % y el 70 % de la MS total acumulada por la planta (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1984; Cockshull y Ho, 1995; Heuvelink, 1995; Dorais *et al.*, 2001; Peil y Galvez, 2005).

### **1.1.2 Relación fuente destino**

Los órganos destino tienen diferentes capacidades de atraer asimilados (fuerza de destino). La competencia por asimilados es evidente por la distribución proporcional de asimilados cuando su suministro es limitado, por lo que los mismos serán primero tomados por los destinos más fuertes. Los destinos más débiles pueden o no recibirlos, dependiendo de su disponibilidad (Ho, 1992; Ho, 1996). Las diferencias en las tasas de crecimiento entre órganos destinos depende de las diferencias en fuerza de destino y, por ende, la partición de asimilados depende de esta última (Marcelis, 1994b).

En general la partición de MS es regulada por la actividad de destino del fruto (fuerza de destino del fruto) más que a la actividad de las hojas (fuente) (Dorais *et al.*, 2001). La disponibilidad de asimilados entonces solo afectará el grado de competencia, pero no a la prioridad de competencia (Ho, 1992).

La flor generalmente posee una menor prioridad que el fruto atrayendo asimilados. De hecho, el desarrollo temprano de la flor puede ser retrasado mediante una competencia severa con el crecimiento vegetativo. Por ejemplo, la prioridad de competencia por destinos en tomate cambia del orden raíces>hojas jóvenes>inflorescencia en plantas en flor, a fruta>hojas jóvenes>raíces en plantas con frutos. La inflorescencia en tomate es un destino muy débil, que abortará rápidamente cuando un suministro limitado de asimilados está disponible para las hojas jóvenes y raíces (Ho, 1992).

Al ser el fruto un destino más fuerte por asimilados que las flores y los órganos vegetativos (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1984; Ho, 1992; Cockshull y Ho, 1995), la competencia por asimilados de un fruto será principalmente con otro fruto adyacente.

La competencia es comúnmente observada cuando los frutos crecen en grupos (como en manzana) o en racimos (como en tomate). De esta forma los frutos obtienen asimilados del mismo grupo de hojas (Ho, 1984; Ho, 1992; Cockshull y Ho, 1995).

En una planta de tomate que presenta una gran cantidad de racimos, cada racimo es principalmente abastecido por las hojas cercanas y particularmente por las dos de abajo. Así, la fruta compite principalmente con otras frutas en el mismo racimo. Por lo tanto la tasa de importación de un fruto en crecimiento está determinada por su capacidad potencial de recibir asimilados y por su habilidad de competir contra otros frutos por el suministro limitado de asimilados (Ho, 1984).

En el caso de hortalizas cuya inflorescencia se presenta en la forma de racimo, la fuerza de destino y, consecuentemente, el tamaño del fruto, es influenciado por su posición dentro de la inflorescencia y por la posición de la inflorescencia en el tallo. Dentro del racimo los frutos proximales alcanzan mayor tamaño potencial que los frutos distales debido a la secuencia natural de floración y al mayor número de células en ovarios proximales durante la antesis (Bertin, 1995; Bertin *et al.*, 1998). Cuando se dejan 7 flores en cada inflorescencia, la floración de las dos flores distales en una inflorescencia tiene lugar al mismo tiempo que la floración de las dos flores proximales de la siguiente inflorescencia (Bertin, 1995). Entonces, dentro de una inflorescencia, la floración de las flores distales coincide con el cuaje de las futas proximales del siguiente racimo. Por lo tanto, las flores son sometidas a una doble competencia, entre y dentro de la inflorescencia (Hurd *et al.*, 1979; Bertin, 1995; Bertin *et al.*, 1998).

En pepino cuando los frutos desarrollados temprano estaban presentes en la planta, una reducción en el suministro de asimilados limita la tasa de crecimiento de un fruto joven a un grado relativamente mayor que en los frutos viejos, debido a la dominancia del fruto viejo sobre el joven (Marcelis, 1994b).

### **1.1.3 Tamaño potencial del fruto**

El tamaño de los frutos está relacionado con la cantidad de fotoasimilados que ellos disponen y su capacidad para utilizarlos. La capacidad de utilización o mejor dicho, la fuerza de destino de los frutos, se puede definir como el producto de dos componentes: actividad de destino, que es una medida del flujo potencial de acumulación de asimilados; y tamaño de destino, que es una medida del volumen potencial de ganancia de biomasa (Patrick, 1988).

En tomate, el fruto proximal cuajado tempranamente es potencialmente más grande que el distal cuajado tardíamente del mismo racimo, incluso cuando la competencia por destinos es eliminada y el suministro de asimilados es abundante. La diferencia intrínseca entre el fruto proximal y el distal es debida principalmente a diferencias en el número de células en el ovario previo a la antesis (Coombe, 1976; Ho, 1984; Ho, 1992; Grange y Andrews, 1993; Bertin, 1995; Ho, 1996; Bertin *et al.*, 1998). Por lo tanto, el número de células en el ovario previo a la antesis parece ser una buena medida de tamaño de destino, que puede en su momento determinar la fuerza de destino potencial de asimilados en un fruto de tomate (Dorais *et al.*, 2001).

Si bien el máximo número de células del fruto se alcanza dentro de las 2 semanas después de la antesis, esta cantidad máxima de células es definida principalmente por el número inicial de células en el ovario previo a la antesis y por la actividad de división celular en la primera semana después de la misma (Ho, 1984; Grange, 1995; Bertin *et al.*, 1998). Por ejemplo, en manzana, la división celular en la pulpa (piel y corteza) cesa cerca de 3-4 semanas después de antesis, pero se puede prolongar con raleo de frutos, resultando en frutos más grandes (Ho, 1992).

En general el crecimiento del fruto es sostenido principalmente por el suministro actual de fotoasimilados. Así, la tasa de acumulación de materia seca en frutos del mismo tamaño potencial se relacionará con la tasa de fotosíntesis que ocurre en las hojas (Ho, 1984; Ho, 1992; Cockshull y Ho, 1995; Ho, 1996; Dorais *et al.*, 2001) y de la tasa de importación de asimilados por los frutos (Ho, 1984).

El tamaño que alcanzan los frutos es influenciado por la cantidad de fotoasimilados disponibles por planta. Al eliminar flores, los fotoasimilados se reparten entre menos frutos y se logra un mayor tamaño que compensa parcialmente la pérdida de rendimiento por unidad de superficie ocasionada por el menor número de frutos por planta o por racimo (Ucan Chan *et al.*, 2005).

La cantidad de asimilados disponibles está en función de la tasa fotosintética y la competencia con los otros destinos existentes en la planta. Una vez que el número total de frutos y su tamaño potencial es fijado, el crecimiento del fruto responderá ante cualquier suministro extra de asimilados (Ho, 1992). Todo factor ambiental que limite la fotosíntesis, en principio limitará el crecimiento de los frutos.

El crecimiento potencial es definido por el crecimiento que sería realizado si ningún factor está limitando, esto es, cuando el suministro de asimilados es mayor o igual a la demanda de asimilados. Cuando ocurre la competencia, el crecimiento actual es menor que el crecimiento potencial y resulta de la distribución de asimilados disponibles entre todos los órganos destinos. La relación entre el crecimiento del fruto actual (suministro de asimilados) y el crecimiento potencial del fruto (demanda de asimilados) es un buen índice para expresar cuantitativamente el grado de competencia por asimilados (Bertin, 1995).

Por otro lado, cuando la demanda potencial del destino es más alta que la tasa potencial de fotosíntesis, la competencia entre frutos se intensificará y resultará en abscisión de frutos.

Cuando la demanda potencial del destino es más grande que la tasa de fotosíntesis, los frutos pueden obtener asimilados de las reservas del tallo. Comúnmente, el tamaño del fruto es aumentado mediante una relación hoja/fruto más alta (Ho, 1992).

Cabe aclarar que el potencial de crecimiento del fruto puede ser afectado por la secuencia en el cual los frutos cuajan dentro del mismo racimo. Se ha demostrado que la disminución natural en tamaño de fruto a lo largo del racimo puede ser eliminada, o revertida, si se inducen frutos partenocárpicos simultáneamente o en orden inverso, con el fruto distal inducido antes que

el proximal. Pareciera que los frutos inducidos tempranamente compiten mas favorablemente por asimilados que aquellos inducidos tardíamente, sin tener en cuenta sus posiciones (Ho, 1984; Ho, 1992).

### **1.1.3.1 Efecto del número de semillas**

Se han encontrado correlaciones entre el número de semillas y la tasa de crecimiento del fruto y tales relaciones han sido atribuidas a la producción de reguladores de crecimiento vegetal por las semillas en desarrollo, las cuales podrían estar proporcionando control del desarrollo de la expansión de los frutos (Ho, 1992; Grange y Andrews, 1993; Grange, 1995; Ho, 1996; Bertin *et al.*, 1998).

Se ha sugerido que la tasa de crecimiento del fruto puede estar determinada indirectamente por el número de semillas, a través de un efecto de auxinas producidas en la semilla sobre la expansión del pericarpio. Así, fruta más grande con más semillas, puede estar asociada con tasas de crecimiento mayores (Grange y Andrews, 1993).

Las auxinas sintetizadas en la semilla pueden promover el alargamiento celular y/o regular la traslocación e hidrólisis en células de almacenamiento. Esto podría explicar la mayor correlación positiva entre el peso final del fruto de tomate y el número de semillas (Bertin *et al.*, 1998).

Si bien la auxina producida por las semillas ha sido sugerida como el factor que regula el alargamiento del fruto, el pico de actividad auxínica en el fruto ocurre luego del pico de alargamiento del fruto. El número potencial de semillas está relacionado al número de óvulos, y se ha demostrado que son proporcionales al número de células en el fruto (Ho, 1996; Dorais *et al.*, 2001). Por lo tanto, el tamaño potencial del fruto puede ser determinado por factores que regulan el número de células y el número de semillas más que el número de semillas por sí mismo (Ho, 1996).

En la misma planta, el fruto con semillas acumula más materia seca y compite mejor por asimilados que la fruta con pocas o sin semillas. Como resultado, los frutos partenocápicos

desarrollan pobremente en presencia de frutos con semilla. Sin embargo, la diferencia en masa entre fruto con semilla y fruto de tomate artificialmente inducido a partenocarpia puede ser explicada por la presencia o ausencia de semillas. Por lo tanto, la semilla no es el factor predominante en determinar la fuerza de destino de un fruto (Ho, 1992). Como los frutos partenocárpicos pueden crecer a tamaños apreciables, el número de semillas pueden no ser una medida adecuada de tamaño de destino, el cual es definido como el límite físico de fuerza de destino (Ho, 1996).

#### **1.1.3.2 Efectos de las condiciones de crecimiento en la partición**

Mientras la prioridad de partición de asimilados puede ser determinado por el potencial intrínseco de fuerza de destino de todos los órganos destinos, la fuerza de destino actual puede ser afectada por las condiciones de crecimiento (Ho, 1996; Dorais *et al.*, 2001). Es de imaginar que tanto la prioridad de partición y la intensidad de la competencia de destino puede ser alterada cuando la fuerza de destino de un órgano destino es cambiada por las condiciones de crecimiento (Ho, 1996).

La forma y el tamaño de la fruta son determinados a priori por el cultivar pero también varía de acuerdo a las condiciones climáticas y el método cultural usado. El número de frutos por planta, tamaño del racimo, posición del fruto en el racimo, contenido de semillas y densidad de plantación así como temperatura e intensidad lumínica determinan la forma del fruto, acumulación de MS y tamaño (Dorais *et al.*, 2001).

La cantidad de asimilados producidos por el follaje es regulado por la fotosíntesis, que depende de:

Intensidad de radiación solar incidente en el cultivo \* Eficiencia de intercepción de la radiación solar \* Tasa fotosintética.

El número de frutos compitiendo por asimilados está relacionado a la tasa de iniciación de racimos, el número de frutos cuajados en cada racimo, el número de plantas por unidad de superficie y la duración del desarrollo del fruto (Cockshull y Ho, 1995).

Como más del 90% del peso del fruto es agua, la disponibilidad de agua para crecimiento del fruto también puede influenciar en el tamaño del fruto (Cockshull y Ho, 1995).

### **1.1.3.3 Densidad de plantación**

En un cultivo de tomate cultivado bajo invernadero a una densidad de plantación fija, tanto el número de frutos, como el tamaño medio de los mismos, pueden ser afectados por la estación, en gran parte a través del efecto directo de la radiación solar sobre la fotosíntesis del cultivo (Davis y Estes, 1993; Cockshull y Ho, 1995).

La carga potencial de frutos por unidad de superficie se puede adecuar a la variación estacional de la fotosíntesis, mediante la variación de la densidad de plantación o del número de tallos por planta (Davis y Estes, 1993; Cockshull y Ho, 1995; Peil y Gálvez, 2005; Ucan Chan *et al.*, 2005).

Por ende la densidad de plantas óptima para un tamaño de fruto dado dependerá, por lo tanto, de ciertas características del cultivar (tasa a la cual se producen los asimilados y la tasa de producción de nuevo frutos) y radiación solar incidente (Cockshull y Ho, 1995).

Ahora bien, dentro de ciertos límites, un aumento en la densidad de plantas estaría correlacionado positivamente con el rendimiento en frutos ( $\text{kg/m}^2$ ), pero negativamente correlacionado con el tamaño de fruto, debido a un insuficiente suministro de fotoasimilados a cada fruto (Davis y Estes, 1993; Dorais *et al.*, 2001; Ucan Chan *et al.*, 2005).

Se han observado aumentos de rendimientos de hasta el 15% con altas densidades (Cockshull y Ho, 1995; Dorais *et al.*, 2001).

Si bien este mayor rendimiento a altas densidades estaría relacionado a un mayor número de frutos por unidad de superficie, el rendimiento por planta disminuye como consecuencia de un menor número de frutos por planta y un menor peso y tamaño de estos (Davis y Estes, 1993; Cockshull y Ho, 1995; Dorais *et al.*, 2001; Ucan Chan *et al.*, 2005).

Además la calidad de la fruta puede ser reducida a altas densidades debido a que aumenta la dificultad para controlar insectos y enfermedades (Davis y Estes, 1993).

Con respecto al tamaño de la planta, esta aumenta cuando aumenta el espaciamiento entre hileras, un resultado que indica que la competencia entre plantas limita el tamaño de planta. Las plantas exhiben una respuesta lineal al aumento de espaciamiento (Davis y Estes, 1993).

#### **1.1.3.4 Raleo**

El número de frutos por inflorescencia está determinado por el cuaje, y tiene también un efecto indirecto sobre el tamaño final del fruto, que se ha mostrado que disminuye cuando el número de inflorescencias por planta aumenta. Por estas razones, el número de frutos por inflorescencia es un componente importante del rendimiento del fruto (Bertin, 1995).

Como se mencionó anteriormente, otra medida de control de la relación fuente/destino es el raleo de frutos. Se puede controlar la distribución de materia seca hacia los frutos a través de la manipulación del potencial de destino de los órganos individuales o de la manipulación del número de frutos (Peil y Gálvez, 2005). La MS destinada a los frutos fue en gran medida determinada por el número de frutos en la planta (Heuvelink, 1997).

En general la distribución de asimilados entre las partes vegetativas y reproductivas está influenciada por la carga de frutos. Así, el número de frutos y el tamaño del mismo puede ser ajustado al nivel de los fotoasimilados disponibles si el raleo es coordinado con el período de crecimiento (Dorais *et al.*, 2001).

El raleo de flores o de frutos jóvenes se realiza en el caso de que haya una previsión de reducción importante de la relación fuente/destino (Peil y Gálvez, 2005). Y dado que otros órganos vegetales son destinos de menor actividad que los frutos, un cambio en el número de frutos por planta afectará principalmente el peso y la forma del fruto más que el índice de cosecha (rendimiento económico/rendimiento biológico) (Cockshull y Ho, 1995; Dorais *et al.*, 2001). El peso individual del fruto aumentó menos que proporcionalmente con la disminución del

número de frutos. Por lo tanto, el rendimiento total de fruta disminuyó menos que proporcionalmente con la disminución del número de frutos (Heuvelink, 1997).

Cuando el número de frutos es reducido mediante raleo, los asimilados que estaban destinados a esta fruta removida serán atraídos por los frutos adyacentes que quedaron en el racimo. Como resultado, el racimo adyacente aumentara su rendimiento y el rendimiento por planta será compensado por un mayor tamaño de fruto (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1992; Heuvelink, 1997; Ucan Chan *et al.*, 2005). Mediante la reducción del número de frutos de las posiciones distales de los racimos, se puede aumentar la proporción de fruta de tamaños deseados (Ho, 1996).

El raleo de frutos puede aumentar el peso de los mismos en un 50-60%. Los cambios en tamaño de fruto se reflejan en cambios en el vigor general de la planta, con las plantas raleadas teniendo los tallos y hojas más gruesas (Ehret *et al.*, 1993). Removiendo cerca del 30% de los frutos de la parte distal de los primeros tres racimos en un estadio temprano de desarrollo, el peso fresco promedio de cada uno de los frutos proximales restantes fue significativamente mayor a la cosecha. El peso fresco total de fruta producida por el tercer racimo fue poco afectado por el raleo mientras aquel producido por el cuarto racimo y los racimos inmediatamente por encima fue aumentado como consecuencia de raleo los primeros tres racimos (Cockshull y Ho, 1995). Sin embargo, el raleo de frutos también aumenta el porcentaje de área del fruto rajado y la severidad del rajado (Ehret *et al.*, 1993).

Mientras el aumento de la masa del fruto individual con raleo de flores fue mayor que con raleo de frutos, la alteración de la actividad de división celular antes de antesis fue más efectiva que después de la misma en la determinación del número final de células, y por ende el tamaño final del fruto (Ho, 1992).

El raleo de frutos induce un aumento en el peso de los frutos que permanecen en los racimos, pero el rendimiento por unidad de superficie es menor (Slack y Calvert, 1977; Cockshull y Ho, 1995; Ucan Chan *et al.*, 2005).

Para evitar pérdidas de rendimiento, es evidente que el grado de raleo por racimo debe ser ajustado no solo a la radiación solar incidente pero sino también al tamaño potencial de fruto de los frutos restantes (Cockshull y Ho, 1995).

Slack y Calvert (1977) encontraron que la pérdida de un solo racimo en cualquier posición resulta en una pérdida general de rendimiento, pero en la mayoría de los casos hubo un incremento de rendimiento acumulado en los racimos adyacentes con respecto al removido.

Los incrementos más grandes ocurrieron en los racimos inmediatamente por encima y por debajo del removido y hubo un menor incremento a medida que el racimo (en ambas direcciones) se alejaba del removido (Slack y Calvert, 1977).

#### **1.1.3.5 Deshojado**

La producción de materia seca (MS) en plantas depende de la cantidad de superficie fotosintética que presentan y la tasa de fijación de dióxido de carbono (fotosíntesis por unidad de área foliar). La mayor variación de rendimientos en cultivos agrícolas está relacionada a diferencias en la tasa de incremento de área foliar más que a diferencias en tasas de asimilación neta (Ramirez *et al.*, 1988).

Por eso, un deshojado severo de las plantas puede reducir la capacidad fotosintética de la canopia y la removilización de elementos móviles. La MS del fruto, azúcares reductores y sólidos solubles son reducidos, pero la acidez titulable aumenta (Dorais *et al.*, 2001).

El rendimiento depende del estado de crecimiento al cual la defoliación ocurre. La defoliación de plantas de tomate crecidas a campo en estado vegetativo no causa reducción del rendimiento, mientras que si la misma se realiza durante el estado reproductivo reduce los rendimientos en proporción del nivel de la defoliación (Ramirez *et al.*, 1988; Davis y Estes, 1993).

En tomate, 25% o 50% de defoliación resulta en una reducción de rendimiento, mientras que solo el 80% de defoliación disminuye el rendimiento en forma significativa si las plantas eran

defoliadas en plena antesis. La restricción de rendimiento resulto de la reducción tanto del número de flores como del cuaje (Ramirez *et al.*, 1988).

El deshoje moderado en tomate incrementó el rendimiento de fruta, pero el rendimiento total comercializable decreció a medida que la severidad de la defoliación aumentaba. Además, las plantas que no fueron deshojadas producen menos tomates grandes y menos descartes que una planta con deshoje excesivo (Davis y Estes, 1993).

El deshoje disminuye el número de racimos florales y frutos por planta pero no afecta la cantidad de frutas por racimo (Davis y Estes, 1993).

En pepino, el rendimiento en fruta y la materia fresca y seca total por planta fueron limitados en proporción al porcentaje de defoliación. El hecho de que incluso un 25% de reducción en área foliar causó una restricción significativa en rendimiento de fruta sugiere que el crecimiento de frutos (tamaño de destino) en la planta de pepino es limitada por la cantidad de área foliar (tamaño de la fuente) (Ramirez *et al.*, 1988).

Una defoliación severa expone a la fruta a radiación solar alta, que a menudo resulta en la aparición de desordenes fisiológicos tales como rajado de frutos y escaldado (Dorais *et al.*, 2001).

#### **1.1.3.6 Factores ambientales**

La tasa de crecimiento del fruto de tomate está relacionada al ambiente predominante. El rendimiento en peso fresco de la fruta aumenta linealmente con aumentos de radiación. La mayoría del incremento fue debido a un aumento en tamaño medio del fruto, más que al número de frutos o a cambios en la duración del crecimiento del fruto (Grange y Andrews, 1993).

En general, un stress hídrico tiene un efecto más profundo e inmediato en el crecimiento en volumen del fruto. La tasa de crecimiento del fruto y el tamaño final del fruto pueden ser reducidos sustancialmente por stress hídrico, pero la importación de asimilados no se ve afectada. Pareciera que el stress hídrico en la planta puede reducir el volumen de savia en el

floema pero incrementa la concentración de savia, por eso la tasa de importación de asimilados pueden permanecer constantes (Ho, 1996).

La temperatura tiene un efecto más complejo en el tamaño final del fruto. Por un lado, altas temperaturas aumentan la tasa de importación de carbono y crecimiento de volumen cuando el fruto no está bajo stress hídrico. Por el otro lado, altas temperaturas pueden aumentar la transpiración de la canopia e inducir stress hídrico, resultando en un menor crecimiento en volumen del fruto. Como una respuesta adaptativa a largo plazo a altas temperaturas, la duración del crecimiento del fruto, así como el tamaño final del fruto, son a menudo reducidas. Por lo tanto, el efecto benéfico de alta temperatura en aumentar el tamaño del fruto solo puede ser realizado cuando el suministro es ilimitado y el stress hídrico es evitado (Ho, 1996).

## **1.2 Desarrollo, maduración y calidad del fruto**

Según diferentes autores, el fruto puede ser definido como:

el producto comestible de un árbol o planta, que consiste en la semilla y su envoltura, especialmente cuando esta última es carnosa y jugosa (Coombe, 1976), o en forma más general, es el producto del ovario (desarrollado y maduro) luego de la fecundación de los óvulos y formación de las semillas (Esau, 1976).

En correlación con la variada estructura de las flores, los frutos son también diversos en su morfología. Los cambios que determina el desarrollo del fruto no quedan reducidos al ovario, sino que afectan a menudo a partes no carpelares de la flor, tales como el receptáculo en la frutilla, el cáliz en la mora y las brácteas en el ananá (Esau, 1976).

Cuando un ovario se transforma en fruto, la pared del ovario se convierte en el pericarpio. De la definición de fruto “el producto del gineceo junto con las partes accesorias que puedan asociarse con él”, surge el término “pared del fruto” que se aplica al pericarpio de los frutos derivados de ovario súpero, y a la combinación de pericarpio y partes no carpelares que se hallan en frutos originados a partir de ovarios íferos (Esau, 1976).

Se reconocen entonces dos tipos de estructuras de paredes de frutos, el parenquimático carnoso, a menudo succulento y el esclerenquimático seco. Con respecto a esta estructura los frutos se dividen en secos y carnosos, estos últimos de gran importancia, ya que los frutos más grandes del mundo (uva, banana, tomate, citrus, cucurbitáceas, frutos de pepita, frutos de carozo, mango) son carnosos, y se justifica el énfasis en el estudio de su fisiología (Coombe, 1976).

Los frutos toman muchas formas que han evolucionado para proteger y dispersar las semillas (Coombe, 1976; White, 2002). Las semillas de la mayoría de los frutos carnosos son dispersadas a través del consumo de animales frugívoros, mientras que las semillas de los frutos secos son principalmente dispersadas por el agua y el aire (White, 2002).

Los frutos, además de ser vehículos de dispersión de las semillas para la perpetuación de la especie, han sido base de la alimentación del hombre desde su origen. Es por eso que el estudio de su fisiología es importante para comprender las condiciones óptimas para la obtención de frutos de calidad para el consumo humano.

### **1.2.1 Fisiología de la formación del fruto**

El crecimiento y maduración del fruto son procesos de desarrollo complejos que envuelven múltiples cambios metabólicos (Bargel y Neinhuis, 2005).

La fisiología de la formación del fruto consta en general de tres fases: desarrollo, maduración y senescencia.

#### **1.2.1.1 Desarrollo**

El desarrollo del fruto consiste en un aumento en tamaño, asociado con otros cambios morfológicos, y es controlado por hormonas, particularmente auxinas, responsables de la elongación celular y aumento de tamaño de las células (Khudairi, 1972).

Esta fase comprende el período desde antesis hasta antes de la madurez de los frutos. Este intervalo varía para diferentes especies, desde 3 semanas (frutilla) a 60 semanas (naranja

valencia), pero en muchos frutos este ocupa cerca de 15 semanas. Durante este intervalo los frutos incrementan en volumen y peso varios miles de veces. Uno de los mayores aumentos es que presenta la palta (300000 veces) y uno de los más chicos es el del zapallo enano (40 veces) (Coombe, 1976).

Los frutos tienen diferentes patrones de desarrollo. Algunos frutos poseen una curva sigmoidea simple tales como: manzana, pera, dátil, ananá, banana, palta, frutilla, naranja, tomate y melón. Los que tienen doble sigmoidea son: todas las frutas de carozo, higo, grosella, frambuesa, arándano, uva y aceituna (Coombe, 1976).

Básicamente, las dos curvas de crecimiento (sigmoidea simple y doble sigmoidea) constan de un inicio, un período de aceleración, un punto de mayor tasa de crecimiento, un período de desaceleración, y un final. Se diferencian en que la doble sigmoidea posee una fase intermedia de desaceleración donde se produce el endurecimiento del carozo. El crecimiento del fruto de tomate sigue un patrón sigmoideo, en el cual la tasa de crecimiento declina antes de la madurez. La fase de crecimiento lento temprano (primeras dos semanas) es causada principalmente por división celular y alargamiento celular inicial, mientras la fase de crecimiento lenta tardía (últimas dos semanas) es dominada por una actividad metabólica intensa. Entre medio, durante la rápida fase de crecimiento (de tres a cinco semanas), tanto la acumulación diaria de materia seca y agua alcanzan su máximo cerca de 3 semanas después de antesis. La tasa de importación de asimilados durante esta rápida fase de crecimiento es crucial para el peso final del fruto, ya que el tamaño final del fruto está relacionado positivamente a la tasa de crecimiento máxima (Ho, 1996).

La finalización del crecimiento, expresado como una tasa de crecimiento en declinación, no es importante, porque la maduración ocurre aún mientras los frutos están creciendo rápidamente (Grange y Andrews, 1993).

#### **1.2.1.1.1 Técnicas para medir el crecimiento del fruto**

A continuación se describen algunas técnicas utilizadas para medir el crecimiento de los diferentes órganos vegetales, con especial importancia en los frutos.

##### **1.2.1.1.1.1 Dendrometría**

El diámetro del tallo y de los frutos fluctúa diariamente en respuesta a cambios en el balance hídrico dentro de la planta y de la tasa de crecimiento de la misma (Beedlow *et al.*, 1986; Fujita *et al.*, 2003; Jones, 2004).

Se han encontrado relaciones entre la dinámica de crecimiento del diámetro del tallo y la temperatura, la luz, la humedad y agentes contaminantes del aire (Link *et al.*, 1998).

La expansión en diámetro de tallo es atribuida al crecimiento celular e hidratación (Beedlow *et al.*, 1986), mientras que el crecimiento en expansión del fruto depende del balance hídrico entre el flujo de savia del floema, el flujo de savia del xilema y flujo de transpiración y la respiración en el fruto (Kitano *et al.*, 1996; Morandi *et al.*, 2007b).

La dinámica diaria de cambios en diámetro en frutos ha sido utilizada para obtener indicadores más sensibles de necesidades de irrigación y las comparaciones de diámetros en días consecutivos dan una medida de la tasa de crecimiento (Jones, 2004).

El conocimiento de la variación diaria en tamaño de fruto en respuesta a condiciones ambientales y fisiológicas ha sido obstaculizada por la dificultad técnica de medir los cambios en diámetro del fruto con precisión y con un costo que permita la repetición adecuada de los experimentos (Morandi *et al.*, 2007a). La medición de órganos vegetales con calibres ha sido muy utilizada, pero esta técnica es discontinua e insensible (Beedlow *et al.*, 1986; Link *et al.*, 1998).

Se han desarrollado varios tipos de sistemas con el fin de medir en forma continua y precisa las fluctuaciones diarias de las dimensiones de los órganos vegetales (Beedlow *et al.*, 1986, Ferreira y Cruvinel, 1996; López Ayala *et al.*, 2006; Morandi *et al.*, 2007a) que difieren en

exactitud, precisión, costo y simplicidad operacional. Se usan dendrómetros para medir los cambios en el perímetro de los órganos vegetales en el tiempo y sirven para hacer inferencias sobre el estado hídrico de la planta (Calbo, 2000).

Ferreira y Cruvinel (1996) agruparon estos sistemas según el tipo de sensor utilizado (sensores capilares, sensores mecánicos y sensores electrónicos).

Entre los sensores más utilizados encontramos:

El dendrómetro de Alvim (Alvim, 1975; Conforto *et al.*, 1998), aparato altamente sensible muy utilizado para medir diámetro de arboles; CERES, o dispositivo traductor, que continuamente mide micro cambios en el diámetro de tallos herbáceos o leñosos (Beedlow *et al.*, 1986; Link *et al.*, 1998); el dendrómetro DXE70, similar al CERES, pero más flexible, sin necesidad de reajustes frecuentes, también usados en frutos (Link *et al.*, 1998); los sensores de desplazamiento lineal de inducción diferencial (LVDT) (Alvim, 1975; Selles y Berger, 1990; Berger y Selles, 1993; Ferreira y Cruvinel, 1996; Kitano *et al.*, 1996; Link *et al.*, 1998; Morandi *et al.*, 2007a), dispositivo que mide con precisión cambios a corto plazo en diámetro, pero son delicados y de alto costo; el empleo de bandas dendrométricas y cintas diamétricas, útiles en inventarios forestales donde una proporción de árboles con diferentes diámetros se evalúa a través del tiempo (López Ayala *et al.*, 2006); un micrómetro laser para escanear el contorno de raíces como la papa y la batata (Eguchi, 2000), y por ultimo un sensor electrónico que utiliza un potenciómetro lineal Megatron Elektronik AG & Co., Munich, Alemania (Figura 1.2) (Morandi *et al.*, 2007a; Morandi *et al.*, 2007b).

El sensor electrónico que utiliza el potenciómetro lineal es similar en principio y construcción a un calibre digital. Posee un marco ajustable que permite un solo sensor para monitorear el crecimiento del fruto durante toda la temporada de crecimiento (Morandi *et al.*, 2007a).

Este dispositivo puede ser utilizado en plantaciones comerciales para regular el riego, o para monitorear el crecimiento del fruto y de esta forma pronosticar su tamaño al momento de cosecha (Morandi *et al.*, 2007a).

Además, gracias a su peso ligero y una estructura adaptable, el sensor puede ser fácilmente aplicado a frutas de diferente tamaño y formas (Morandi *et al.*, 2007a).

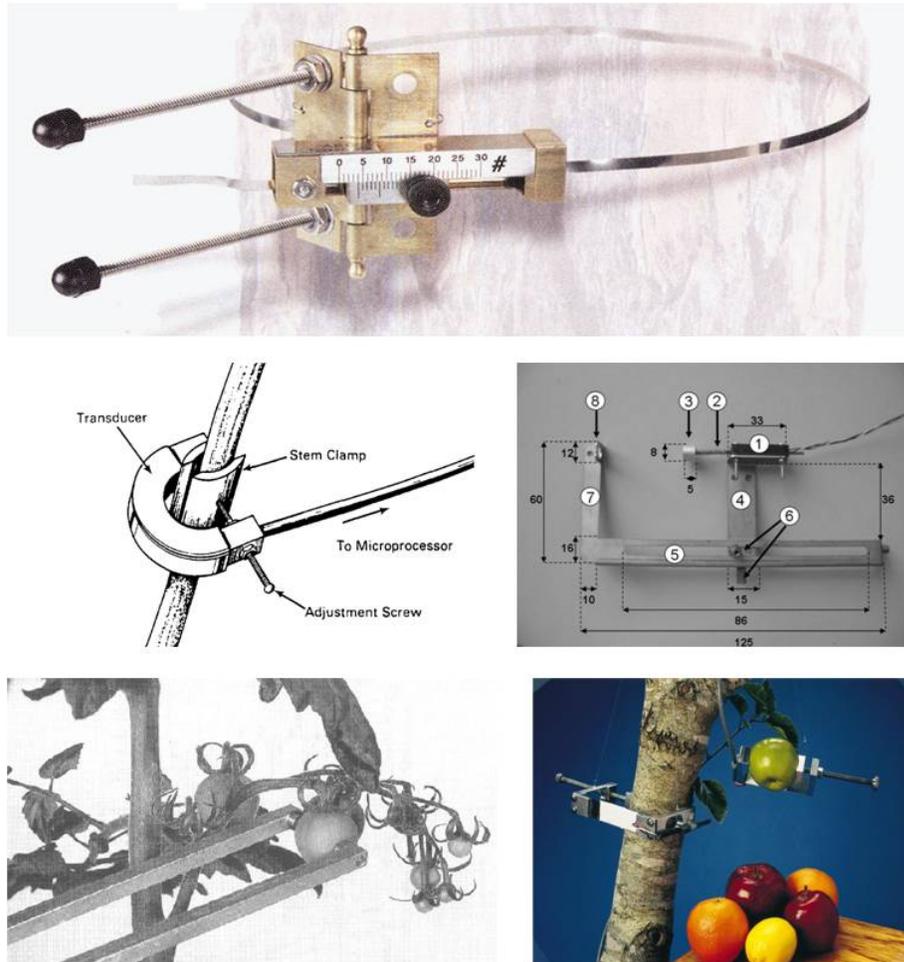


Figura 1.2: Diferentes tipos de dendrómetros.

#### 1.2.1.1.1.2 Análisis de crecimiento vegetal

El crecimiento se define como un aumento temporal e irreversible de la biomasa de una planta individual o de una comunidad vegetal (Hunt, 1978; Silva *et al.*, 2000; Hunt, 2003; Casierra-Posada *et al.*, 2007).

El análisis de crecimiento vegetal es una técnica utilizada para estudiar las bases fisiológicas de la producción y la influencia ejercida por los factores ambientales, genéticos y agronómicos (Silva *et al.*, 2000).

Esta técnica describe las condiciones morfológicas y fisiológicas de la planta en diferentes intervalos de tiempo entre dos muestras sucesivas y propone seguir la dinámica de la producción fotosintética medida como acumulación de materia seca (Silva *et al.*, 2000). Utiliza datos primarios simples en forma de pesos, áreas y volúmenes para investigar los procesos internos que involucran a toda la planta (Hunt, 2003; Hunt *et al.*, 2002).

Se puede decir que coexisten dos técnicas dentro de esta metodología, el método clásico o tradicional y el método funcional o dinámico (Hunt, 1978; Hunt, 1979; Silva *et al.*, 2000). El método tradicional o clásico se basa en la estimación de los valores medios de los cambios en los datos de crecimiento (biomasa, IAF, etc.) a intervalos determinados por dos muestras sucesivas a lo largo del ciclo de vida de un cultivo y no requiere equipo sofisticado para generar la información (Hunt, 1979; Silva *et al.*, 2000; Hunt, 2003; Hunt *et al.*, 2002). En este enfoque, el curso de los eventos es seguido a través de una serie de cosechas grandes (con muchas repeticiones de las mediciones) y relativamente infrecuentes (Hunt, 1978). El método funcional o dinámico se basa en el ajuste de una función matemática del tipo logístico o de otro tipo (polinómicas, exponenciales, etc.) a los datos de crecimiento, y de ellos derivan los diversos índices de crecimiento (Hunt, 1979; Silva *et al.*, 2000; Hunt, 2003; Hunt *et al.*, 2002). Estas ecuaciones son normalmente de la forma general tamaño= $f$ (tiempo). En este enfoque, las cosechas son mas chicas (menos repeticiones de las mediciones) pero más frecuentes (Hunt, 1978).

El análisis de crecimiento se basa directamente en la evolución cronológica de medidas, tales como peso seco, longitud de tallos, número de hojas, superficie de las mismas, etc. Con estas medidas es posible calcular diferentes índices que nos permitirán explicar el desarrollo y la eficiencia de las plantas (Casierra-Posada *et al.*, 2007). Los índices más comúnmente usados son:

**Tasa de crecimiento absoluto (TCA):** es el índice de crecimiento de las plantas más simple, indica una tasa de cambio en tamaño, el cual es un incremento en tamaño por unidad de tiempo. Por lo general, si  $W$  es el peso seco total de la planta, entonces TCA es su tasa de crecimiento absoluto en peso seco total. Las dimensiones y unidades de TCA son masa por tiempo, por ejemplo, g / día (Hunt, 2003).

$$TCA = dW / dt = b+2ct \text{ (por el método funcional)}$$

y su valor medio en el intervalo  $t_1$  a  $t_2$  es:

$$TCA = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1).$$

**Tasa de crecimiento relativo (TCR):** es una medida de eficiencia de la producción de nueva materia seca sobre la ya existente y es también llamada tasa de crecimiento específico (Silva *et al.*, 2000; Casierra-Posada *et al.*, 2007). Es un tipo más complejo de tasa de cambio, sólo afecta a una variable aleatoria de la planta y el tiempo. Originalmente se la denominó como índice de eficiencia, ya que expresa el crecimiento en términos de una tasa de aumento de tamaño por unidad de tamaño. Como tal, permite hacer comparaciones más equitativas entre los organismos que la tasa de crecimiento absoluto (Hunt, 2003).

TCR es la tasa de aumento de peso seco total por planta,  $W$ , expresada por unidad de  $W$ . Sus dimensiones son masa por masa por tiempo, típicamente en unidades de g / g. día o g / g. semana (Hunt, 2003).

$$TCR = (1/W) * (dW/dt) = (b+2ct) / (a+bt+ct^2) \text{ (por el método funcional)}$$

y su valor medio en el intervalo  $t_1$  a  $t_2$  es:

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

**Tasa de asimilación neta (TAN):** es la acumulación de materia seca por unidad de área foliar durante el período vegetativo. Es una medida de la eficiencia fotosintética de la planta y representa el equilibrio entre el material producido por la fotosíntesis y lo que pierde a través de

la respiración (Silva *et al.*, 2000; Gil *et al.*, 2003; Casierra-Posada *et al.*, 2007). Sus dimensiones son masa unidad de área foliar por tiempo, típicamente en unidades de  $g / m^2_{\text{área foliar}} \cdot \text{Día}$ .

$$\text{TAN} = (1/A) \cdot (dW/dt) = (b+2ct)/(a'+b't+c't^2) \text{ (por el método funcional)}$$

y su valor medio en el intervalo  $t_1$  a  $t_2$  es:

$$\text{TAN} = (W_2 - W_1 / A_2 - A_1) \cdot (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)$$

### **1.2.1.2 Maduración**

La maduración es la segunda fase y sigue después de que el fruto alcanza el máximo tamaño. Los eventos fisiológicos que ocurren durante la maduración han sido bien documentados para muchos frutos (Rigney y Wills, 1981).

Madurez es la etapa cuando el fruto está listo para consumo, y maduración es el complejo de eventos que culminan en la madurez. La etapa de maduración no comienza hasta que el fruto ha logrado un desarrollo considerable. Se ha tratado de estimular la maduración de frutos mediante tratamientos con etileno o derivados, pero el producto resultante no es palatable (Coombe, 1976).

La maduración del fruto de tomate es un proceso regulado en el que el color, sabor, aroma, y textura cambian en forma coordinada. Una de las características más notables de la maduración es el dramático incremento en el contenido de carotenoides del fruto. El cambio en la pigmentación es causada por una acumulación masiva de licopeno en los plastidios y la desaparición de clorofila (Fraser *et al.*, 1994).

El proceso de maduración puede ser detectado por un cambio en color de verde a rojo (Khudairi, 1972).

En la mayoría de los frutos carnosos la maduración también incluye ablandamiento, se vuelven suaves y esponjosos, esto causado por cambios en las sustancias pécticas. La actividad modificadora de la pared celular de varias enzimas, incluidas la poligalacturonasa, pectin-metil-

esterasa, endo- $\beta$ -manasa,  $\alpha$  y  $\beta$ -galactosidasa, y  $\beta$ -glucanasa, causan ablandamiento de todo el fruto mediante la alteración de la textura debido a la degradación de los componentes estructurales necesarios para reforzar la pared celular y la adhesión de células (Bargel y Neinhuis, 2005).

El momento de ablandamiento en relación al crecimiento varía considerablemente entre especies. Algunos frutos no se ablandan hasta después de la separación de la planta, como es el caso de palta cultivada comercialmente. Otros se ablandan justo después y durante los eventos finales de la maduración, para cuando la mayoría de la expansión ha sido completada (banana, frutos tiernos). La uva se ablanda al comienzo del segundo ciclo de crecimiento, muchas semanas antes de la madurez (Coombe, 1976).

El aumento de dulzura, usualmente acompañado de una disminución de acidez y astringencia y un aumento de los componentes aromáticos, son también característicos de esta etapa (Khudairi, 1972; Coombe, 1976; White, 2002). El cambio de color acompañado por un delicado aroma hace la fruta atractiva para su consumo.

Hay otros eventos que deben ser incluidos tales como pérdida de clorofila, una continua expansión de células, aumento de la tasa respiratoria y producción de etileno (Coombe, 1976).

El oxígeno y el dióxido de carbono son los gases atmosféricos involucrados en la fotosíntesis y respiración en frutos. La respiración del fruto aumenta rápidamente durante las etapas tempranas de la maduración, un fenómeno llamado pico climatérico. Por lo anterior, los frutos se pueden dividir en dos grupos con mecanismos de maduración opuestos: frutos climatéricos (tomate, palta, durazno, ciruelo, manzana, pera, melón, palta y banana), que muestran un pico de biosíntesis de etileno y un incremento en la respiración durante la maduración, mientras que los frutos no climatéricos (cereza, higo, frutilla, uva, ananá y citrus) no lo presentan (Khudairi, 1972; Coombe, 1976; White, 2002). Una característica que cabe mencionar es que los frutos que exhiben el pico climatérico contienen carotenoides, mientras que los frutos no climatéricos no (Khudairi, 1972).

En tomates la maduración es iniciada por el etileno. Así como con muchas señales hormonales, la respuesta al etileno puede ser modulada tanto por cambios en la biosíntesis de etileno como por la presencia o ausencia de receptores celulares (White, 2002). El etileno en concentraciones de 1 ppm, es suficiente para inducir cambios de color en muchos frutos carnosos.

Se cree que el etileno regula la maduración del fruto mediante la coordinación de la expresión de genes que son responsables de varios procesos, incluyendo el aumento en la tasa de respiración, la producción autocatalítica de etileno, la degradación de clorofila, la síntesis de carotenoides, la conversión de almidón en azúcares, y un aumento de la actividad de las enzimas que degradan la pared celular (Theologist *et al.*, 1992).

El etileno, considerado la hormona de la maduración, junto con la actividad poligalacturonasa (PG) son considerados como los factores claves del control endógeno de la maduración del tomate y previene el desarrollo de varios desordenes fisiológicos (Khudairi, 1972; Rigney y Wills, 1981; Bargel y Neinhuis, 2005).

La maduración parecería ser una fase programada genéticamente del desarrollo envolviendo un ordenamiento de actividad enzimática diferente de la fase siguiente: la senescencia (Coombe, 1976).

### **1.2.1.3 Senescencia**

Los frutos carnosos muestran un tipo de senescencia, también llamada sobremadurez, que se caracteriza por una textura harinosa, no muy agradable al paladar (Khudairi, 1972).

La fisiología de la senescencia trae consigo un cambio en color de amarillo, naranja o rojo a marrón grisáceo, con aumento del contenido de azúcares en algunas frutas, y la conversión de protopectina a ácido péctico. La pectina, el principal constituyente de la pared del fruto, se encuentra combinada con calcio, formando pectato de calcio. Los pectatos proporcionan el componente de firmeza de una manzana crujiente; una manzana sobremadura tiene más

sustancias pécticas solubles convertidas por la pectin-esterasa y la enzima poligalacturonasa (PG) (Khudairi, 1972). La PG se encuentra en tomates maduros, pero no en frutos sin madurar.

## **1.2.2 Pigmentación de los frutos**

### **1.2.2.1 Principales pigmentos**

Los tres principales tipos de pigmentos presentes en los frutos son: clorofilas, carotenoides y antocianinas.

#### **1.2.2.1.1 Clorofilas**

De las tres pigmentos antes mencionados, las clorofilas son las más ampliamente distribuidas y las más importantes (Gross, 1991).

Los frutos verdes le deben su color a las clorofilas **a** y **b**, ambas liposolubles y ubicadas en los cloroplastos (Khudairi, 1972; Gross, 1991). Todas las plantas verdes contienen clorofila **a** y **b**. En las plantas superiores la clorofila **a** es la principal y la clorofila **b** es un pigmento accesorio (Gross, 1991).

Las clorofilas son porfirinas que contienen el anillo tetra pirrólico básico, de los cuales uno es reducido. Los cuatro anillos están coordinados con Magnesio iónico (Gross, 1991).

Las clorofilas son los pigmentos responsables de la fotosíntesis, el proceso fundamental que convierte energía lumínica en energía química. En presencia de luz, los carbohidratos y otros compuestos orgánicos son producidos a partir de dióxido de carbono y agua, con la liberación de oxígeno molecular (Gross, 1991).

Su síntesis se puede impedir cubriendo los tomates en desarrollo mientras están todavía en la planta, lo que indica que la misma está influenciada por la cantidad y calidad de luz.

Cuando se excluye la luz, los frutos alcanzan el máximo tamaño pero son blancos. Los tomates, tanto verdes como blancos, se vuelven rojos cuando son expuestos a condiciones favorables para maduración, tales como luz apropiada y temperatura óptima (Khudairi, 1972).

Durante el cambio de color de los frutos y hojas, dos procesos están operando: la degradación de clorofila y la síntesis de carotenoides. Se sugiere que el desarrollo de color en frutos puede ser debido a la destrucción de clorofila y al resultado de desenmascarar otros pigmentos presentes (Khudairi, 1972; Gross, 1991).

Según Khudairi (1972) este no es el caso del tomate. El cambio de color durante la maduración sigue esta secuencia: verde – blanco - amarillo – anaranjado – anaranjado/rojo - rojo. El cambio de verde a blanco involucra degradación de clorofila, y de blanco a rojo involucra síntesis de carotenoides. El color rojo es debido al licopeno, y el amarillo y naranja resulta de otros carotenoides.

En tomate, el contenido de clorofila fue máximo en frutos inmaduros y disminuye dramáticamente a medida que la fruta desarrollaba y maduraba. El proceso de maduración fue acompañado por un rápido aumento en el contenido de caroteno de la fruta (53 veces), con una disminución aproximada en el nivel de xantofilas de 10 veces como proporción del total de carotenoides (Fraser *et al.*, 1994).

Una de las características más importantes de las clorofilas es su extrema labilidad. Son sensibles a la luz, al calor, oxígeno y a la degradación química (Gross, 1991).

#### **1.2.2.1.2 Carotenoides**

Todos los carotenoides derivan de la isopentil difosfato (Bramley, 2002; Passam *et al.*, 2007).

Los carotenoides son polienos de cadenas largas, entre 20 y 40 carbonos, que son comunes a todos los tejidos fotosintéticos (Khudairi, 1972; Gross, 1991).

Están ampliamente distribuidos en plantas, animales y microorganismos. En plantas superiores están presentes en plástidos ubicados en raíces (como zanahoria y batata) y en los cloroplastos de hojas verdes (Khudairi, 1972).

Los carotenoides son también encontrados en frutos y flores, donde probablemente actúan como atrayentes de polinizadores y para dispersión de semillas (Bramley, 2002.)

De su estructura básica casi todos los otros carotenoides pueden formalmente derivar por hidrogenación, ciclización, oxidación o cualquier combinación de estos procesos (Gross, 1991).

Se dividen en carotenos hidrocarbonados, como el licopeno (acíclico) y el beta caroteno (alicíclico), o carotenos oxigenados (xantofilas), representados por luteína y violaxantina (Khudairi, 1972; Gross, 1991; Bramley, 2002). Estos últimos comúnmente presentes en hojas y flores.

El contenido de carotenoides en el fruto del tomate ha sido ampliamente estudiado. Los carotenoides comúnmente encontrados son: licopeno, licopediol,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  caroteno, luteína, xantofilos, neurosporeno, fitoeno, fitoflueno, criptoxantina, licoxantina, neolicopeno, dihidroxi dihidro licopeno, epóxido y licopeno epóxido (Dorais *et al.*, 2001).

Estudios del contenido de pigmentos en la pulpa interna y en la región externa del pericarpio durante el crecimiento y maduración del fruto de tomate mostraron que la distribución y formación de los pigmentos eran diferentes. El  $\beta$ -caroteno, luteína, violaxantina, auroxantina, neoxantina, y clorofila **a** y **b** se acumulan en ambas partes del fruto en crecimiento, luego permanecen constantes, excepto por las clorofilas y neoxantina, que disminuyen. El fitoflueno y licopeno aparecen solo al final de la maduración y casi exclusivamente en la parte externa del fruto (Dorais *et al.*, 2001).

La concentración de carotenoides en tomate incrementa 12 veces durante la maduración del fruto, principalmente debido a la acumulación de dos carotenos, licopeno y  $\beta$ -caroteno (Fraser *et al.*, 1994; Bramley, 2002).

La mayor concentración de  $\alpha$ -y  $\beta$ -caroteno se producen al comienzo de viraje de color del fruto, tras lo cual se acumula el licopeno (Passam *et al.*, 2007).

El tomate es inusual en este aspecto, ya que pocas especies acumulan licopeno en sus frutos. El licopeno es responsable del color rojo y constituye cerca del 80% del contenido total de pigmentos, donde el  $\beta$  caroteno está cerca del 5% del total de contenido de carotenoides. Su concentración en la fruta depende del cultivar y de las condiciones de crecimiento (Dorais *et al.*, 2001).

Los contenidos de licopeno y  $\beta$ -caroteno en fruto se incrementaron en 282 y 11 veces, respectivamente, a los 14 días después de cambio de color (Fraser *et al.*, 1994).

Diferentes prácticas culturales, tales como invernaderos plásticos o a campo, así como la posición del fruto en la planta, afecta el contenido de carotenoides del tomate (Gross, 1991).

El mayor contenido de caroteno se encontró en el fruto maduro en planta (Gross, 1991).

Excepto por los carotenoides más insaturados, los carotenoides son sólidos a temperatura ambiente y pueden cristalizar en varias formas. Además, debido al sistema de dobles enlaces conjugados en la molécula, los carotenoides son fácilmente destruidos por degradación oxidativa (Gross, 1991).

Aumentando el suministro de potasio en tomate, aumenta el contenido total de carotenoides. El licopeno sigue una tendencia similar, mientras que este tiene el efecto opuesto en los niveles de  $\beta$ -caroteno. Este último efecto se debe más a la relación precursor-producto entre los dos pigmentos que al fertilizante (Gross, 1991).

#### **1.2.2.1.3 Antocianinas**

El tercer tipo de pigmentos es la antocianina, un pigmento rojo soluble en agua que no está localizado en plástidos y difunde preferentemente en las vacuolas de las células. Las manzanas rojas, uvas, cerezas y frutillas son ejemplos; el tomate no tiene este pigmento (Khudairi, 1972).

### **1.2.2.2 Factores que afectan la síntesis de pigmentos en frutos de tomate**

Los factores que afectan la síntesis de pigmentos en los frutos son la luz, temperatura y gases atmosféricos.

#### **1.2.2.2.1 Luz**

El proceso de cambio de color en tomates durante la maduración es desencadenado por un factor ambiental, la luz, seguido de una cadena de reacciones bioquímicas. La cadena de reacciones dentro de los cloroplastos – cromoplastos son: la producción de etileno, degradación de clorofila, absorción de oxígeno, síntesis de ABA y la transformación enzimática de carotenos incoloros a amarillo, luego naranja y finalmente rojo (Khudairi, 1972).

La luz aumenta la síntesis de carotenoides, siendo la luz roja más eficiente que la luz blanca o verde (Khudairi, 1972; Gross, 1991).

Hay dos efectos diferentes de la luz roja en la maduración de tomate: por un lado la producción de etileno, que aumenta de la degradación de clorofila y la formación de fitol, el cual es inhibida por las Giberelinas, y por el otro, la producción de ácido absísico, que afecta la síntesis de licopeno (Khudairi, 1972).

El mayor contenido de licopeno se detectó con luz de alta intensidad sin filtrar ninguna longitud de onda (luz blanca). La biosíntesis de carotenoides mediada por el fitocromo fue estudiada mediante la exposición breve de tomates verdes a luz roja o rojo lejano y luego expuestos a la oscuridad. La exposición de frutos a cinco minutos de luz roja permite la maduración dentro de una semana. En contraste, la radiación rojo lejano inhibe la maduración (Khudairi, 1972; Gross, 1991), lo que sugiere una respuesta mediada por el fitocromo.

Pero por el otro lado, los tomates madurados con y sin luz contienen el mismo patrón de carotenoides, lo que indicaría que la carotenogénesis es independiente de la luz. La misma podría ser estimulada por la luz, pero la luz no es requerida para su inducción (Gross, 1991; Gruda, 2005).

Aunque la formación de carotenoides en fruta madura no requiere de la inducción de la luz, los frutos sombreados siempre tienen un menor contenido de carotenoides (Dorais *et al.*, 2001).

La calidad espectral de la luz también puede desempeñar un papel importante, ya que influye sobre el contenido de compuestos fenólicos y carotenoides de las frutas. En consecuencia, hay un efecto estacional en los niveles de licopeno y de antioxidantes en las frutas, así como un efecto del riego y el estado nutricional de la planta (Passam *et al.*, 2007).

#### **1.2.2.2.2 Temperatura**

Altas temperaturas aceleran el desarrollo del fruto de tomate y reducen el tiempo requerido para la maduración, pero también reducen su tamaño, y por lo tanto su calidad (Dorais *et al.*, 2001).

La síntesis de ciertos pigmentos es sensible a la temperatura. Esta sensibilidad varía de planta en planta (Gross, 1991).

A 0°C, la síntesis de todos los polienos en tomate es inhibida. Temperaturas de 15-25°C parecen óptimas para las enzimas que causan la síntesis de licopeno (Khudairi, 1972; Gross, 1991; Passam *et al.*, 2007).

También se observó que en tomates expuestos a temperaturas por encima de 30° C se inhibía la síntesis de licopeno pero no de otros carotenos (Gross, 1991; Passam *et al.*, 2007).

Bajo invernadero, el color del fruto de tomate se desarrolla mejor cuando la temperatura es mantenida entre 12 y 21°C. Temperatura del aire muy baja (menores a 10°C) o muy alta (mayor a 30°C) inhiben la maduración normal del fruto y el desarrollo de licopeno (Dorais *et al.*, 2001; Passam *et al.*, 2007). Además las bajas temperaturas favorecen frutas grandes de forma irregular con sus carpelos a menudo separados y con la placenta expuesta (Dorais *et al.*, 2001).

Se encontró un mayor contenido de licopeno en frutos madurados en invernaderos con alta temperatura, los que también maduraron a una tasa mayor. Esto se explica por el hecho que los frutos fueron expuestos sólo parte del día a temperaturas mayores a 30°C. Los tomates

expuestos a amplias fluctuaciones de temperatura en la planta maduran normalmente si las temperaturas de noche se mantienen por debajo de 30°C (Gross, 1991; Gruda, 2005).

Tomates cultivados en climas subtropicales, donde las temperaturas del día pueden alcanzar los 50°C y aquellos crecidos bajo luz solar directa exhiben parches blancos y escaldado solar en el lado expuesto del fruto, mientras que el otro lado desarrolla el color rojo normal de la variedad (Khudairi, 1972).

A diferencia de la síntesis de ácido ascórbico, que es promovido por la exposición de la fruta a plena luz solar, la síntesis de licopeno es mayor en las frutas que son sombreadas por las hojas (Passam *et al.*, 2007).

#### **1.2.2.2.3 Hormonas**

La síntesis de licopenos es inhibida por las Giberelinas (GAs). Tomates inyectados con Acido Absícico maduraron más rápido que los no inyectados. La aplicación de Acido Absícico induce la síntesis de licopeno en la oscuridad, mientras que las GAs la inhiben, y el nivel de carotenos en estos tomates fueron incluso menores que en los control (Khudairi, 1972).

La inhibición de la síntesis de licopenos en tomate por las GAs fue revertida por la aplicación de etileno en concentraciones de 1000 ppm por 24 hs. Se encontró que el etileno endógeno aumento en tomates tratados con Acido Absícico. También se encontró que la producción de etileno es acelerada con luz roja y es retrasada con rojo lejano (Khudairi, 1972).

Los tomates cosechados al 90% de desarrollo y tratados con etileno, mostraron una tasa de degradación de clorofila acelerada y una rápida síntesis de carotenos y licopenos (Gross, 1991).

La luz roja contrarresta el efecto inhibitor de la GA mientras el ABA vence la inhibición de síntesis de licopeno normalmente causada por radiación rojo lejano (Khudairi, 1972).

### **1.2.3 Calidad del fruto de tomate**

Los componentes de calidad en tomate incluyen apariencia (color, tamaño, forma, libre de defectos y pudriciones), firmeza, sabor y valor nutricional (Kader *et al*, 1978; Kader, 1986).

#### **1.2.3.1 Atributos de calidad**

Los atributos de calidad dependen del destino de la fruta (mercado en fresco o industria). Por ejemplo, varias características del fruto del tomate como sólidos solubles, azúcar, acidez, pH, forma y color son importantes tanto para mercado en fresco y la industria del procesado; la materia seca es un caracter muy importante para el tomate industria, mientras que otras características como el sabor y la vida útil son más importantes sólo para el mercado en fresco (Ho, 1996; Gruda, 2005).

Los consumidores compran el tomate en base a la apariencia y a la firmeza, pero su satisfacción y repetición en el consumo dependen de la buena calidad del sabor (Kader, 1986).

La preferencia por un tamaño dado de tomate varía entre consumidores y depende, en algún punto, de la intención de uso de la fruta. El rango de tamaño varía también entre cultivares (Kader, 1986).

La calidad organoléptica del tomate es atribuida principalmente a sus aromas volátiles, azúcares y contenidos de ácidos, mientras que la calidad nutracéutica es definida por sus minerales, vitaminas, carotenoides, y contenido en flavonoides (Dorais *et al.*, 2001).

##### **1.2.3.1.1 Color**

Los consumidores compran tomate en fresco principalmente por la apariencia y sabor (Kader *et al*, 1978). Pero el color tiene una gran influencia en el comportamiento de compra del consumidor. En este caso el color es un indicador del estado de madurez en fruto de tomate (Kader, 1986).

Es esencial ofrecer fruta con coloración uniforme y matices para satisfacer la demanda del consumidor (Passam *et al.*, 2007). El color externo del tomate es el resultado del color de la carne y la piel. La mayoría de los consumidores prefieren los tomates rojos. Sin embargo el fruto del tomate está disponible en otros colores (rosa, violeta, naranja, amarillo, etc.) (Kader, 1986).

#### **1.2.3.1.2 Textura y firmeza**

Luego de la apariencia visual, el factor más importante en la calidad de tomate es la firmeza que está asociada al estado de maduración (Kader, 1986). La textura es un componente importante de la calidad del fruto de tomate y de la aceptabilidad del consumidor (Dorais *et al.*, 2001), mientras que la firmeza del fruto maduro es una cualidad importante para el transporte, manipuleo y vida poscosecha (Ho, 1996).

Se ha establecido que la textura está compuesta por varias propiedades tales como características mecánicas (dureza, masticabilidad, y viscosidad), geométricas (particularmente tamaño y forma), y químicas (humedad y contenido de grasa). Factores tales como organelas celulares y constituyentes bioquímicos, contenido hídrico o turgencia, composición de la pared celular y factores abióticos (disponibilidad de agua y nutrientes, temperatura y humedad relativa) que afectan estos rasgos, afectaran la textura del fruto. Estos factores varían, no solo entre cultivares, sino en función de las condiciones de crecimiento (Dorais *et al.*, 2001).

La firmeza del fruto es controlada por la integridad de la pared celular de los tejidos, la elasticidad de los tejidos del pericarpio, y la actividad enzimática envuelta en el ablandamiento del fruto durante el proceso de maduración. La regulación del ablandamiento en fruta madura puede ser a través de la síntesis de hidrolasas de la pared celular y etileno o por deposición de calcio más que a la importación de asimilados (Ho, 1996).

#### **1.2.3.1.3 Materia seca del fruto**

Generalmente, del 5 al 7,5% del contenido del fruto de tomate es materia seca (MS) (Ho, *et al.*, 1987; Ho, 1996; Yilmaz, 2001). Por lo tanto, la tasa de acumulación de MS por los frutos de tomate varía sustancialmente entre cultivares.

Cuadro 1.1: Componentes de la materia seca y fresca en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

COMPONENTE		% MATERIA SECA	% MATERIA FRESCA	CARACTERISTICAS	AUTOR
AZÚCARES LIBRES	FRUCTOSA	50%		Única forma de almacenamiento de carbono importado. Los niveles aumentan en las fases tempranas del desarrollo del fruto, seguidas por una disminución hasta casi cero a la madurez.	(Stevens <i>et al.</i> , 1977b; Dinar y Stevens, 1981; Ho, <i>et al.</i> , 1987; Yilmaz, 2001)
	GLUCOSA				
	SACAROSA	1%	< 0,1%		
ALMIDON					(Dinar y Stevens, 1981)
MINERALES		8%		Potasio, Nitrógeno y Fósforo contabilizan más del 90% del total de minerales.	(Yilmaz, 2001; Dorais <i>et al.</i> , 2001)
PROTEINAS Y AMINOACIDOS		8%			(Yilmaz, 2001)
				El ácido glutámico, ácido aminobutírico y la glutamina representan el 65% de aminoácidos encontrados en el fruto de tomate. El ácido aspártico puede también ser abundante y aumenta durante la maduración. El desarrollo del sabor puede ser afectado por cambios en la concentración de amino ácidos durante la maduración del fruto.	(Dorais <i>et al.</i> , 2001)
PECTINAS, CELULOSA, HEMICELULOSA, PIGMENTOS, VITAMINAS Y LIPIDOS		27 al 32 %			(Dorais <i>et al.</i> , 2001)
		20%			(Yilmaz, 2001)
FIBRA (LIGNINA Y POLISACARIDOS DE LAS PAREDES CELULARES)			1%		(Dorais <i>et al.</i> , 2001)
ACIDOS ORGANICOS	Acido Cítrico	10 al 15 %		Son los principales ácidos orgánicos encontrados en el fruto de tomate. Sus contenidos varían con el genotipo, estado de madurez, estado nutricional de la planta y del ambiente.	(Yilmaz, 2001; Dorais <i>et al.</i> , 2001)
	Acido Málico				
COMPONENTES VOLATILES		0,1%			(Yilmaz, 2001)

El contenido de MS del fruto maduro en general esta inversamente relacionado al tamaño del fruto. Además, el contenido de MS está correlacionado positivamente al contenido total de azúcares de la fruta (Ho, 1996).

El relativamente alto contenido de MS de frutos de tomate bajo invernadero en el verano parece ser el resultado del mayor suministro de asimilados combinado con suministro de agua limitado causado por stress hídrico (Ho, 1996).

El rasgo distintivo de la pulpa del fruto es que se expande y se convierte en jugosa, dulce y coloreada. El agua contribuye por lejos a la mayoría del peso de la pulpa, pero un gran número de otros componentes también se acumulan, muchos de los cuales son solubles en agua. La lista incluye azúcares (especialmente glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos (malato, oxalato, citrato, succinato), protones y otros iones (especialmente  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , etc), alcoholes, esterres, flavonoides, glucósidos (incluyendo muchos pigmentos), componentes fenólicos, amino ácidos, amidas, proteínas, vitaminas, alcaloides, terpenos, y muchos otros (Cuadro 1.1) (Coombe, 1976).

El contenido total de azúcar del tomate maduro está entre el 1,7 y el 4,7% (Yilmaz, 2001).

#### **1.2.3.1.4 Propiedades organolépticas**

El *flavor* es una sensación compleja que envuelve la percepción de gustos y aromas de muchos componentes químicos. Azúcares, ácidos y sus interacciones son importantes para la dulzura, acidez, y toda la intensidad de sabores en tomate (Stevens *et al.*, 1977a; Kader, 1986).

Los cuatro sabores, dulce, agrio, salado y amargo son percibidos por receptores gustativos de la lengua, mientras que los volátiles son percibidos por las terminaciones nerviosas olfativas de la nariz (Baldwin *et al.*, 1998; López Camelo, 2003). El sabor característico del tomate se produce por la interacción compleja de los componentes volátiles (hexanol, acetona, etanol, metanol, etc.) y no volátiles (azúcares, ácidos orgánicos, amino ácidos, etc.) (Yilmaz, 2001).

El sabor agridulce de tomate se debe a una combinación de los azúcares y ácidos orgánicos presentes (Stevens *et al.*, 1977a). Los azúcares más importantes son glucosa y fructosa (Stevens *et al.*, 1977b; Ho, *et al.*, 1987). También están presentes pequeñas cantidades de sacarosa, rafinosa, arabinosa, xilosa, galactosa y mioinositol (Yilmaz, 2001).

La fructosa y ácido cítrico son más importantes para la dulzura y acidez que la glucosa y ácido málico (Kader, 1986). La fructosa hace una mayor contribución que la glucosa, lo que no sorprende ya que la fructosa es más dulce que la glucosa (Stevens *et al.*, 1977a; Yilmaz, 2001).

El ácido cítrico hace una mayor contribución en la acidez que el ácido málico, debido a su mayor contenido. El ácido málico es cerca de un 14% más ácido que el ácido cítrico, pero en la mayoría de los genotipos de tomate, el ácido málico aparece en relativamente bajos niveles comparado con el cítrico (Stevens *et al.*, 1977a; Yilmaz, 2001).

Los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, tartárico) tienden a disminuir a medida que el fruto madura por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar (López Camelo, 2003).

Se han encontrado correlaciones positivas entre la dulzura, contenido de azúcares reductores y sólidos solubles (Kader, *et al.*, 1977; Stevens *et al.*, 1977a).

Existen correlaciones significativas entre acidez titulable y la aceptabilidad general, el pH con la dulzura y acidez, y la relación sólidos solubles/acidez titulable con el gusto general (Yilmaz, 2001). Muchos azúcares y relativamente muchos ácidos son necesarios para el mejor sabor. Altos ácidos y bajos azúcares producirán un tomate desabrido mientras que al revés resultara en sabor insulso. Cuando ambos están bajos, da un tomate sin sabor, insípido (Kader, 1986).

#### **1.2.3.1.5 Propiedades nutraceuticas**

La demanda de los consumidores de estos parámetros ha aumentado considerablemente, junto con las necesidades de un mayor contenido de minerales, vitaminas y sustancias bioactivas (Gruda, 2005).

Estos compuestos o sus metabolitos que han sido denominados funcionales, ayudan a prevenir enfermedades como el cáncer, tienen un efecto protector ante problemas

cardiovasculares, son neutralizantes de los radicales libres, reducen el colesterol y la hipertensión, previenen la trombosis, y poseen otros efectos beneficiosos (López Camelo, 2003).

Se encontró una alta correlación negativa de estos compuestos con el riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Gross, 1991; Krinsky, 1991; Passam *et al.*, 2007).

Las frutas y hortalizas son muy apreciados por ser ricos en compuestos bioactivos, como terpenos (zanahoria, tomate apio), fenoles (tomate, cereza, uva), carotenoides (zanahoria, pimiento, tomate), lignanos (brócoli), tioles (ajo, cebolla, puerro) y glucosinolatos (crucíferas) (López Camelo, 2003; Gruda, 2005), así como de su fibra dietética.

El tomate, además de contribuir con elementos nutritivos, color y sabor a la dieta, es también una fuente valiosa de antioxidantes, el cual deriva de una mezcla de biomoléculas antioxidantes, incluyendo el licopeno, el ácido ascórbico, compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina E (Passam *et al.*, 2007).

Los tomates también son importantes fuentes de vitamina A y C (Kader, 1986; Yilmaz, 2001 López Camelo, 2003).

La protección antioxidante del tomate se debe a la habilidad de los carotenoides de aplacar radicales libres (Gross, 1991). El contenido de licopeno y la actividad antioxidante del tomate varía entre cultivares y es mayor en tomates cherry o cóctel (Passam *et al.*, 2007).

En humanos, el licopeno es destruido en la piel en respuesta a la exposición a rayos ultra violetas y por ende representa una primera línea de defensa contra el daño oxidativo inducido por dichos rayos (Gross, 1991; Dorais *et al.*, 2001). El  $\beta$  caroteno es usado en la terapia de enfermedades, donde la sensibilidad a la luz es un síntoma fundamental.

El beneficio potencial del licopeno también ha sido estudiado con respecto a enfermedades cardiovasculares, función del sistema inmunitario (infección con HIV), hiperlipidemia, enfermedad de Parkinson, condiciones de inflamación y arterioesclerosis (Dorais *et al.*, 2001).

Hay evidencia considerable que vincula una alta ingesta de tomates (y presumiblemente de licopeno) a una reducida incidencia de cáncer de próstata (Gross, 1991; Bramley, 2002).

Se cree que también disminuye la incidencia de cáncer de páncreas y estomago. Más recientemente, se han presentado evidencias que muestran que la salsa de tomate reduce la cantidad de ADN dañado en los glóbulos blancos y tejidos de individuos con cáncer de próstata (Bramley, 2002).

Otros carotenos, como la zeaxantina y luteína, también ofrecen protección contra la degeneración muscular (Bramley, 2002).

Debido a su importancia para la salud humana, los antioxidantes pueden ser considerados como un atributo de calidad de valor de los tomates, y es importante minimizar las pérdidas de estos compuestos durante el período post-cosecha (Passam *et al.*, 2007).

Para el consumidor, es importante saber que el 52% de los antioxidantes totales (48% de licopeno, 43% de ácido ascórbico, 53% de compuestos fenólicos) se encuentran en la epidermis de la fruta, lo que en consecuencia, no debe descartarse durante el consumo (Passam *et al.*, 2007).

### **1.2.3.2 Factores ambientales que afectan la calidad del fruto de tomate**

#### **1.2.3.2.1 Efecto de la intensidad de luz**

La intensidad de luz recibida por las plantas afecta no solo los azúcares solubles, ácido ascórbico y pigmentos en el fruto, sino que también influyen en la cantidad de fotoasimilados disponibles para el fruto (Dorais *et al.*, 2001).

La vitamina C, incluyendo el Ácido Ascórbico y Ácido Deshidroascórbico, es uno de los factores más importantes de calidad nutricional en muchos cultivos de hortalizas y tiene muchas actividades en el cuerpo humano. La cantidad y la intensidad de la luz durante la temporada de cultivo tienen una clara influencia en la cantidad de Acido Ascórbico formado. En general, menor la intensidad de la luz, menor es su contenido en los tejidos vegetales (Gruda, 2005).

El exceso de luz resulta en quemaduras de sol que es un problema significativo para una amplia gama de cultivos, como tomate, pimiento, berenjena y pepino (Gruda, 2005).

Fruta expuesta a luz directa tendría temperaturas de la superficie sustancialmente mayores que la temperatura ambiente. Alta radiación puede aumentar el rajado de frutos a través de un aumento en la temperatura del fruto (Ehret *et al.*, 1993).

El aumento en la intensidad de luz incrementa la MS del fruto y el contenido de los principales compuestos determinantes del sabor, azúcares solubles y ácidos, así como elementos minerales, pero no tiene casi efecto en la concentración de ácidos orgánicos (Gruda, 2005). Esta podría ser la explicación del pobre gusto a veces asociada con hortalizas crecidas en el otoño.

Frutos de tomate y frutilla producidos a plena luz solar contiene más azúcares y MS que los crecidos a la sombra (Gruda, 2005).

Intensidades bajas de luz reducen la síntesis de pigmentos en tomate, sobre todo licopeno, resultando en una coloración irregular del fruto, y conduce a la formación de fruta hueca y con sabor harinoso (Dorais *et al.*, 2001; Gruda, 2005).

#### **1.2.3.2.2 Efecto de la temperatura.**

La temperatura es el factor climático más importante que puede influenciar en la distribución de fotoasimilados entre el fruto y las partes vegetativas, así como su tasa de crecimiento. Altas temperaturas favorecen la distribución de asimilados al fruto, a expensas de crecimiento vegetativo (Marcelis, 1994a; Gruda, 2005).

Altas temperaturas aceleran el desarrollo del fruto y reducen el tiempo requerido para la maduración, pero también reducen su tamaño, y por lo tanto su calidad (Dorais *et al.*, 2001). Bajando la temperatura resultó en menor tasa de crecimiento absoluto de fruto de tomate y un retraso en el momento en que la tasa de crecimiento absoluto es máxima (Gruda, 2005).

Las bajas temperaturas producirán frutos de tomate menos jugoso con sabor harinoso. También causarían una malformación de las frutas, falta de semillas, rajado de pericarpio y falta de pigmentación en pimiento, y frutas deformes en tomate (Gruda, 2005).

Temperaturas excesivas conducen a pérdidas de calidad, produciendo alteraciones en la forma, color y textura de frutos de tomate, pimiento, pepino y berenjena (Gruda, 2005).

Una mayor temperatura estimularía el crecimiento celular, resultando en una mayor tasa de importación de asimilados al fruto, así como una mayor tasa de crecimiento celular. La transpiración de la canopia favorecida por alta radiación así como por una humedad relativa baja debido a una alta temperatura ambiente resultaría en un transporte de Ca a las hojas más que a la fruta, desencadenando la aparición de podredumbre apical en los frutos (Ho *et al.*, 1993).

Altas temperaturas en general causan el rajado de frutos rojos en tomate bajo invernadero. Aumentando dramáticamente la temperatura del fruto aumenta la presión ejercida por la pulpa en la piel y al mismo tiempo disminuye la rigidez y fuerza de la piel, aumentando la incidencia de partido. Sombreado la planta se reduce, pero no elimina, el rajado de fruto (Peet, 1992).

La síntesis de ciertos pigmentos, como los carotenoides ha demostrado ser sensible a la temperatura (Gross, 1991). El color del fruto de tomate se desarrolla mejor cuando la temperatura dentro del invernadero es mantenida entre 12 y 21°C. Temperatura del aire muy baja (<10°C) o muy alta (>30°C) inhiben la maduración normal del fruto y el desarrollo de licopeno (Gross, 1991; Gruda, 2005).

También se encontró que fruta de tomate bajo invernadero cosechada en las estaciones frescas contenían mayor concentración de azúcar que los de las estaciones cálidas. La disminución de calidad en la temporada cálida se debe a una menor actividad enzimática, y probablemente a las temperaturas inusualmente altas en los invernaderos (Gruda, 2005).

Como efectos indirectos, bajas temperaturas (<13° C) reducen la viabilidad del polen mientras que altas temperaturas (>30° C) favorecen un excesivo crecimiento del estilo. Esto

reduce la viabilidad del polen, y como resultado aumentan los defectos de pobre fertilización tales como frutos deformes (Dorais *et al.*, 2001).

En plantas de tomate cultivadas bajo temperaturas nocturnas normales, el porcentaje de granos de polen normal fue más altos que en plantas cultivadas a temperaturas altas de noche (Gruda, 2005).

#### **1.2.3.2.3 Efecto de la Humedad Relativa del aire (HR)**

La HR es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en el estado hídrico de plantas hortícolas bajo invernadero y en consecuencia, afecta todos los procesos que están asociados con la transpiración, como el balance de agua, refrigeración por transpiración y transporte de iones (Gruda, 2005).

Si bien el déficit de presión de vapor no tiene casi efecto sobre el crecimiento y desarrollo de cultivos hortícolas, la HR en un invernadero sin embargo afecta la calidad del fruto. Frutos producidos a baja HR son firmes, más jugosos, menos harinosos y tienen menos desordenes fisiológicos tales como rajado y *gold spots* que los frutos producidos a alta HR (Dorais *et al.*, 2001).

Además, la MS y la concentración de azúcar de la fruta expuesta durante su crecimiento a baja HR fue mayor que las de la fruta expuestas a alta HR, aparentemente debido a una disminución en la acumulación de agua en la fruta (Gruda, 2005).

Bajo condiciones de humedad baja extrema hay una reducción de la tasa fotosintética debido al cierre estomático, reducción del crecimiento, tamaño de fruto y rendimiento total. Además, hay un aumento en el número de fruta afectada por podredumbre apical debido a una alta tasa de transpiración del follaje, limitando el suministro de savia del xilema al fruto (Dorais *et al.*, 2001).

Ahora bien, condiciones de alta de humedad causan una disminución de la transpiración de la planta, una disminución de la absorción de nutrientes, un aumento de la presión radical y generalmente favorece el rajado de frutos (Dorais *et al.*, 2001; Gruda, 2005).

También se encontró que el aumento del déficit de presión de vapor (baja HR) produce un aumento de la intensidad del color de los frutos de tomate (Gruda, 2005). Dorais *et al.* (2001) también informaron de una coloración más intensa de los frutos de tomate cuando las plantas fueron cultivadas bajo déficit de presión de vapor alto.

#### **1.2.3.2.4 Efecto de la nutrición mineral**

##### **1.2.3.2.4.1 Nitrógeno**

El suministro de nitrógeno afecta el tamaño, color y las características de la cutícula del fruto. Una muy alta concentración de nitrógeno afecta negativamente el color, retrasa la maduración, causa maduración desigual, y reduce los contenidos de sólidos solubles en fruta. También aumenta la concentración de ácidos en el fruto y disminuye la calidad organoléptica del mismo. Una alta concentración de nitrógeno también interfiere con la nutrición de Ca y, como consecuencia, aumentan las pérdidas poscosecha y el número de frutos afectados por podredumbre apical (Dorais *et al.*, 2001).

Al mismo tiempo una muy baja concentración en N disminuye el desarrollo de la canopia y, consecuentemente, la cantidad de fotoasimilados disponibles para el fruto. Esto reduce el tamaño, color y rendimiento de fruta (Dorais *et al.*, 2001).

Un aumento del aporte de nitrógeno al tomate por encima del umbral considerado como óptimo para la producción bajo invernadero puede reducir la calidad del fruto al disminuir el contenido de azúcar (Passam *et al.*, 2007).

##### **1.2.3.2.4.2 Calcio**

El fruto de tomate, al tener una baja tasa transpiratoria, posee un contenido relativamente bajo de calcio y a menudo sufre de desordenes de deficiencia de calcio (Grange, 1995).

El calcio está involucrado en un rango de procesos fisiológicos fundamentales de las plantas involucrando paredes celulares, membranas, estructuras cromosómicas y actividades enzimáticas (Rigney y Wills, 1981).

El calcio es transportado predominantemente en la savia xilemática, por lo que el contenido de calcio del fruto es bajo (Grange, 1995).

Debido a la inmovilidad del calcio en el floema, el calcio en las hojas no será removilizado al fruto y el suministro de calcio al fruto es restringido al agua del xilema, que contabiliza menos del 15% del total del agua importada por el fruto. Por lo tanto, la distribución del calcio al fruto es menos del 2% del contenido total de calcio (Dorais *et al.*, 2001).

El bajo contenido de calcio tiene importantes consecuencias, ya que permite a las células expandirse más rápidamente a baja turgencia, mediante la disminución de la extensibilidad de las paredes, y podría también tener un rol en la maduración del fruto facilitando la alteración de la pared celular y de la membrana plasmática durante el ablandamiento general del fruto (Rigney y Wills, 1981; Grange, 1995).

La expansión celular puede ser facilitada por una baja concentración de calcio, a través de una reducción en la rigidez de la pared, pero con el riesgo concomitante de disfunción de membranas (Grange, 1995).

Por ende, un adecuado suministro de calcio a los frutos es esencial para su firmeza y para su vida poscosecha (Dorais *et al.*, 2001).

La concentración de calcio en el fruto distal del racimo tiende a ser más bajo que en los proximales, indicando que los desordenes fisiológicos asociados con calcio son más probables de que se desarrollen en fruta al final del racimo que en fruta cercana al tallo principal (Dorais *et al.*, 2001). Lo mismo sucede en el fruto, donde la parte distal es más deficiente en este nutriente.

La nutrición de calcio en tomate demanda una especial atención porque este nutriente está íntimamente involucrado en la aparición del trastorno fisiológico llamado podredumbre apical de

los frutos, que puede reducir considerablemente la calidad de la fruta y la aceptación del mercado (Passam *et al.*, 2007).

Además, un aumento del suministro de calcio pueden reducir la incidencia del rajado de frutos, otro trastorno fisiológico que conduce a un deterioro de la calidad de la fruta (Passam *et al.*, 2007).

#### **1.2.3.2.4.3 Potasio**

El fruto constituye una importante reserva de fotoasimilados y minerales, sobre todo de potasio. El potasio está involucrado en varios procesos metabólicos, incluida la síntesis de proteínas, activación enzimática (glicolisis, síntesis de sacarosa y almidón, reducción de nitratos), procesos de transporte de membrana, balance de cargas y la generación de presión de turgencia (Dorais *et al.*, 2001).

Las necesidades de potasio en tomate son extraordinariamente altos, debido al rápido crecimiento de la planta en combinación con la pesada carga de frutas (Passam *et al.*, 2007).

Una aplicación adecuada de potasio es un prerrequisito para lograr altos rendimientos y alta calidad de fruta en cultivos de tomate bajo invernadero (Savvas *et al.*, 2008).

Un suministro relativamente alto de potasio aumenta varios atributos de calidad de la fruta del tomate, incluyendo acidez titulable, materia seca del fruto y contenido de sólidos solubles totales, de esta forma aumentando considerablemente el sabor del fruto (Passam *et al.*, 2007; Savvas *et al.*, 2008).

Aumentando el contenido de potasio en la solución nutritiva también aumenta la concentración de licopeno (Savvas *et al.*, 2008).

Cuando la absorción de potasio es más baja que la demanda, el potasio foliar es removilizado al fruto. Una inadecuada concentración de potasio en la solución nutritiva reduce el crecimiento de la planta, tiene un efecto negativo en el cuaje de frutos en plantas jóvenes y

disminuye la partición de materia seca a las hojas y raíces de plantas en fructificación (Dorais *et al.*, 2001).

Esta positivamente relacionado a una buena forma del fruto y a la reducción de desordenes de maduración (Passam *et al.*, 2007).

Como informó Hartz *et al.* (2005), una mayor fertilización con potasio mejora el color del fruto, mientras que al mismo tiempo, reduce la incidencia de de hombro amarillo y otros trastornos de color en frutas.

La incidencia de *blotchy ripening* externo e interno se disminuye con el aumento del suministro de potasio y esta negativamente correlacionado con la cantidad de potasio en la rizósfera, en la planta y en la fruta (Dorais *et al.*, 2001).

Una alta relación potasio:calcio mejora la firmeza de la fruta, y consecuentemente la vida en anaquel. También aumenta la fruta afectada por podredumbre apical, pero reduce la incidencia de *gold spots* (Savvas *et al.*, 2008).

A diferencia del calcio, el potasio es altamente móvil a través del floema y por ende los síntomas de deficiencias aparecen en las hojas viejas, pudiendo causar necrosis de las mismas (Savvas *et al.*, 2008).

#### **1.2.3.2.4.4 Sodio**

El sodio no es un elemento mineral esencial para el tomate, pero puede reemplazar cierta porción de potasio sin el efecto negativo en el crecimiento y en la calidad del fruto (Dorais *et al.*, 2001).

#### **1.2.3.2.4.5 Boro**

Es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta. Un suministro inadecuado de Boro cambia significativamente la actividad de numerosas enzimas y consecuentemente afecta el metabolismo de las plantas superiores. Una deficiencia de Boro

puede reducir considerablemente el rendimiento de fruta, pero su efecto sobre la calidad del fruto es menos conocido (Dorais *et al.*, 2001).

#### **1.2.3.2.4.6 Magnesio**

El magnesio no participa directamente en la calidad de los frutos de tomate, aunque en condiciones de deficiencias graves de magnesio pueden reducir el tamaño y la apariencia general del fruto. Un aumento de la oferta de magnesio por encima de los niveles estándar puede aumentar considerablemente la incidencia de podredumbre apical, salvo que vaya acompañado de un aumento proporcional en el suministro de calcio (Passam *et al.*, 2007).

#### **1.2.3.2.4.7 Salinidad**

Una CE alta (4-8 mS/cm) reduce el rendimiento de fruta debido a una reducción en el tamaño del fruto, mientras que una CE de 12 mS/cm reduce tanto el número y tamaño de fruto, y el contenido de azúcares y ácidos (Passam *et al.*, 2007).

Aumentando la CE de la solución nutriente en plantas de tomate, aumenta la calidad interna y externa del fruto de tomate. El color de frutas rojas mejoró y la vida poscosecha del fruto de tomate se prolongó con el aumento de la CE de la solución nutritiva, mientras que la incidencia de trastornos fisiológicos como *blotchy ripening* y el rajado de frutas disminuyó (Passam *et al.*, 2007). Generalmente el número de frutos afectados por podredumbre apical aumentan con la salinidad y la actividad iónica en la zona radical (Dorais *et al.*, 2001).

Bajo condiciones de alta CE, el fruto generalmente tiene mejores propiedades organolépticas y nutracéuticas, una cutícula más gruesa y resistente, una menor presión de turgencia y como consecuencia una firmeza reducida y una menor susceptibilidad al rajado de frutos (Dorais *et al.*, 2001).

### **1.3 Desordenes fisiológicos en tomate**

La calidad del fruto es un factor crucial en la producción de tomates en invernadero (Bar-Tal *et al.*, 1996).

Los desordenes que se discuten a continuación tienen tanto una componente genética como ambiental, y en muchos casos la causa exacta del desorden no está del todo entendida o involucra un complejo de factores. En la mayoría de los casos más de un factor interviene en su expresión. Los desordenes fisiológicos desarrollados tienen una característica común: los síntomas no pueden ser atribuidos sólo a un agente biológico o a un factor ambiental (Peet, 2009).

### 1.3.1 Rajado de frutos

El rajado de frutos en tomate, así como en otros frutos carnosos (manzana, uva, citrus), puede causar serias pérdidas económicas (Peet, 1992).

El rajado es un desorden que ocurre cuando la expansión interna del fruto es más rápida que la de la epidermis, resultando en un rajado de esta última (Figura 1.3) (Savvas *et al.*, 2008). Las grietas pueden aparecer en círculos alrededor de la cicatriz del pedúnculo (rajado concéntrico) o pueden irradiar desde la cicatriz del pedúnculo (rajado radial) (Peet, 2009).

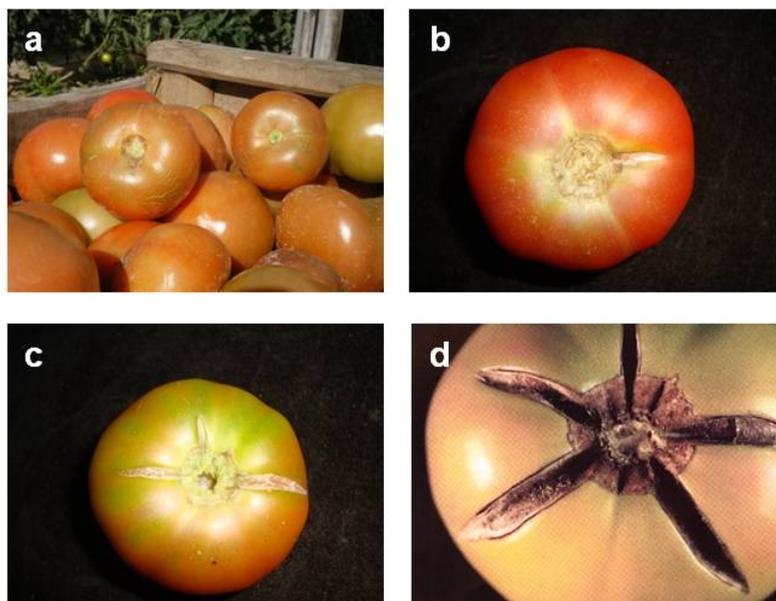


Figura 1.3: Rajado de fruto en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). a y b) rajado leve; c y d) rajado severo.

El rajado reduce el valor comercial y provee la entrada a insectos y hongos, causando pérdidas en los ingresos en tomate en fresco y tomate industria (Peet, 1992).

Muchos factores afectan la aparición del desorden, pero estaría principalmente asociada con el balance hídrico del fruto (Savvas *et al.*, 2008). Cambios en la humedad del suelo durante el crecimiento del fruto afectan la fuerza de la piel. La fuerza de la piel aumenta si el contenido de humedad del suelo disminuye, ocurriendo lo contrario cuando el contenido de humedad del suelo es mayor. En zonas donde las lluvias son comunes durante la maduración, los problemas y las pérdidas pueden ser muy altos. También cuando los periodos de sequia se alivian con riego (Peet, 1992; Peet, 2009).

Condiciones de alta luminosidad, especialmente en la fruta sin sombra, también se han asociado con altas tasas de rajado de fruta (Ehret *et al.*, 1993; Peet, 1992; Peet, 2009). Los frutos de los racimos de arriba son más susceptibles al rajado, debido a una mayor radiación recibida y una mayor temperatura del fruto. Estos factores tienden a favorecer la expansión de la pulpa hacia el interior del fruto y, consecuentemente, un debilitamiento de la cutícula (Ehret *et al.*, 1993; Peet, 1992; Dorais *et al.*, 2001). El aumento de la temperatura de la fruta aumenta la presión de gas e hidrostática de la pulpa en la piel, dando como resultado un agrietamiento inmediato en los frutos maduros (Peet, 2009).

Muchas características de la planta están asociadas con el rajado del fruto: forma y tamaño del fruto, cutícula extensible y gruesa, número de frutos por planta, posición del fruto en la planta, contenido de sólidos solubles, desarrollo de tejido vascular en fruto y arquitectura de la planta (Peet, 1992; Dorais *et al.*, 2001; Peet, 2009).

El número de frutos por planta y la posición en la planta son factores muy importantes. Un alto número de frutos por planta incrementa la competencia entre frutos por carbohidratos, reduciendo así el suministro de azúcares y agua para cada fruto y, como consecuencia, su susceptibilidad al rajado radial y de cutícula. Una alta proporción hoja/fruto, resultante de raleo de frutos, aumenta significativamente el número de frutos afectados por rajado (Peet, 1992; Dorais *et al.*, 2001). Frutos chicos, piel gruesa, profunda penetración de cutina dentro de la piel,

diámetro del fruto pequeño, muchos frutos por planta y hábito de crecimiento de la planta semideterminado, son otras características de los frutos asociadas con la resistencia al rajado (Peet, 1992). La resistencia de las paredes celulares y membranas a la fuerza impulsora para el rajado juega un rol crucial en la ocurrencia de este desorden. Por lo tanto, los factores que contribuyen a reforzar estas estructuras pueden reducir la incidencia de rajado de frutos (Savvas *et al.*, 2008).

Las prácticas culturales que se traducen en crecimiento uniforme y relativamente lento de la fruta, como humedad constante del suelo, preferentemente baja, ofrecen cierta protección contra el rajado fruto (Peet, 2009). Capado de plantas, desbrote, conductividad de la solución fertilizante baja, y ampliando el espacio entre plantas incrementan el rajado (Peet, 1992). Sombreado las plantas se reduce, pero no elimina, el rajado de fruto.

El fruto se vuelve más susceptible a este desorden a medida que madura, especialmente cuando desarrolla el color (Savvas *et al.*, 2008). La cosecha del fruto en estado pintón y la selección de cultivares resistentes al rajado ofrecen probablemente la mejor protección contra el agrietamiento (Peet, 2009).

### **1.3.2 Podredumbre apical de los frutos**

La podredumbre apical es un desorden fisiológico que ocurre frecuentemente en tomate y se desarrolla en el fruto como una depresión externa visible de tejido necrótico afectando la parte distal del fruto (Figura 1.4) (Dorais *et al.*, 2001 Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009).

El desorden es causado por una deficiencia local de calcio en la parte distal de la fruta, que resulta en una alteración de la estructura del tejido en esa área (Ehret y Ho, 1986b; Ho, 1996; Bar-Tal *et al.* 2003; Passam *et al.*, 2007; Savvas *et al.*, 2008).

Para satisfacer la demanda relativamente alta de calcio de los frutos debe haber una alta tasa de flujo de volumen en el xilema de estos órganos. Sin embargo, como el fruto se caracteriza por baja tasa de transpiración y baja tasa de flujo de volumen del xilema, su

contenido de calcio es muy bajo en relación con las hojas y es muy sensible a las fluctuaciones en las condiciones ambientales (Bar-Tal *et al.*, 2003).

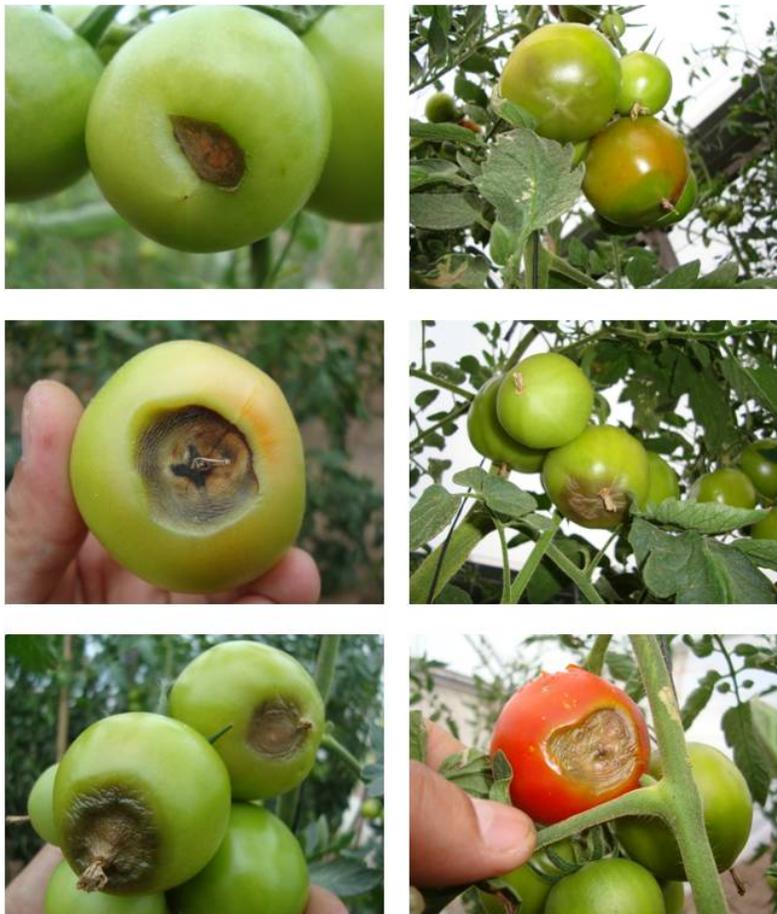


Figura 1.4: Podredumbre apical de los frutos en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Diferentes niveles de severidad.

Por ende el transporte y la distribución de calcio en la planta es a través del xilema, y es controlado por las condiciones ambientales que afectan a la transpiración y el estado hídrico de plantas (Bar-Tal *et al.*, 2003). Se ha notado que la conexión vascular de la fruta aumenta con la ramificación desde la mitad proximal a la mitad distal, y la relación xilema a floema se disminuye con la ramificación. Este rasgo anatómico incrementaría la resistencia al movimiento de agua en el xilema desde la mitad proximal a la distal y contribuye a un bajo contenido de calcio en la parte distal del fruto (Ehret y Ho, 1986b).

Interacción entre irradiación diurna, temperatura del aire, disponibilidad de agua, salinidad, relación de nutrientes en la rizósfera, temperatura de la raíz, humedad del aire y desarrollo de tejido xilemático en el fruto parecerían controlar la incidencia de podredumbre apical de los frutos (Ehret y Ho, 1986b; Ho *et al.*, 1993; Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009). Se encontró una relación lineal entre la incidencia de podredumbre apical de los frutos en todos los racimos y el producto de la radiación promedio diaria y temperatura diurna durante el año (Dorais *et al.*, 2001; Peet, 2009).

Humedad relativa baja, alta temperatura del aire y de la raíz y alta intensidad de radiación pueden aumentar considerablemente su incidencia (Ho *et al.*, 1993; Savvas *et al.*, 2008). Estas condiciones producen altos niveles de transpiración que mejoran la absorción de agua, aumentando así el transporte de calcio a las hojas a través del xilema. Sin embargo, en tales condiciones, el transporte de agua a las frutas se reduce debido a la competencia con las hojas, y por lo tanto la traslocación de calcio a las frutas también está restringida, lo que aumenta el porcentaje de frutos con podredumbre apical (Passam *et al.*, 2007).

Crecimiento vegetativo excesivo, baja carga de fruta y rápido crecimiento del fruto favorece un desequilibrio entre la absorción de savia del xilema y floema por el fruto, a favor de la savia floemática. Esta falta de coordinación entre alargamiento celular acelerado, debido a una gran importación de asimilados, e inadecuado suministro de calcio, debido a pobre desarrollo de xilema dentro del fruto, está asociado en general a la susceptibilidad de frutos a podredumbre apical de los frutos (Ho *et al.*, 1993; Ho, 1996; Dorais *et al.*, 2001; Peet, 2009).

La salinidad tiene un fuerte impacto en la incidencia de podredumbre apical en frutos de tomate. Se ha encontrado que la aparición de podredumbre apical en tomate y pimiento aumenta dramáticamente cuando la CE aumento por encima de 1 mS/cm (Bar-Tal *et al.*, 2003; Peet, 2009). La salinidad disminuye tanto la absorción del calcio total y el contenido de calcio de la fruta. Esta reducción en la absorción de calcio es el resultado de una restricción en la captación de agua (Ehret y Ho, 1986b; Peet, 2009).

Ahora bien, además del nivel absoluto de calcio en la zona radicular, la concentración de potasio y magnesio, así como las relaciones calcio:potasio y calcio:magnesio tienen un fuerte impacto en la incidencia de podredumbre apical. Se encontró que aumentando la actividad de potasio y magnesio reducen la absorción y la disponibilidad de calcio en el ambiente radicular favoreciendo la ocurrencia de podredumbre en tomate (Bar-Tal *et al.*, 2003; Passam *et al.*, 2007; Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009). Según Bar-Tal *et al.* (2003), la deficiencia de manganeso en lugar de calcio puede ser la causa principal de podredumbre apical. En uno de sus experimentos observó una disminución en la incidencia de podredumbre apical mediante la elevación de la concentración de manganeso en la solución o por la aplicación foliar.

La incidencia de Podredumbre apical de los frutos también fue aumentada mediante altas aplicaciones de nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4\text{-N}$ , lo cual aumenta el contenido de azúcares en el fruto pero disminuye el calcio en la planta. Esto se debería a que el  $\text{NH}_4\text{-N}$  reduce la absorción de calcio (Ho, 1996; Bar-Tal *et al.*, 2003; Passam *et al.*, 2007).

Los frutos son más susceptibles a la podredumbre apical cuando hay un rápido aumento de tamaño visible y se debe ejercer un especial cuidado durante este período (Peet, 2009). Entonces para evitar dicho desorden, se pueden usar diferentes estrategias. Elegir cultivares resistentes, optimizar el suministro de calcio y fósforo, mantener un balance dinámico entre calcio y potasio, y entre nitratos y amonio que aseguren suficiente absorción de calcio, usar baja CE, optimizar la frecuencia de irrigación para evitar stress hídrico o excesos de agua, evitar alta temperatura radical y baja concentración de oxígeno que reducirá la absorción de calcio, evitar excesiva transpiración de la canopia mediante poda, sombreado y enalado, y mantener una relación fruto: hoja apropiada que provea de una adecuada tasa de crecimiento al fruto (Dorais *et al.*, 2001; Peet, 2009).

Si bien una restricción radicular disminuye el rendimiento en fruta del tomate, también reduce la incidencia de podredumbre apical (Bar-Tal y Pressman, 1996).

### 1.3.3 “Gold Spots” o “Gold Specks”

*Gold spots* es un desorden fisiológico consecuencia de un aumento en la movilización y acumulación de calcio en el fruto, depositado en forma de oxalato de calcio en las células debajo de la epidermis (Gruda, 2005; Savvas *et al.*, 2008).

Las manchas son observadas cerca del cáliz y hombros del fruto maduro (Figura 1.5) (Savvas *et al.*, 2008). Estas manchas disminuyen el atractivo de la fruta y se reduce considerablemente su vida útil (Peet, 2009).

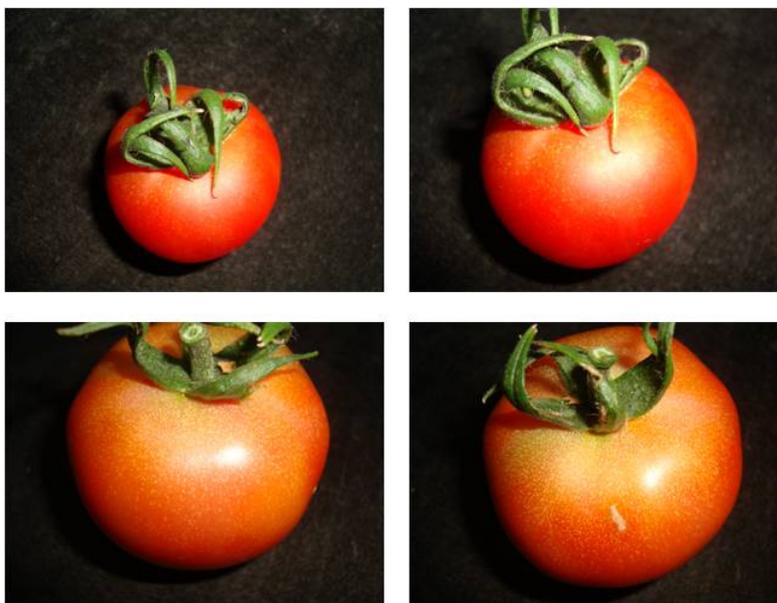


Figura 1.5: *Gold spots* o *gold specks* en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

La ocurrencia depende también de diferencias genotípicas entre cultivares. En general, los cultivares resistentes a podredumbre apical son más susceptibles a la ocurrencia de *gold spots* y viceversa (Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009).

Alta humedad del aire aumenta la traslocación de calcio a los frutos, y combinada con alta relación calcio:potasio en la zona radicular, puede aumentar significativamente la incidencia de *gold spots* en fruto de tomate (Savvas *et al.*, 2008). Aumentando el nivel de fósforo también incrementó la tasa de absorción de calcio y aumento el número de manchas. El desorden

disminuyó con el aumento de NH<sub>4</sub>-N, potasio o la conductividad eléctrica en la solución nutritiva, probablemente porque estas redujeron la absorción de calcio (Peet, 2009).

A medida que las temperaturas aumentan durante la temporada de cultivo, la incidencia de *gold spots* también aumenta, sobre todo cuando las temperaturas promedio fueron mayores de lo habitual. Dado que la cantidad de calcio en la fruta no aumentó, las temperaturas altas pueden aumentar las proporciones de calcio depositado en la fruta en forma de oxalato (Peet, 2009).

El trastorno se puede reducir evitando cultivares susceptibles (Peet, 2009).

#### **1.3.4 Fruto acuoso**

Es un desorden fisiológico resultante de un desbalance entre la absorción de agua de la planta y las condiciones climáticas. El influjo masivo de agua dentro del fruto, debido a una excesiva presión radical, aumenta el volumen de las células y puede a veces dañarlas. La calidad organoléptica del fruto es afectada negativamente y la vida posterior muy reducida (Dorais *et al.*, 2001).

Manteniendo el índice de área foliar de la planta a un nivel razonable durante el verano ayuda a reducir la presión radical y minimiza la incidencia de este desorden fisiológico. Exceso de riego al final del día y un desarrollo de un sistema radical fuerte también favorece la aparición del desorden debido a una elevada presión radical (Dorais *et al.*, 2001).

#### **1.3.5. Síndrome de la hoja corta**

Si bien este es un desorden que afecta el follaje de las plantas de tomate, afecta indirectamente la calidad del fruto.

El síndrome de la hoja corta es un desorden fisiológico caracterizado por hojas que se vuelven gruesas, retorcidas y color morado, bajo condiciones de alta intensidad de luz combinada con alto CO<sub>2</sub> y baja temperatura nocturna (entre 8°C y 12°C) (Tripp *et al.*, 1991; Nederhoff, *et al.* 1992; Hocket *et al.*, 1993; Peñuelas *et al.*, 1995 Pilatti, 1998; Pilatti y Buyatti, 2002).

Es común observar el enrollamiento foliar en los cultivos de tomate de las zonas templadas en Argentina, sobre todo en cultivos bajo invernaderos durante los meses invernales (Figura 1.6) (Pilatti, 1998). Dicho enrollamiento se ha demostrado que no está relacionado al déficit hídrico en el cultivo.



Figura 1.6: Síndrome de la hoja corta en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

La intercepción de luz, y por ende la fotosíntesis y producción del cultivo es menor que en un cultivo con follaje normal. La calidad de la fruta puede ser negativamente afectada, ya que los frutos están más expuestos a la radiación solar (Nederhoff, *et al.* 1992).

La deformación aparece primero en las hojas inferiores y progresa a las hojas superiores durante la temporada de crecimiento hasta la planta entera aparece estresada y disfuncional (Tripp *et al.*, 1991).

Los factores que reducen el área foliar (alta radiación, alto CO<sub>2</sub> y raleo de frutos) aumentan la relación fuente/destino, por lo que una disminución del área foliar se considero como un síntoma de alta relación fuente/destino (Nederhoff, *et al.* 1992). Como este desorden puede ser inducido por técnicas que aumentan esta relación, y por ende disminuye el área foliar, se podría admitir que está causado por acumulación de asimilados (Nederhoff, *et al.* 1992; Peñuelas *et al.*, 1995; Pilatti, 1998; Pilatti y Buyatti, 2002) que sería superior a la que los destinos pueden consumir.

Un enriquecimiento con CO<sub>2</sub> aumenta el suministro de asimilados (la fuente), aumentando el grado de aparición de hoja corta y disminuye el área foliar de las hojas superiores. Estas características pueden indicar un excedente de asimilados (Nederhoff, *et al.* 1992). Baja densidad de plantación y raleo de frutos también acrecientan el desorden.

Densidades de plantación bajas aumenta la intercepción de luz y por ende la fuente, incrementando el síndrome (Nederhoff, *et al.* 1992). Una alta densidad de plantación estaría relacionada con una menor capacidad fotosintética al aumentar el sombreado entre las plantas, disminuyendo la aparición del desorden.

La eliminación de frutos causó acumulación de almidón en hojas viejas y una reducción de almidón en las hojas jóvenes (Nederhoff, *et al.* 1992). Pilatti (1998) encontró que el raleo de flores acentúa el enrulamiento foliar solo en las últimas hojas. Por otro lado se obtuvo un enrollado similar eliminando yemas y frutos (Pilatti y Buyatti, 2002). La eliminación del ápice terminal (despunte), reduciría la relación destino/fuente y ocasionaría enrulamiento foliar de las últimas hojas.

Generalmente condiciones de baja temperatura resultan en una restricción de desarrollo vegetativo y la formación de hojas más gruesas. Esto se refleja en una menor relación de área

foliar y en una menor tasa de crecimiento relativo. El crecimiento más lento a baja temperatura no es debido a una inhibición directa de la fotosíntesis (Hocket *et al.*, 1993). Cuando las temperaturas nocturnas son bajas los destinos detendrían su actividad y no consumirían los asimilados, lo que aumentaría su concentración en las hojas, al punto que se producen problemas osmóticos que conducirían al enrulamiento de la hoja (Pilatti, 1998).

En la deformación inducida por bajas temperaturas, la activación de los destinos, por ejemplo calefaccionando los invernaderos, disminuye el enrulamiento foliar modificando la partición de asimilados (Pilatti, 1998), por lo que el enrulamiento foliar estaría relacionado principalmente con la actividad de los destinos de la planta de tomate.

Como un método para evitar la hoja corta, se recomienda aumentar la densidad de plantación o, en un cultivo temprano, mantener un brote extra en la planta (Nederhoff, *et al.* 1992). Otra técnica para evitar el enrulamiento foliar inducido por bajas temperaturas es la utilización de calefacción (Pilatti, 1998; Pilatti y Buyatti, 2002).

Plantas de pimiento expuestas a una elevada concentración de CO<sub>2</sub> exhibieron síntomas de daño en hojas. El daño primero fue visible como puntos oscuros seguidos por clorosis internerval. La clorosis completa fue seguida de necrosis apical de las hojas. Algunas hojas también se enrularon (Peñuelas *et al.*, 1995).

### **1.3.6 “*Blotchy ripening*”**

De todos los desordenes fisiológicos de tomate, los trastornos de maduración son los menos comprendidos (Pernezny, 1990; Peet, 2009).

Existe desacuerdo sobre si estos desordenes son fisiológicos, biológicos o de origen genético, y si los síntomas de los desordenes son diferentes manifestaciones del mismo desorden (Figura 1.7) (Peet, 2009).

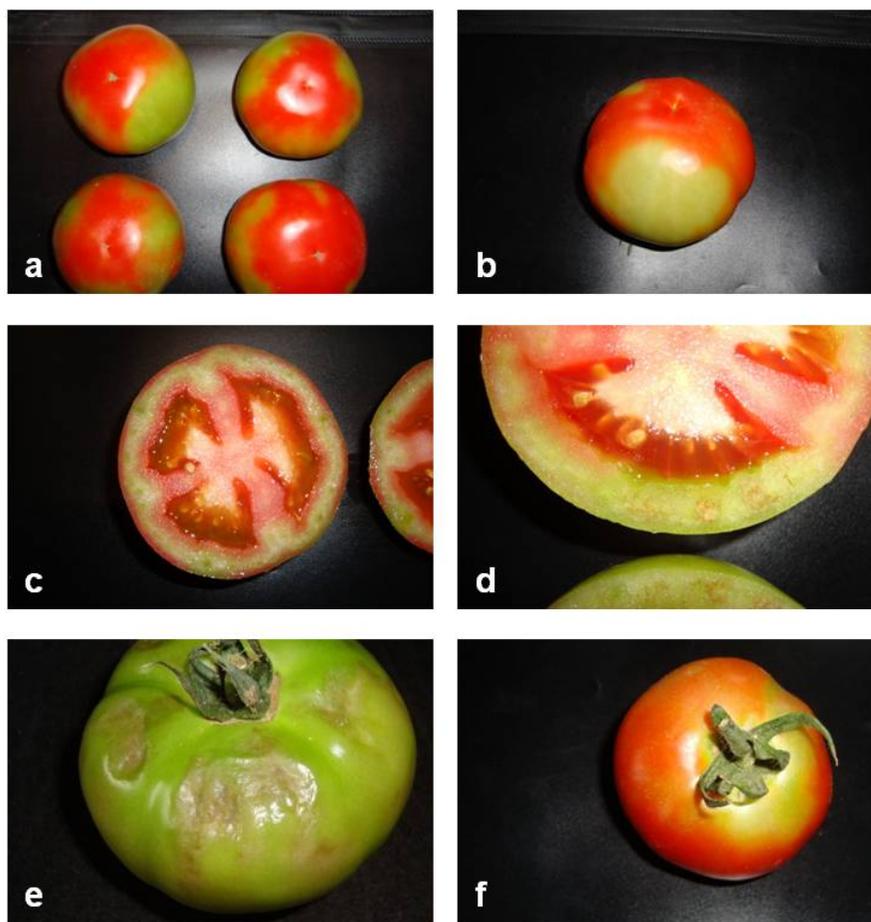


Figura 1.7: Desordenes de maduración en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). a y b) *blotchy ripening* externo; c y d) *blotchy ripening* interno; e) *gray wall*; f) *yellow shoulder*.

A estos trastornos le fueron asignados nombres basados en su sintomatología, en un intento de identificarlos y clasificarlos. Varios nombres fueron utilizados: *blotchy ripening*, *gray wall* (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Dick y Shattuck, 1990; Pernezny, 1990; Boyle, 1994; Durceylan *et al.*, 1999; Zitter, 2004; Peet, 2009), *internal browning* (Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994; Durceylan *et al.*, 1999; Zitter, 2004; Peet, 2009), *cloud*, *waxy patch* (Sadik y Minges, 1966; Dick y Shattuck, 1990), *vascular browning* (Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994), *green patch*, *green back* y *piebald* (Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994).

Síntomas de maduración irregular designados por los términos *piebald*, *waxy patch*, *green patch*, *green back* y *blotchy ripening* fueron descritos ya en 1921 (Sadik y Minges, 1966, Boyle, 1994).

### 1.3.6.1 Importancia

*Blotchy ripening* es un desorden de amplia distribución que daña la calidad del fruto de tomate tanto para consumo en fresco como para industria (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Savvas *et al.*, 2008) reduciendo considerablemente su valor económico (Figura 1.8).



Figura 1.8: *Blotchy ripening* en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para consumo en fresco.

Desde hace tiempo ha sido un serio problema en los cultivos de tomate bajo invernadero de las Islas Británicas y Europa (Boyle, 1994), y junto a la podredumbre apical del tomate son desordenes comunes en frutos de tomate en Israel (Bar-Tal *et al.*, 1996).

Este desorden produce serias pérdidas económicas para la industria de procesamiento de tomate debido al aumento de los costos de labores y disminución de la recuperación de pulpa,

así mismo la calidad del producto enlatado es adversamente afectada (Figura 1.9) (Dick y Shattuck, 1990).



Figura 1.9: *Blotchy ripening* en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industria. a y b) fruto pelado exhibiendo el desorden; c y d) descarte por falta de pigmentación; e y f) piel del fruto exhibiendo falta de coloración.

### 1.3.6.2 Síntomas

*Blotchy ripening* es un desorden caracterizado en frutos de tomate, por una coloración irregular del fruto o una maduración retrasada con respecto al resto (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Picha y Hall, 1981; Dick y Shattuck, 1990; Boyle, 1994; Savvas *et al.*, 2008). Se caracteriza por áreas irregulares en forma y tamaño, de color verde claro, amarillas o casi decoloradas.

Normalmente el tejido presenta una consistencia más dura que el tejido rojo circundante y no madura normalmente (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Dick y Shattuck, 1990; Cerkauskas, 2005).

También son normales áreas marrones necrosadas frecuentemente asociadas al tejido vascular del fruto (Figura 1.10) (Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994; Brust, 2004; Cerkauskas, 2005; Vandre, 2006; Savvas *et al.*, 2008).

El tejido marrón está compuesto en su mayoría de células muertas a menudo alineadas a los haces vasculares los cuales se mantienen inafectados (Boyle, 1994; Minges y Sadik, 1964; Picha y Hall, 1981).

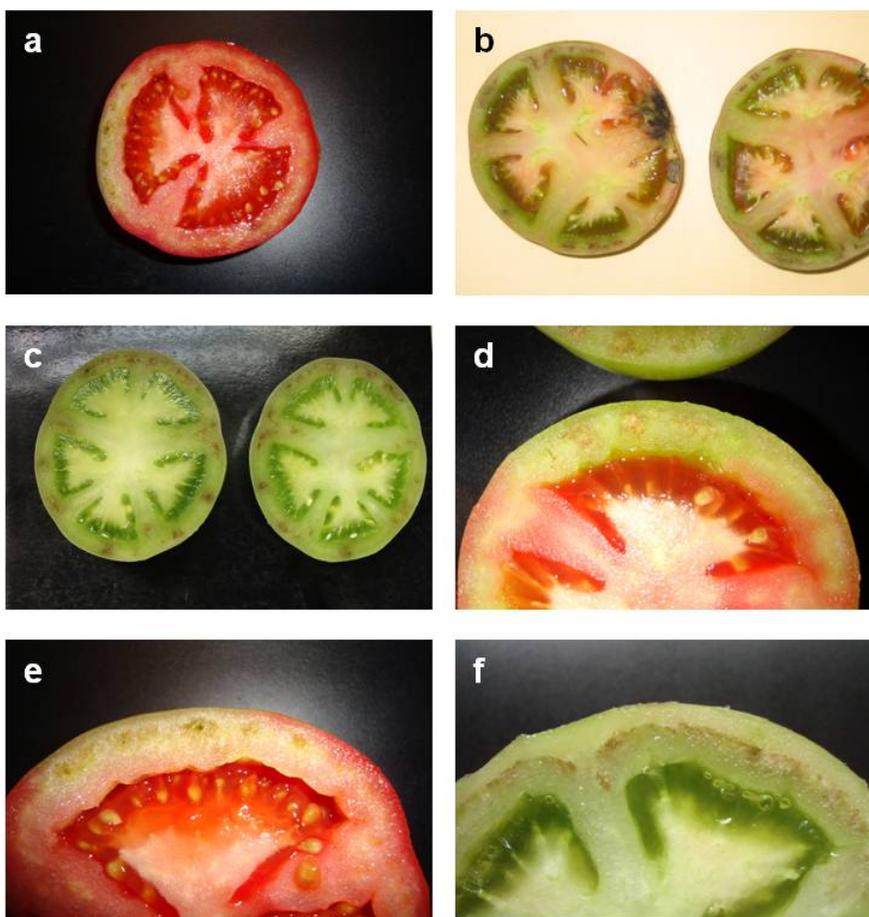


Figura 1.10: Áreas necrosadas asociadas al tejido vascular. a, b y c) necrosis en fruto en diferentes estados de madurez; d, e y f) Diferentes grados de necrosis .

El número y tamaño de las manchas dependen de la severidad del desorden. En casos suaves solo se presentan unas pocas áreas pequeñas y lisas, mientras que en casos severos, toda la superficie puede estar decolorada, de apariencia arrugada (Minges y Sadik, 1964; Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994) y con haces vasculares lignificados (Boyle, 1994; Picha y Hall, 1981).

El margen de las manchas es usualmente impreciso y las áreas decoloradas varían desde casi circular a secciones longitudinales. La decoloración es más evidente a los costados de la fruta, pero ha sido visto extendiéndose desde la cicatriz del pedúnculo hasta la parte apical del fruto (Boyle, 1994).

La presencia de tejido blanco en el pericarpio es algunas veces enmascarada por tejido rojo, y por lo tanto el fruto luce normal externamente. Los síntomas son enmascarados por una fina capa de células normalmente pigmentadas justo por debajo de la epidermis (Sadik y Minges, 1966; Dick y Shattuck, 1990).

Ahora bien, algunos de los síntomas en fruto de tomate son similares a aquellos causados por infecciones virales, especialmente el Virus del Mosaico del Tabaco (TMV) (Bogash; Minges y Sadik, 1964; Picha y Hall, 1981; Jarvis y McKeen, 1991; Boyle, 1994; Cerkauskas, 2005; Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009). Pero la presencia de síntomas visibles de TMV en el follaje del tomate, tales como moteado y distorsión, es el único criterio visible que puede ser usado para distinguir la infección viral del desorden fisiológico (Cerkauskas, 2005; Savvas *et al.*, 2008; Peet, 2009).

Comparado con tomates normalmente madurados, la fruta manchada contiene menores cantidades de sólidos solubles, acidez titulable (Picha, 1987; Peet, 2009), materia seca, azúcares y componentes nitrogenados (Boyle, 1994), disminuyendo la calidad de la fruta. Normalmente la fruta con trastornos de maduración no son comercializables.

En principio el desorden estaría limitado a frutos maduros y los primeros síntomas se observan en frutos que están comenzando a colorear. Sadik y Minges (1966) observaron microscópicamente estados tempranos del desorden en células parenquimáticas del pericarpio

en frutos verdes inmaduros de 25 mm de diámetro aproximadamente. Según estos autores esta desorganización temprana usualmente comienza en una o un pequeño grupo de células parenquimáticas del pericarpio localizadas cerca y entre los haces vasculares.

En un análisis histológico se encontró que en estadios tempranos del desorden, un material similar a la lignina se deposita en las paredes celulares donde convergen los espacios intercelulares. La lignificación se extiende posteriormente a las capas intercelulares y paredes celulares que están entre los espacios intercelulares lignificados, finalmente abarcando a las células con lignina (Sadik y Minges, 1966).

#### **1.3.6.3 Factores predisponentes**

El desorden está asociado con condiciones de baja intensidad de luz, temperaturas frías y alta humedad (Picha y Hall, 1981; Brust, 2004; Zitter, 2004; Vandre, 2006; Peet, 2009), alto nitrógeno (Pernezny, 1990; Brust, 2004; Zitter, 2004; Vandre, 2006) y bajo potasio (Bogash; Picha y Hall, 1981; Picha, 1987; Pernezny, 1990; Durceylan *et al.*, 1999; Brust, 2004; Zitter, 2004; Vandre, 2006; Peet, 2009).

Según otros autores, cuando las temperaturas del invernadero son altas, la incidencia del desorden aumenta (Bogash; Jarvis y McKeen, 1991; Cerkauskas, 2005; Savvas *et al.*, 2008).

Bajos niveles de boro en planta predispone a los frutos a mancharse (Jarvis y McKeen, 1991; Cerkauskas, 2005).

Suelos compactados incrementarían la severidad (Picha y Hall, 1981; Zitter, 2004).

#### **1.3.6.4 Sensibilidad varietal**

El desorden prevalece más en cultivares de piel roja, y existe susceptibilidad diferencial entre cultivares, tanto bajo invernadero como a campo (Bogash; Jarvis y McKeen, 1991; Durceylan *et al.*, 1999; Cerkauskas, 2005; Vandre, 2006; Peet, 2009), siendo algunos cultivares más susceptibles a *blotchy ripening* que otros.

### 1.3.6.5 Efecto de la fertilización Potásica

Un gran número de estudios han mostrado que el potasio (K) disponible en el suelo puede afectar el rendimiento y calidad del fruto de tomate. Incrementando el suministro de potasio aumenta la concentración de licopenos en fruto, el carotenoide predominante en tomate maduro (Hartz *et al.*, 2001). Un aumento en la fertilización potásica mejora el color de la fruta, mientras que al mismo tiempo reduce la incidencia de hombro amarillo y otros desordenes de coloración del fruto (Picha y Hall, 1981; Savvas *et al.*, 2008).

Se ha relacionado al potasio con la incidencia de *blotchy ripening*, y existen registros desde el año 1926. La nutrición potásica esta inversamente relacionada a la severidad del desorden, es decir, un suministro alto de potasio disminuiría la incidencia del desorden (Picha y Hall, 1981; Picha, 1987; Hartz *et al.*, 2001; Gent, 2004a; Gent, 2004b; Hartz *et al.*, 2005; Savvas *et al.*, 2008). Sin embargo, no todos los investigadores estarían de acuerdo con esta aseveración.

Si bien una adecuada nutrición con potasio aminora el desorden, *blotchy ripening* no puede ser descartado como un síntoma de deficiencia de potasio (Boyle, 1994).

Algunos autores afirman que para el desarrollo uniforme del color se necesita más potasio disponible que el necesario para máximos rendimientos (Hartz *et al.*, 2001; Brust, 2004).

La aplicación de enmiendas en el suelo para maximizar estas características requerirían de niveles de fertilización potásica que son poco prácticas económicamente (Hartz *et al.*, 2001).

Según Hartz *et al.* (2001), la relación  $K/\sqrt{Mg}$  intercambiable del suelo estaría más correlacionada con la incidencia del desorden que el potasio intercambiable solo.

El exceso de nitratos ha sido reportado como otra causa de maduración irregular (Gent, 2004a; Savvas *et al.*, 2008).

Con el reemplazo de  $KNO_3$  por KCl como fuente de potasio, se logro alto porcentaje de fruta firme y baja incidencia de fruta podrida y *blotchy ripening* (Chapagain y Wiesman, 2004).

#### **1.3.6.6 Control**

El hecho de que este desorden no este del todo entendido, hace que no se puedan tomar medidas de control definitivas. Sin embargo, es prudente evitar cambios repentinos de temperatura en los invernaderos y mantener adecuados niveles de potasio y boro en el suelo (Jarvis y McKeen, 1991).

Bar-Tal *et al.* (1996) reportaron que la poda de raíces reduce el crecimiento del brote, rendimiento de fruta, y el peso promedio de los frutos, incrementa el porcentaje de frutas libres de *blotchy ripening* interno y externo. Esto se correlacionó con un menor tamaño de fruto (Rylski y Avraham, 1980; Bar-Tal *et al.* 1996; Savvas *et al.*, 2008).

La poda de raíces en tomate restringiría la ocurrencia de *blotchy ripening* y el tamaño del fruto en un mismo grado (Savvas *et al.*, 2008).

## **2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS**

## **2.1. Hipótesis y Objetivo general**

**H<sub>0</sub>:** *Blotchy ripening* es una alteración fisiológica provocada por desbalances en el crecimiento del fruto a lo largo de su desarrollo, asociado a cambios en la tasa de crecimiento, como consecuencia de prácticas culturales que favorecen la obtención de frutos más grandes.

- El objetivo de este trabajo es el de determinar la relación que existe entre el tamaño y patrón de crecimiento del fruto y la frecuencia de aparición del desorden a lo largo del ciclo de cultivo.

## **2.2. Hipótesis y Objetivos Específicos**

**H<sub>1</sub>:** Los tratamientos de densidad y raleo de frutos modifican el patrón de crecimiento de los frutos aumentando su tamaño.

- Determinar el efecto de las prácticas agronómicas sobre el tamaño final del fruto.

- Relacionar el efecto de la tasa de crecimiento del fruto con el grado de aparición del desorden

**H<sub>2</sub>:** El desorden posee una distribución regular a lo largo del año.

- Describir la evolución del desorden en el tiempo y durante el desarrollo de la planta

**H<sub>3</sub>:** Los tratamientos aplicados modifican el rendimiento final y la frecuencia de aparición del desorden.

- Relacionar el rendimiento final y el tamaño del fruto con el grado de aparición del desorden

**H<sub>4</sub>:** Existen diferencias histológicas y anatómicas entre el tejido sano y el afectado con el desorden, y diferencias entre tratamientos.

- Describir histológica y anatómica del desorden en función de los tratamientos densidad de plantación y raleo de fruta, y determinar el efecto del tratamiento.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1. Localización de los ensayos

Los ensayos fueron llevados a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Bella Vista, ubicada sobre Ruta Provincial N° 27, en la Colonia 3 de Abril del departamento Bella Vista, Provincia de Corrientes. Está situada a 28° 26' de Latitud Sur y 58° 55' de Longitud Oeste y a 70 m sobre el nivel del mar. Posee una superficie de 330 ha.

Se trabajó en un invernadero tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital, con una altura de 2,10 m en los laterales y 3,50 m en la parte central, cubierto por plástico LDT de 150 µm. El invernadero posee una superficie cubierta de 147 m<sup>2</sup>, con 7 m de ancho por 21 m de largo. Este invernadero fue utilizado en los últimos años para el cultivo de pimiento y tomate bajo cubierta. Dichos cultivos han sido abonados con estiércol vacuno y fertilizantes inorgánicos incorporados a través de fertirriego (Figura 3.1).



Figura 3.1: Invernadero tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital usado en el ensayo experimental.

El suelo donde se instaló el ensayo pertenece a la Serie Yataití calle (Udipsamientos árgico, arenosa, mixta). Presenta epipedón ócrico espeso, arenoso, claro en seco y de estructura masiva (Escobar *et al.* 1996). El horizonte Bw subyacente de 0,50 m. de espesor, es arenoso

franco, pardo rojizo y fuertemente ácido, con lamelas texturales que le confieren el carácter álfico. Al metro de profundidad, se define un horizonte argílico, enterrado (Btb), franco arcillo – arenoso, rojo a rojo oscuro. Estos suelos tienen excelentes condiciones físicas para la exploración de las raíces y penetración del agua. La profundidad efectiva sobrepasa 1,20 m de profundidad. Posee escasa fertilidad natural, con muy bajos valores de bases de cambio en todo el perfil. El horizonte A es pobre en materia orgánica y la retención de humedad tanto en el A1 como en el B2 es muy baja. Son aptos para cultivos perennes (*Citrus*), forestales y cultivos hortícolas, con manejo de riego y fertilización. La clase de capacidad de uso es **Illes** y el índice de productividad es 29 (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Resumen de aptitud y datos analíticos del suelo.

Serie	Drenaje	Profundidad Efectiva (cm)	Pendiente (%)	Capacidad de uso	I.P.	Limitantes
Yataití calle	Algo excesivo	120	1 - 3	<b>Illes</b>	29	Erosión hídrica, eólica y baja fertilidad

Fuente: Escobar *et al.*, 1996.

En el Cuadro 3.2 se puede observar las condiciones químicas del suelo previas al comienzo del ensayo experimental, un pH ligeramente ácido, baja conductividad eléctrica, bajo porcentaje de materia orgánica y niveles de fertilidad medios, con buen contenido de fósforo.

Cuadro 3.2: Análisis químico del suelo, enero 2008.

Entidad que realizó el análisis.		NITROSOL SRL Ruta 27 y 9 de Julio, CP 3432, Bella Vista Corrientes. Tel: 03777-451114/5 y 451353											
Resultados de análisis de suelos EEA BELLA VISTA, Ing. Roberto Pacheco Bella Vista, Ctes., 15 de Enero de 2008													
N° Muestra	Meq./100gr					P ppm	pH	Conductividad $\mu$ Siemens/cm	M.O. %	N Total %	N-NO3 ppm	NO3 ppm	
	CIC	Ca	Mg	K	Na								
1	5.25	2.40	2.20	0.48	0.17	43	6.20	698	0.77	0.04	7.1	31.45	
Responsable Ing. Agr. Ma. Cecilia Briend													

### **3.2. Labores culturales y establecimiento del cultivo**

#### **3.2.1 Año 2008**

Se roturó el suelo con rastra de disco (dos pasadas). Luego se pasó el cincel para roturar en profundidad. Se aplicó una base de estiércol vacuno a razón de 5 kg.m<sup>2</sup>, al voleo y en cobertura completa. Se lo incorporó y mezcló con rastra de disco. Luego se emparejó el suelo y se regó por aspersion. Se construyeron 3 lomos en el sentido longitudinal del invernadero, de 18 m de largo y 0,90 m de ancho, dejando 1,10 m de separación entre ellos.

Se prosiguió con la desinfección de suelo con la técnica de solarización, que consiste en la colocación de plástico cristal de 30 µm sobre el suelo durante 30 a 45 días y cierre completo del invernadero (Figura 3.2). La desinfección comenzó el 25 de enero de 2008 y se dio por terminada el 10 de marzo de dicho año, contabilizando un total de 45 días (Ver Anexo, Tabla 7.1).



Figura 3.2: Solarización de invernadero previo al ensayo.

Se retiraron los plásticos de solarización, se emparejaron los lomos y se colocó la cinta de riego (dos por lomo) con las siguientes características: diámetro de 16mm, caudal 3,5 lts por

metro lineal por hora y separación entre goteros 0,20 m. Cada lomo se dividió en 4 parcelas de 4,5 m cada una, quedando determinadas 16 parcelas en total (Figura 3.3).

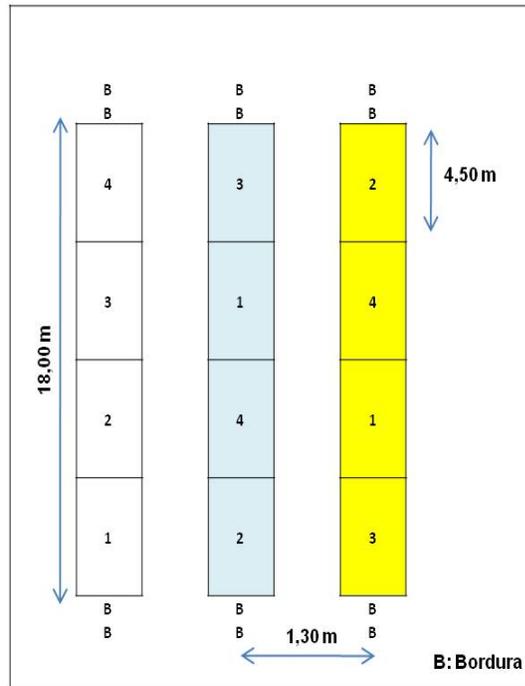


Figura 3.3: Plano ensayo experimental. Con colores blanco, celeste y amarillo se representan los bloques, la numeración de 1 a 4 dentro de cada uno constituyen las parcelas experimentales.

Se utilizó un híbrido de tomate de tipo larga vida “DOMINIQUE (FA-593)” de la firma Hazera. Los plantines provinieron de un vivero comercial de la zona (Viveros Brest y Brest). En el vivero, la siembra de los mismos se realizó en bandejas de 228 celdas (20 cm<sup>3</sup> cada celda), el 13 de febrero de 2008. El trasplante se realizó el día 13 de marzo del mismo año, con plantines con cuatro hojas verdaderas completamente desplegadas. Las plantas se distribuyeron en surcos apareados y se condujeron a un solo tallo y tutoradas con hilo plástico. Luego del trasplante se regó solo con agua y al mes de trasplante se comenzó a fertirrigar. El riego y la fertilización fueron aplicados según las necesidades del cultivo, tratando de mantener una CE del extracto de saturación de 1 dS.m<sup>-1</sup>. Para la fertirrigación se utilizó un equipo de dos tanques, A y B, con macro y micro elementos con aplicaciones diarias (Ver Anexo, Tabla 7.3). Cuando las plantas llegaron a 1,70 m de altura (cinco racimos), se bajaron y se apoyó el tallo sobre un alambre

galvanizado a 0,60 m del suelo. Al alcanzar la novena floración se le quitó el brote terminal para limitar su crecimiento. La cosecha comenzó el 02 de junio y finalizó el 09 de octubre de 2008. Se realizaron 18 cosechas en total. Según la escala de madurez propuesta para este fruto:

Verde – Verde Maduro – Breaker (rompimiento de color) – Turning (cambiante) – Rosa – Rojo Ligero – Rojo

Los frutos se cosecharon semanalmente en el estado Rojo, para poder observar y distinguir la presencia del desorden *blotchy ripening* en los mismos. No se aplicaron hormonas para el cuaje de las frutos.

Los tratamientos fitosanitarios se realizaron con los productos químicos recomendados por la EEA Bella Vista (Ver Anexo, Tabla 7.4).

Se utilizaron datos de temperaturas y humedad relativa registrados en la estación meteorológica del INTA Bella Vista (Ver Anexo, Figuras 7.1, 7.2 y 7.3).

### **3.2.2 Año 2009**

En el transcurso del año 2009 se realizaron las mismas actividades que en la campaña anterior utilizando el mismo marco de plantación y técnicas de cultivo, pero con las siguientes modificaciones: la solarización se inicio el 12 de enero de 2009 y finalizo el 03 de marzo del mismo año (Ver Anexo, Tabla 7.2). Siembra de los plantines el 03 de febrero de 2009 y el trasplante se realizo 05 de marzo. La cosecha comenzó el 18 de mayo de 2009 y finalizo el 11 de septiembre del mismo año.

### **3.3. Diseño experimental**

La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 9 m<sup>2</sup>. Se utilizo un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en una combinación de densidad de plantación, con y sin raleo de flores.

Los tratamientos fueron:

Tratamiento N°	Distancia Plantación	Densidad Plantación	Raleo de Flores	Nombre
1	0,25m	2,00 ptas/m <sup>2</sup>	NO	Testigo
2	0,25m	2,00 ptas/m <sup>2</sup>	SI	Raleo
3	0,35m	1,43 ptas/m <sup>2</sup>	NO	Densidad
4	0,35m	1,43 ptas/m <sup>2</sup>	SI	Raleo + Densidad

El raleo se realizó cuando la primer flor del racimo estaba completamente desplegada, dejando solo 4 flores por racimo. Esta práctica se realizó diariamente a medida que iban apareciendo las inflorescencias.

Para ambos años de evaluación (2008-2009) el total de plantas y racimos por planta evaluados fueron:

Tratamiento N°	Plantas por Repetición	N° de Repeticiones	Total Plantas Evaluadas	Total Racimos Evaluados por Planta
1	18	3	54	9
2	18	3	54	9
3	13	3	39	9
4	13	3	39	9

### 3.4. Experimentos realizados

#### 3.4.1. Determinación del efecto de las prácticas agronómicas sobre el tamaño final del fruto y su efecto sobre el grado de aparición del desorden.

##### 3.4.1.1 Evaluación del crecimiento mediante el uso de dendrometría 2008-2009

En este trabajo se monitoreó el crecimiento de los frutos de tomate mediante un dispositivo de sensores desarrollado y construido en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral.

El dispositivo cuenta de doce dendrómetros. Cada dendrómetro consiste en una estructura de bronce (bastidor), que soporta al sensor electrónico. El sensor es un potenciómetro lineal. El

bastidor de bronce posee un brazo fijo y otro móvil. En los extremos de ambos brazos, están montados dos discos de bronce que hacen de asiento para el fruto (Figura 3.4).

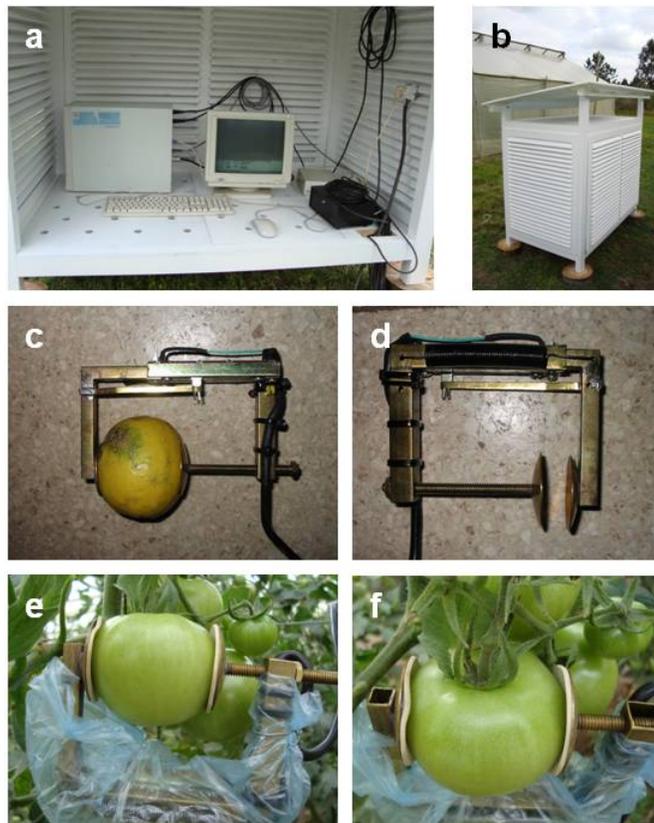


Figura 3.4: Dendrómetros. a) y b) interfaz de adquisición de datos y casilla; c y d) bastidores de bronce que soportan al sensor electrónico; e y f) sensores en funcionamiento.

Durante la operación, la fruta se coloca entre el disco del extremo móvil y el disco del extremo fijo. El disco del brazo móvil es empujado contra el fruto por un resorte liviano, de modo que puede seguir las variaciones en el diámetro del fruto.

El disco del brazo móvil se puede ampliar mediante un tornillo que lo libera. De esta forma un solo sensor puede monitorear el crecimiento del fruto durante todo el periodo de crecimiento. Además es adaptable a frutos de diferentes tamaños y formas.

Los sensores fueron colocados en frutos pertenecientes al Bloque I del ensayo, ubicado en la cara sur del invernadero (sector más sombreado). Durante el año 2008 fueron monitoreados

los racimos 2º, 3º y 4º de cada tratamiento elegidos al azar. El fruto evaluado fue el proximal de cada racimo elegido. El diámetro mínimo de los frutos elegidos dependía del tamaño la separación mínimo de los brazos de los dendrómetros.

Los primeros dendrómetros se colocaron el 03 de mayo, y las medidas iniciales de los frutos fueron las siguientes:

Racimo 2º	Diámetro
Tratamiento 1	34 mm
Tratamiento 2	35 mm
Tratamiento 3	35 mm
Tratamiento 4	32 mm

Los segundos dendrómetros se colocaron el 13 de mayo, y las medidas fueron las siguientes:

Racimo 3º	Diámetro
Tratamiento 1	31 mm
Tratamiento 2	29 mm
Tratamiento 3	28 mm
Tratamiento 4	29 mm

Y los últimos dendrómetros se colocaron el 22 de mayo. Las medidas fueron:

Racimo 4º	Diámetro
Tratamiento 1	34 mm
Tratamiento 2	35 mm
Tratamiento 3	38 mm
Tratamiento 4	36 mm

Las fechas de colocación se corresponden con la fecha en que se logró el diámetro mínimo de los frutos que coincidían con el tamaño de separación mínimo de los brazos de los dendrómetros. En todos los casos, los dendrómetros estuvieron colocados hasta que se alcanzó la madurez de los frutos (Rojo).

En el ensayo 2009 los racimos monitoreados fueron el 3º y 4º de cada tratamiento elegidos al azar, al igual que en 2008. El fruto evaluado fue el proximal de cada racimo elegido. En esta experiencia, el diámetro mínimo de los frutos elegidos fue mayor al elegido en la campaña anterior, debido a que los frutos en el ensayo 2008 sufrieron deformaciones que se estiman

fueron producidas por falta de fuerza de los frutos para mover el dispositivo. Los frutos elegidos fueron similares en tamaño para que las mediciones fueran comparables. Al igual que el año anterior, los dendrómetros estuvieron colocados hasta que se alcanzó la madurez de los frutos (rojo).

Los primeros dendrómetros (3° racimo) se colocaron el 05 de mayo de 2009, y los últimos dendrómetros (4° racimo) se colocaron el 19 de mayo del mismo año. Las medidas iniciales fueron las siguientes:

Racimo 3°	Diámetro
Tratamiento 1	53 mm
Tratamiento 2	55 mm
Tratamiento 3	56 mm
Tratamiento 4	52 mm

Racimo 4°	Diámetro
Tratamiento 1	55 mm
Tratamiento 2	57 mm
Tratamiento 3	60 mm
Tratamiento 4	57 mm

#### **3.4.1.2. Evaluación utilizando la metodología de análisis de crecimiento vegetal 2009**

El experimento se realizó durante el año 2009. Siete días después de floración (DDF) y en el quinto racimo, para cada tratamiento y repetición, se cosecharon 3 frutos en igual estado de desarrollo. Simultáneamente se marcaron otros 3 frutos (en igual estado de desarrollo y en el mismo orden de inserción dentro de la inflorescencia que los anteriores) que fueron cosechados 7 días más tarde. Se realizaron un total de siete cosechas (7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días DDF), cada semana se repitió la misma modalidad, cosechando frutos previamente seleccionados, y marcando los que serían muestreados siete días después. La primera cosecha se realizó el 4 de mayo, y la última el 15 de junio del mencionado año.

En los frutos, colectados semanalmente, se determinaron el diámetro polar (medido con calibre), el peso fresco y el peso seco, por secado en estufa a 70 °C hasta peso seco constante. Con la información obtenida semanalmente, se calcularon las tasas de crecimiento absoluto y

relativo, de acuerdo con la metodología propuesta por Hunt (1978; 1979; 2003), utilizando el método funcional.

Se establecieron los modelos de crecimiento y las ecuaciones de regresión para cada una de las variables. Para la selección del modelo, se tuvo en cuenta el coeficiente de regresión más cercano a la unidad (Casierra-Posada *et al.*, 2007). Con los índices obtenidos se construyó la curva de acumulación de materia seca, la curva de TCA y la curva de TCR.

#### **3.4.2. Descripción del desorden *blotchy ripening* en función del tiempo y a lo largo de la planta 2008-2009**

El experimento consistió en la evaluación del efecto de la densidad de plantación combinada con y sin raleo de frutos, sobre la aparición del desorden *blotchy ripening* y su evolución en el tiempo.

En el ensayo los frutos fueron cosechados semanalmente en el estado Rojo, para poder observar y distinguir el desorden. La cosecha se realizó por parcelas y racimo, y dentro del racimo, buscando describir el comportamiento del desorden en las diferentes etapas ontogénicas de la planta. La unidad experimental, diseño experimental y tratamientos fueron los mismos descritos en el punto 3.3

Para cada tratamiento se determinó el número de frutos y el porcentaje de aparición de desorden en cada semana de cosecha para poder inferir las condiciones predisponentes para su aparición. Este parámetro fue evaluado en los años 2008 y 2009.

También, y para cada tratamiento, se determinó el número de frutos y el porcentaje de aparición del desorden en cada uno de los nueve racimos evaluados en la planta, buscando relacionar la posición del racimo con el grado de aparición del desorden, y el efecto de la densidad de plantación y raleo de frutos sobre esta distribución. Este parámetro solo se evaluó en el año 2008.

### 3.4.3. Efecto del rendimiento final y el tamaño del fruto sobre el grado de aparición del desorden *blotchy ripening* 2008-2009

El experimento se realizó durante el año 2008, y se repitió el año 2009. Consistió en la evaluación del efecto de la densidad de plantación combinada con y sin raleo de frutos, sobre el porcentaje de frutos con *blotchy ripening*, en relación al rendimiento total y al rendimiento según categorías comerciales.

La cosecha se realizó semanalmente cuando los frutos presentaron el estado Rojo, para poder observar y distinguir el desorden en el fruto.

Los frutos cosechados se clasificaron en frutos comerciales y con *blotchy ripening*. Para la tipificación se consideró el diámetro del fruto, y se clasificaron en las siguientes categorías: frutos chicos (diámetro menor a 6 cm), medianos (6-7,5 cm), grandes (7,5-9 cm) y extra grandes (diámetro mayor a 9 cm). Para dicha categorización se utilizaron calibres caseros disponibles en la EEA INTA Bella Vista (Figura 3.5). A su vez los frutos fueron pesados por categoría con una balanza KRETZ de 12 kg, con una sensibilidad de  $\pm 1$  g.

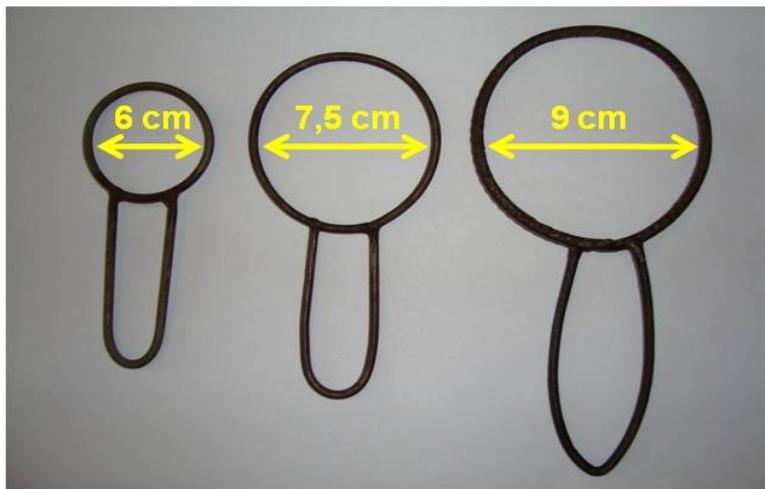


Figura 3.5: Calibres caseros utilizados para la tipificación de los frutos.

Se realizó el análisis de la varianza y las medias se compararon con el test de Duncan ( $P < 0,05$ ) utilizando el software estadístico SAS, Version 8 (The SAS System, 1999).

Se determinó el número total de frutos para cada tratamiento, el número de frutos comerciales y el número de frutos que exhibían *blotchy ripening*.

Para cada tratamiento se determinó el número total de frutos, clasificados según categorías (chico, mediano, grande, extra grande), y dentro de las mismas se analizaron los que presentaron *blotchy ripening*, para determinar cual tratamiento y cual categoría de frutos presentaba mayor número de frutos con el desorden.

Se analizó, además, la frecuencia de aparición de frutos con el desorden en base al rendimiento total de cada tratamiento. Se buscó que sean comparables los resultados, ya que el tratamiento con raleo de frutos presentó menor número de frutos totales por planta por efecto de la eliminación de parte de ellos. Al expresarlos en porcentaje, los valores pudieron ser comparados entre tratamientos.

Se evaluó el porcentaje de frutos con el desorden según categoría, expresado como la cantidad de frutos con el desorden de una categoría en relación al total de frutos de esa misma categoría. Por un lado se buscó que sean comparables los resultados, por la misma razón expresada en el punto anterior. Con los valores obtenidos se estableció el tipo de correlación existente entre el tamaño del fruto (expresado como categorías comerciales) y la frecuencia de aparición del desorden (expresada en porcentaje).

Finalmente, para cada tratamiento, se determinó el peso medio general, el peso medio de los frutos comerciales y el peso medio de los frutos con el desorden. Además para cada uno (total, comercial y con el desorden) se determinó el peso medio de cada categoría de fruto (chico, mediano, grande, extra grande). El objetivo fue ver el efecto del tratamiento en el peso promedio general de los frutos y su efecto en cada categoría antes mencionada.

#### **3.4.4. Descripción histológica y anatómica del desorden *blotchy ripening***

Las muestras fueron extraídas del experimento del año 2008 y consistió en la toma de muestras de frutos con y sin el desorden de cada tratamiento y repetición para posteriormente

realizar una descripción histológica y anatómica del desorden *blotchy ripening*, y de esta forma ver las diferencias entre los tejidos afectados y sanos.

La unidad experimental, diseño experimental y tratamientos fueron los mismos descritos en el punto 3.3.

Se tomaron en total 5 muestras de frutos de un racimo al azar por tratamiento, por repetición y de cada uno de los ocho racimos evaluados.

Las muestras con presencia de *blotchy ripening* y de tejido normal de pericarpio de frutos de tomate maduro y correspondiente a los cuatro tratamientos, fueron fijadas en FAA (Etanol, Acido Acético, Formaldehído), durante 48 horas, deshidratados en una serie de alcohol etílico-xilol e incluidas en Parafina. Del material incluido en parafina se realizaron secciones transversales de 7-12 micrones de espesor con micrótopo de rotación, las que fueron coloreadas con safranina-fast green (Johansen, 1940) y montadas en bálsamo de Canadá (Figura 3.6) (Berlyn y Miksche, 1976).



Figura 3.6: Instrumental de laboratorio. a) tubos con muestras de tejido; b) frascos de deshidratación del material (etanol-xilol-parafina); c) micrótopo de rotación y d) microscopio.

Los cortes fueron observados bajo microscopio óptico y fotografiados con una cámara Cannon PowerShot A640. Se midieron las siguientes variables:

**Área de Vasos Xilemáticos (AVX):** es el área promedio de un solo vaso xilemático. Da noción de conductividad del xilema. A mayor área de vasos, menor resistencia hidráulica para conducir la savia bruta (agua, sales y otras sustancias).

**Diámetro de Vasos Xilemáticos (DVX):** es el diámetro promedio de un solo vaso xilemático. Se mide en caso de que los vasos no fueran regulares. La correlación entre el diámetro y el área nos da un índice de cuan redondos son los vasos. Aunque tengan la misma área de vasos, la conductividad hidráulica es menor en un vaso que no es redondo y tiene formas irregulares.

**Área de Haces Vasculares (AHV):** indica capacidad de conducción de savia bruta y elaborada, pero al incluir todo los componentes del xilema, no es un parámetro tan válido para indicar mayor o menor resistencia hidráulica.

Como aclaración, los haces vasculares contienen xilema y floema. Los vasos xilemáticos son solo uno de los elementos del xilema.

Las variables área de vasos xilemáticos, diámetro de vasos xilemáticos y área de haces vasculares fueron determinadas, en fotografías de cortes transversales, mediante el software analizador de imágenes "Image Pro-series" (Media Cybernetics USA).

Las variables fueron analizadas mediante ANAVA y el Test LSD de Fisher fue utilizado para la comparación de medias, tomando un nivel de significación del 5 %. El análisis estadístico se realizó con el software InfoStat/Profesional versión p2 (Grupo InfoStat, 2006).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Evaluación del crecimiento del fruto y su relación con aparición del desorden *blotchy ripening***

##### **4.1.1. Evaluación del crecimiento mediante el uso de *Dendrometría***

En la Figura 4.1a se observa, a nivel de segundo racimo, una clara diferencia entre los tratamientos que incluyen la práctica de raleo (Raleo y Densidad+Raleo) y los que no. Inicialmente se observó un mayor crecimiento en el tratamiento Raleo, pero el tamaño final fue menor con respecto al tratamiento Densidad+Raleo, aunque el fruto evaluado alcanzó la madurez antes que los demás tratamientos. Esto último se pudo deber a la aleatoriedad con que se eligieron los frutos evaluados. El tratamiento Densidad+Raleo obtuvo el mayor tamaño de fruto (68.9 mm), y el tratamiento Densidad el menor (50.8 mm).

En el tercer racimo (Figura 4.1b) ocurre una situación diferente. El testigo obtuvo un mayor crecimiento a lo largo de todo período evaluado. Si bien alcanzó antes su tamaño final, el mismo es muy similar al alcanzado por los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo que maduraron más tarde. En este caso, al igual que en el segundo racimo, el tratamiento Densidad fue el de menor crecimiento y menor tamaño final (58.3 mm), y el tratamiento Raleo el mayor tamaño (66 mm).

En el cuarto racimo (Figura 4.1c) se observó que si bien hay diferencia, la forma de la curva de crecimiento es la misma para todos los tratamientos. En este caso, el tratamiento Raleo es el que obtuvo el menor tamaño final de fruto (49 mm) y el tratamiento Densidad+Raleo el de mayor tamaño (56.8 mm).

El tamaño del fruto es influenciado por su posición dentro de la inflorescencia y por la posición de la inflorescencia en el tallo (Hurd *et al.*, 1979; Bertin, 1995; Bertin *et al.*, 1998). Los frutos cuajados tempranamente (primer racimo) compiten más favorablemente por asimilados que aquellos inducidos tardíamente (Ho, 1984; Ho, 1992). El tamaño del fruto disminuye a medida que aumenta la posición del racimo en la planta. Esto se puede observar claramente en el 4º racimo.

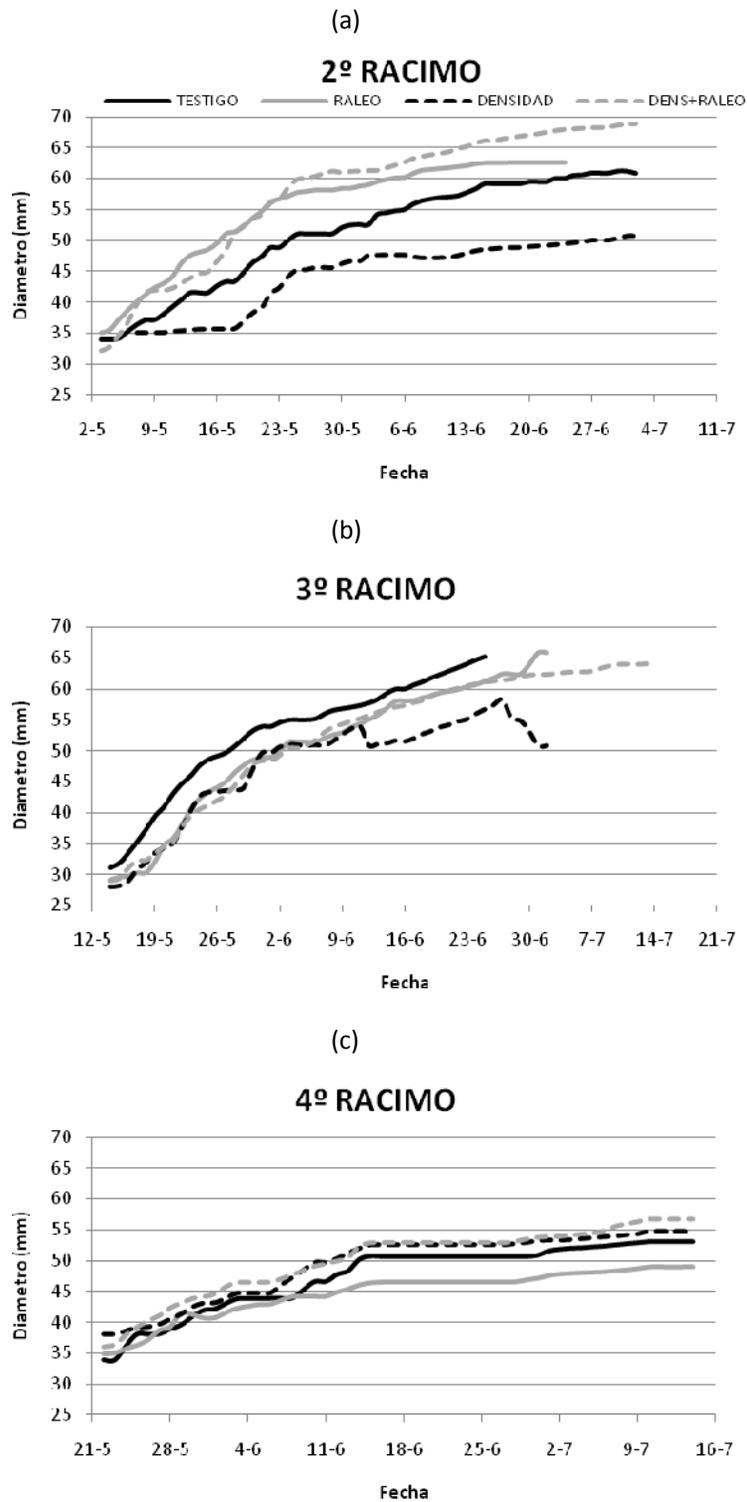


Figura 4.1: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del crecimiento del fruto (en diámetro) en diferentes racimos. Experiencia 2008.

En el año 2009 se observó una clara diferencia a favor del tratamiento Raleo (83.1 mm) para el tercer racimo, en el cual se obtuvo el mayor tamaño final de fruto (Figura 4.2a). En contraposición, el testigo obtuvo el menor tamaño final (73.1 mm). Además el fruto alcanzó la madurez mucho después que los otros tratamientos. En el año anterior, y para la misma posición del racimo (3°), el Testigo obtuvo el mayor tamaño de fruto.

En el cuarto racimo (Figura 4.2b) la situación es diferente. El tratamiento Densidad logró el mayor tamaño final (72.6 mm) y el tratamiento Raleo el menor (65.5 mm). No hubo diferencia entre la fecha en que se logra la madurez final de los frutos. Cabe destacar que el tamaño final fue mayor al del año anterior.

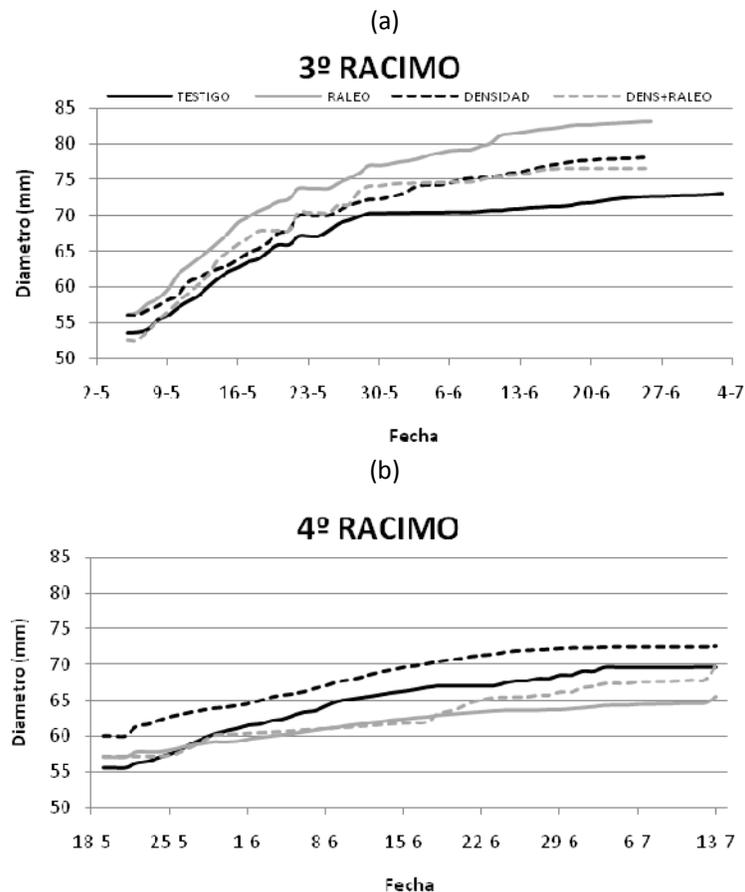


Figura 4.2: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del crecimiento del fruto (en diámetro) en diferentes racimos. Experiencia 2009.

#### 4.1.2. Evaluación del crecimiento utilizando la metodología de análisis de crecimiento vegetal

Con la información suministrada por el método Funcional (Ver Anexo, Tabla 7.5 y Figuras 7.4, 7.5, 7.6 y 7.7), se construyó la curva de acumulación de materia fresca, materia seca y proporción de materia seca en fruto en el tiempo (Figura 4.3).

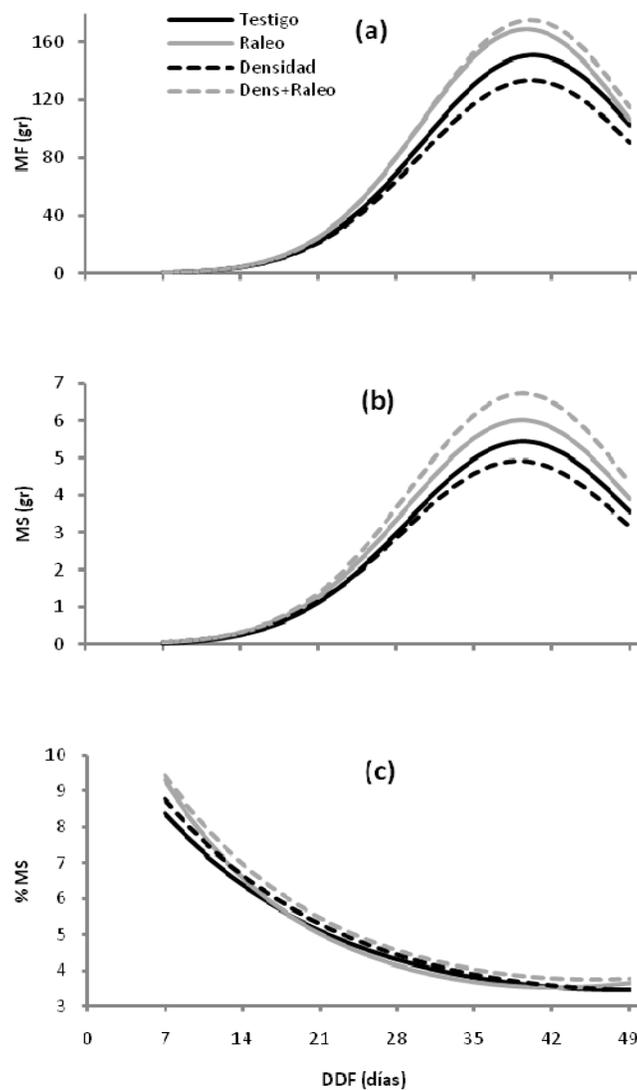


Figura 4.3: Efecto del Tratamiento sobre los cambios de (a) peso fresco del fruto, (b) peso seco del fruto y (c) proporción de materia seca del fruto (porcentaje de peso fresco). Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.

El aumento de peso fresco y seco en frutos (figura 4.3 a y b) se produjo hasta la 6ª semana, para luego disminuir. Esta disminución se puede deber a un Error Experimental en la toma de datos.

Para aumento de peso fresco (Figura 4.3a), no se observaron diferencias entre los tratamientos que incluyen raleo de frutos, pero si entre estos y los demás (testigo y densidad). Ahora bien, cuando se analizó la acumulación de materia seca (figura 4.3b), se observó una clara diferencia entre todos los tratamientos, siendo el tratamiento Densidad+Raleo el que mayor cantidad de materia seca acumuló (6,72 gr MS) y el tratamiento Densidad el que acumuló menor cantidad (4,91 gr MS). Cuando se reduce el número de frutos mediante raleo, los asimilados que estaban destinados a esta fruta removida serán atraídos por los frutos adyacentes que quedaron en el racimo, dando como resultado un mayor tamaño de fruto (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1992; Heuvelink, 1997; Ucan Chan *et al.*, 2005).

La discrepancia entre los cambios de peso fresco y seco del fruto entre los tratamientos puede ser explicado por las diferencias en el porcentaje de materia seca de la fruta (figura 4.3c). El porcentaje de MS de los frutos en el tratamiento Densidad+Raleo se mantuvo siempre por encima de los demás tratamientos, y se observó que esta diferencia es máxima en la semana seis. Los órganos destino tienen diferentes capacidades de atraer asimilados (fuerza de destino), y así la prioridad de un órgano en recibirlos es el resultado de la competencia entre órganos destinos (Ho, 1992; Ho, 1996). El raleo de flores genera frutos con mayor fuerza de destino, y por ende mayor tamaño final (Ucan Chan *et al.*, 2005).

Como observamos en la Figura 4.4, la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) tiene poca utilidad en la interpretación de los datos, debido a la metodología de cálculo de la misma, como se expresara anteriormente:

$$TCR = (1/W) * (dW/dt)$$

La Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) (figura 4.5) sería la más útil para explicar los resultados, en particular la TCA máxima. La TCA de Materia Fresca máxima fue superior para

los tratamientos que incluyeron raleo de frutos. Algo similar ocurre con la TCA de Agua máxima (figura 4.5 a y b). En ambos caso, el tratamiento densidad presentó la menor TCA máxima.

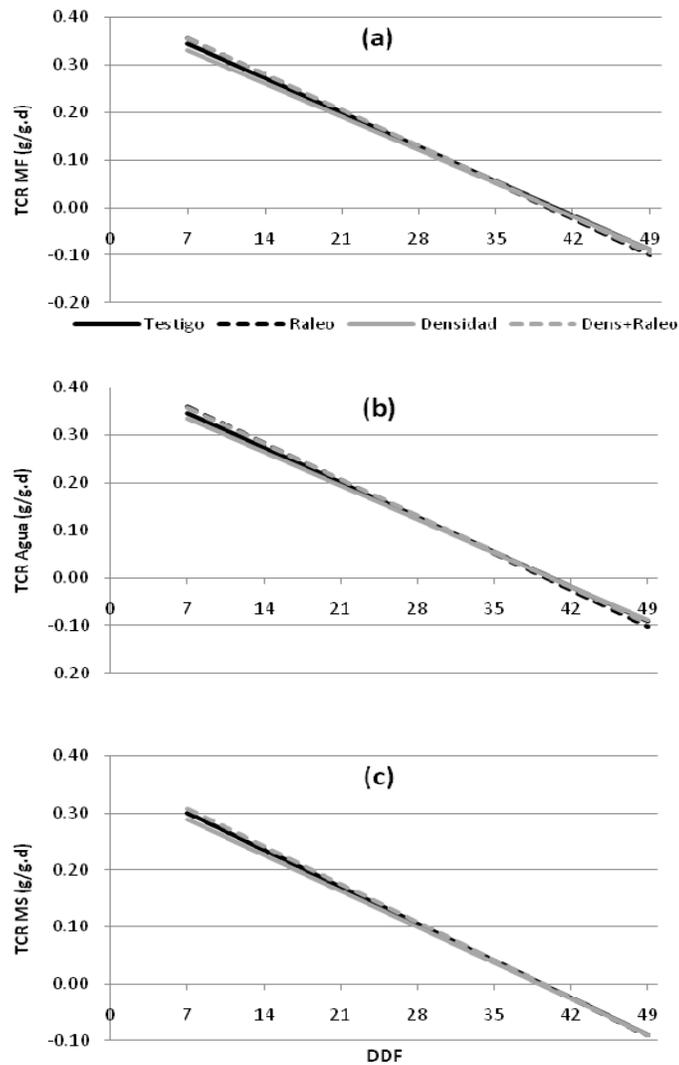


Figura 4.4: Efecto del Tratamiento sobre la Tasa de crecimiento relativo (TCR) en frutos de tomate, estimada por el método Funcional. Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.

Ahora bien, se encontró que la TCA de Materia Seca fue diferente para todos los tratamientos (figura 4.5c). En dicha figura se observa que la TCA alcanzó un máximo 5 semanas después de floración, para luego disminuir bruscamente en todos los tratamientos. El tratamiento

Densidad+Raleo presenta la mayor TCA máxima, de 0,398 g/día, obtenida más temprano en el ciclo de crecimiento, a los 29 días.

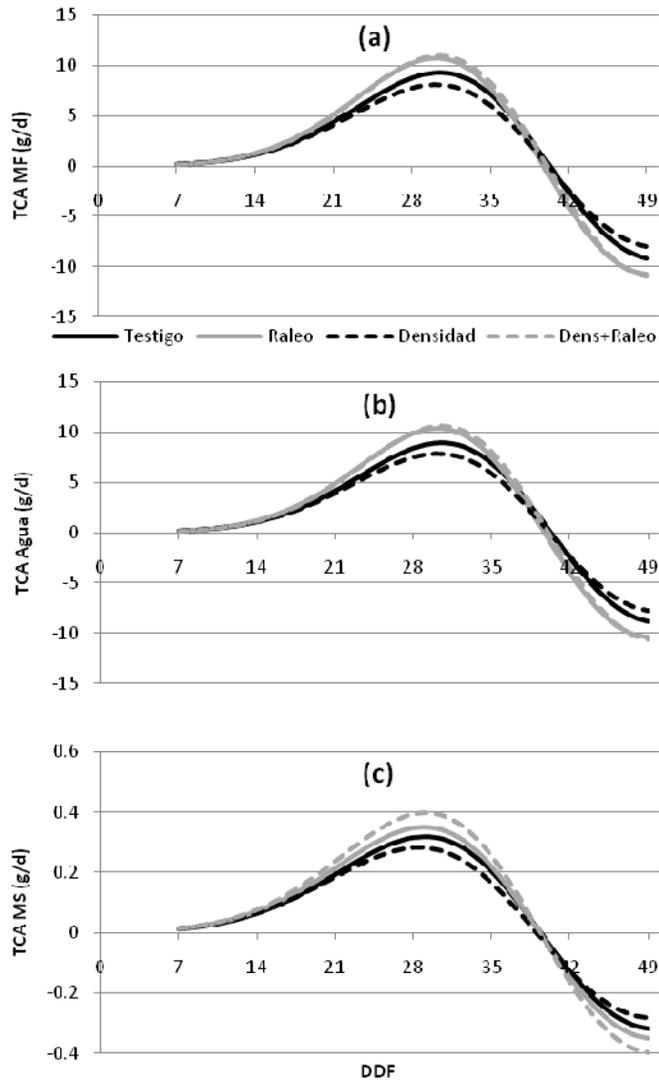


Figura 4.5: Efecto del Tratamiento sobre la Tasa de crecimiento absoluto (TCA) de frutos de tomate, estimada por el método Funcional. Experiencia 2009. Referencias, DDF: Días Después de Floración.

El mayor peso de fruto (MF y MS) del tratamiento Densidad+Raleo se debe principalmente a una mayor TCA de Materia Seca.

La prioridad de un órgano destino en recibir asimilados es el resultado de la competencia entre órganos destinos (Ho, 1992; Ho, 1996). Diferencias en las tasas de crecimiento entre órganos destinos depende de las diferencias en fuerza de destino y, por ende, la partición de asimilados depende de las diferencias en fuerza de destino (Marcelis, 1994b). Aplicando raleo modificamos la fuerza de destino de los frutos, modificando la tasa de crecimiento de los frutos, y por ende obteniendo mayor tamaño final de los mismos.

La caída de la TCA (Figura 4.5) cuando se superan los 40 días aproximadamente, se debería a un Error Experimental en la toma de datos.

#### **4.2. Descripción del desorden *blotchy ripening***

A continuación, basándose en la hipótesis de que el desorden se distribuye a lo largo del año según las condiciones climáticas imperantes, se realizó una descripción del mismo a través del tiempo.

##### **4.2.1. Comportamiento semana a semana**

###### **4.2.1.1 Evolución del rendimiento total**

En el año 2008 la cosecha comenzó en la semana 23 (01 al 07 de Junio), 81 días después del trasplante. Los rendimientos acumulados difirieron entre tratamientos, alcanzándose los mayores en el Testigo y Densidad (Figura 4.6).

Esto coincide con expresado por Slack y Calvert (1977), Hurd *et al.* (1979), Davis y Estes (1993), Cockshull y Ho (1995) y Peil y Galvez (2005), que afirmaron que el raleo de frutos disminuye el rendimiento total pero aumenta el tamaño final de los frutos. Los tratamientos que incluyen esta práctica mostraron un menor rendimiento final.

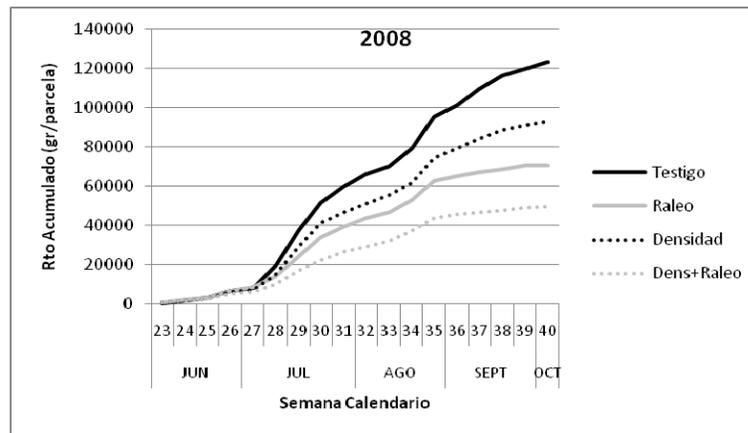


Figura 4.6: Efecto del Tratamiento sobre el rendimiento acumulado en gramos de frutos totales por parcela en función de la semana calendario. Experiencia 2008.

La evolución del rendimiento, sin embargo, tuvo la misma tendencia independientemente del tratamiento, observándose una caída en la cantidad de fruta cosechada entre las semanas 31 y 33 (Figura 4.6 y 4.8) y una caída posterior entre las semanas 36 y 38. Esta disminución de rendimiento posiblemente se deba a las bajas temperaturas registradas en las semanas previas y durante ese período (Figura 4.7). Altas temperaturas aceleran el desarrollo del fruto de tomate y reducen el tiempo requerido para la maduración (Dorais *et al.*, 2001). En este caso, por las bajas temperaturas registradas, ocurrió lo opuesto, produciéndose un retraso en la maduración y una caída en la producción en los mencionados períodos.

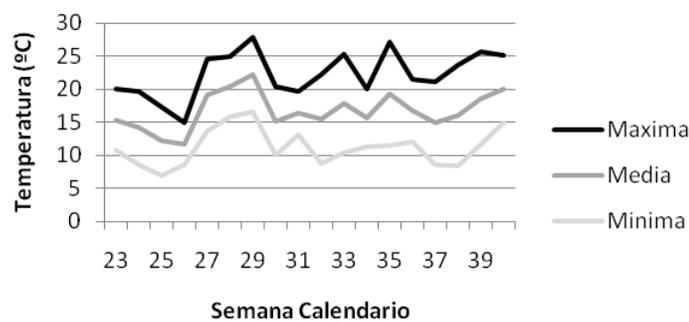


Figura 4.7: Temperatura mínima media semanal, media semanal y máxima media semanal en casilla meteorológica entre las semanas 23 y 40. Datos observatorio agrometeorológico EEA INTA Bella Vista. Año 2008.

En la Figura 4.8 se observan dos picos de producción, uno ubicado entre las semanas 29-30 y el segundo entre las semanas 34-36, lo cual no fue afectado por el tratamiento aplicado.

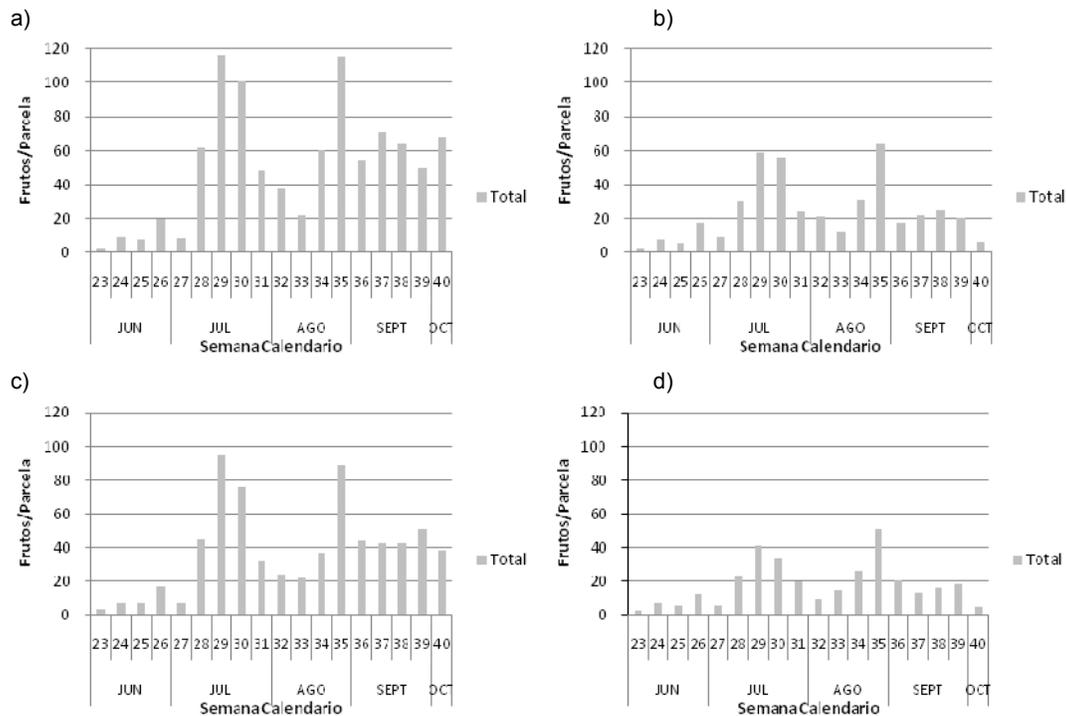


Figura 4.8: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos totales por parcela en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Durante la experiencia 2009 los rendimientos acumulados también difirieron entre tratamientos, repitiéndose el comportamiento del año anterior (Figura 4.9), pero con menores rendimientos finales en los cuatro tratamientos con respecto a la experiencia 2008. La cosecha comenzó en la semana 20 (17 al 23 de Mayo). Si bien la fecha de trasplante se adelantó solo ocho días con respecto al año anterior, hubo un adelanto en el inicio de cosecha de dos semanas. De trasplante a cosecha hubo 74 días. Se atribuye esta situación a mejores condiciones ambientales al inicio del cultivo que favorecieron la precocidad del mismo.

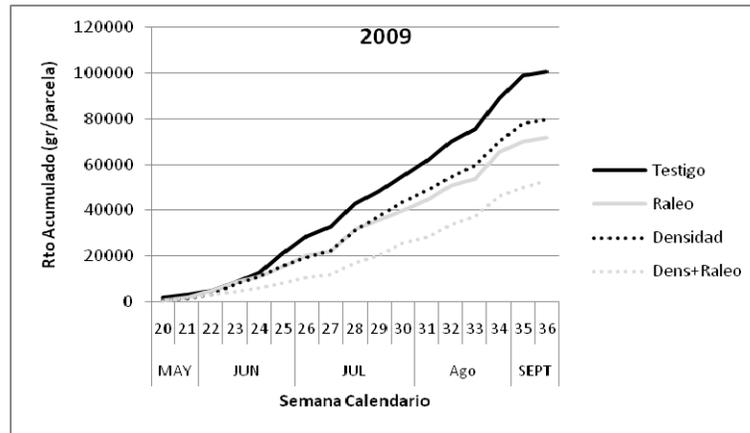


Figura 4.9: Efecto del Tratamiento sobre el rendimiento acumulado en gramos de frutos totales por parcela en función de la semana calendario. Experiencia 2009.

La evolución del rendimiento este año presentó la misma tendencia independientemente del tratamiento, observándose dos caídas en la cantidad de fruta cosechada, la primera en la semana 27 y la siguiente entre las semanas 29 y 31 (Figura 4.9 y 4.11). Estas caídas en la producción posiblemente se deban a las bajas temperaturas registradas en las semanas previas y durante ese período (Figura 4.10). Este comportamiento en la curva de rendimiento, similar al ocurrido el año anterior, confirma el efecto de la temperatura sobre el desarrollo del fruto de tomate y el tiempo requerido para su maduración.

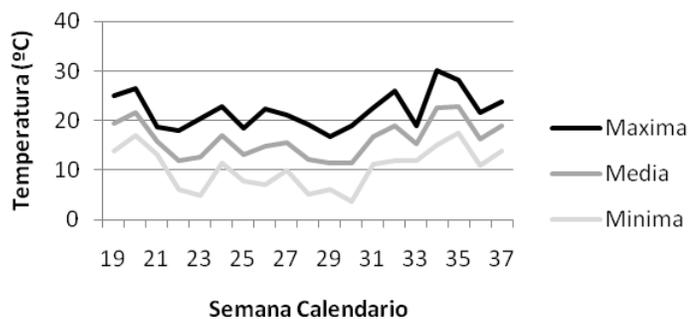


Figura 4.10: Temperatura mínima media semanal, medial semanal y máxima media semanal en casilla meteorológica entre las semanas 19 y 37. Datos observatorio agrometeorológico EEA INTA Bella Vista. Año 2009.

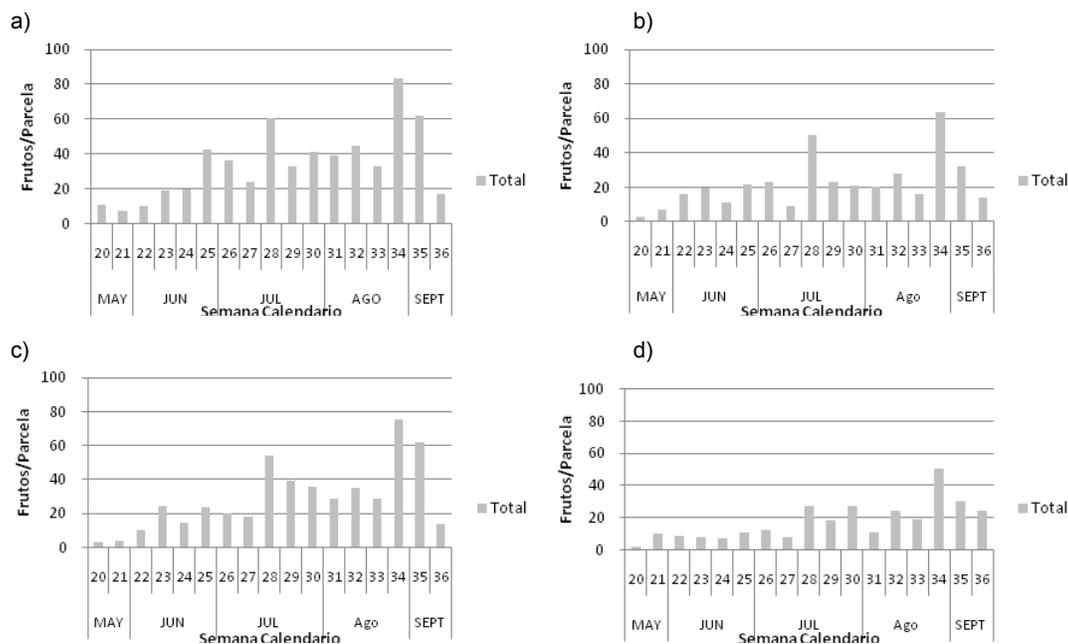


Figura 4.11: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos totales por planta en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.

En la Figura 4.11, al igual que el año anterior, se observaron dos picos de producción, uno ubicado en la semana 28 y el segundo entre las semanas 34-35, lo cual no fue afectado por el tratamiento aplicado.

#### 4.2.1.2 Evolución del desorden *blotchy ripening*

La aparición del desorden en la campaña 2008, en general, se puede observar desde la semana 26 a la 35 (Figura 4.12).

Cabe remarcar que la cantidad de frutos con *blotchy ripening* (BR), si bien es menor con respecto a otras semanas, es más importante en las épocas donde se producen caídas en el rendimiento (semanas 31-33), ya que si bien la cantidad de fruta afectada es menor, la proporción con respecto al total de fruta producida es mayor. Sumado al bajo rendimiento, existe un gran número de frutos afectados en relación a los frutos comerciales (Figura 4.12).

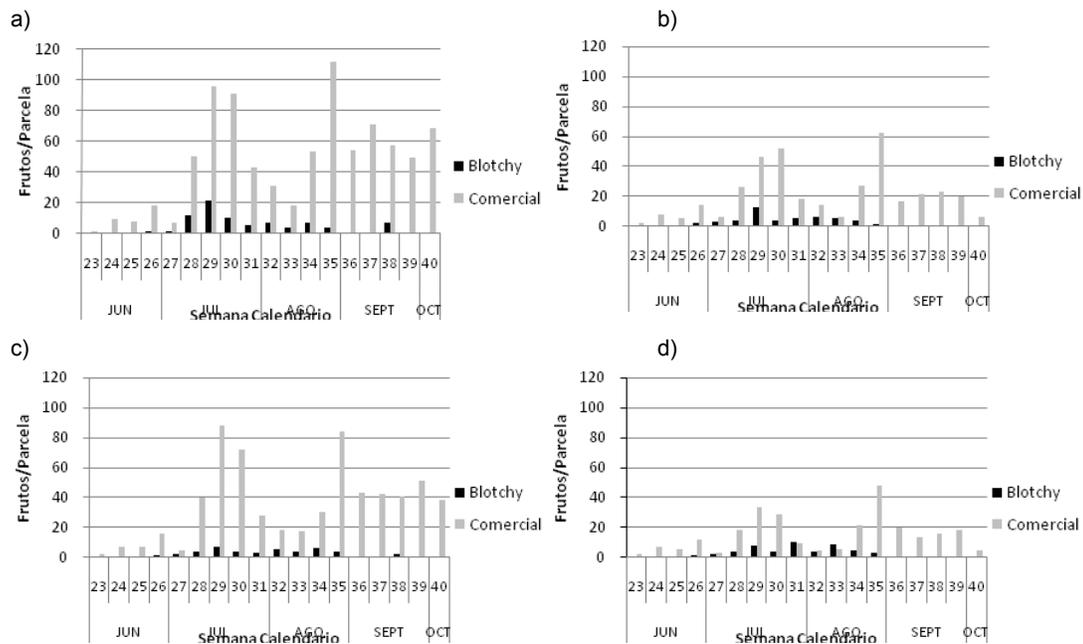


Figura 4.12: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos comerciales y con BR por parcela en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Si bien hay diferencias en rendimiento entre los tratamientos (Figura 4.6), la frecuencia de aparición del desorden (Figura 4.13) se observó que es claramente mayor en los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo. El desorden aumentó cuando se hizo raleo (Figura 4.13 b y d, versus a y c), y cuando se disminuyó la densidad (Figura 4.13 a y b versus c y d). Al haber menos frutos, se modificaría la tasa de desarrollo de los mismos y posiblemente se incrementaría el desorden. Como se afirmó anteriormente, el raleo de frutos produce un aumento en el peso de los frutos que permanecen en los racimos (Slack y Calvert, 1977; Cockshull y Ho, 1995; Ucan Chan *et al.*, 2005). Por ende, esta técnica, muy utilizada por los productores e investigadores, y cuyo objetivo es el de aumentar el tamaño de los frutos, produjo durante esta experiencia, un aumento en la frecuencia de aparición de frutos que exhiben este desorden de maduración.

El porcentaje de aparición del desorden durante 2008 (Figura 4.13) pareciera estar más concentrado en las semanas intermedias que en las iniciales o finales, y la distribución se asemeja a una campana. Se puede ver que en algunos casos los porcentajes de aparición

alcanzaron o sobrepasaron el 50%, por ejemplo: b) semana 34; c) semana 23 y 28; d) semana 27, 31, 32, 33 y 34.

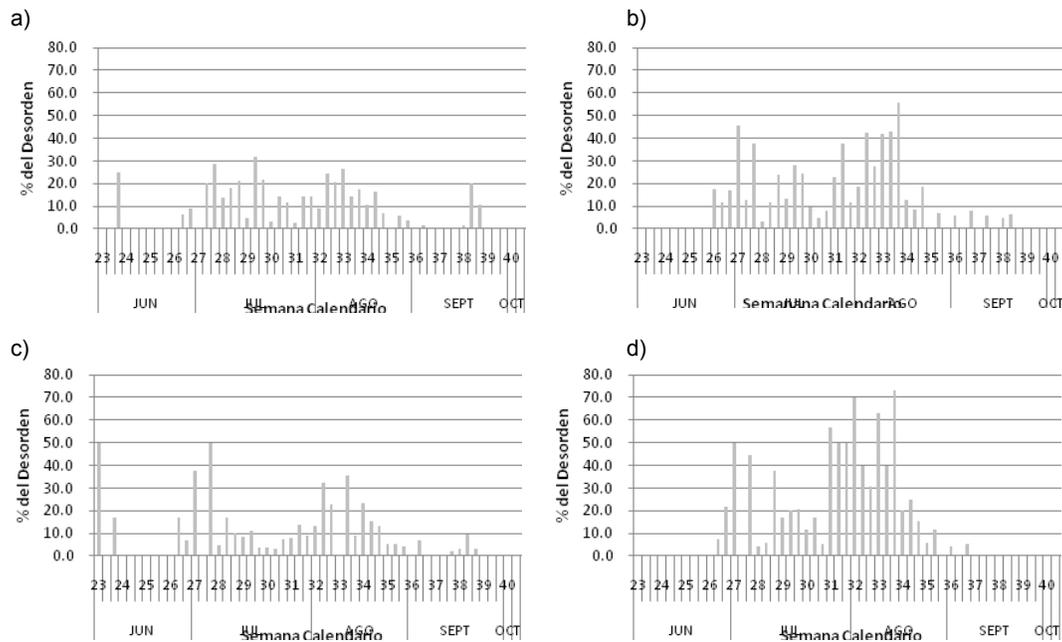


Figura 4.13: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de aparición del desorden BR en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Ahora bien, la aparición del desorden durante 2009, en general, se pudo observar desde el comienzo del periodo de cosecha (Figura 4.14). Si bien fue mucho menor que el año anterior, la cantidad de frutos con BR parece ser más importante entre las semanas 22 y 27.

A diferencia de 2008, la frecuencia de aparición del desorden en 2009 (Figura 4.15) no es tan clara y no se observaron grandes diferencias entre los tratamientos. Es más, en este año los tratamientos Testigo y Densidad son los que presentaron mayor porcentaje de frutos con el desorden lo cual se confirma en el Cuadro 4.10.

En esta experiencia, la técnica de raleo pareciera no haber tenido efecto sobre el porcentaje de aparición del desorden, que se ve reflejado en el menor número de frutos afectados por BR que mostraron los tratamientos que aplicaron la mencionada técnica.

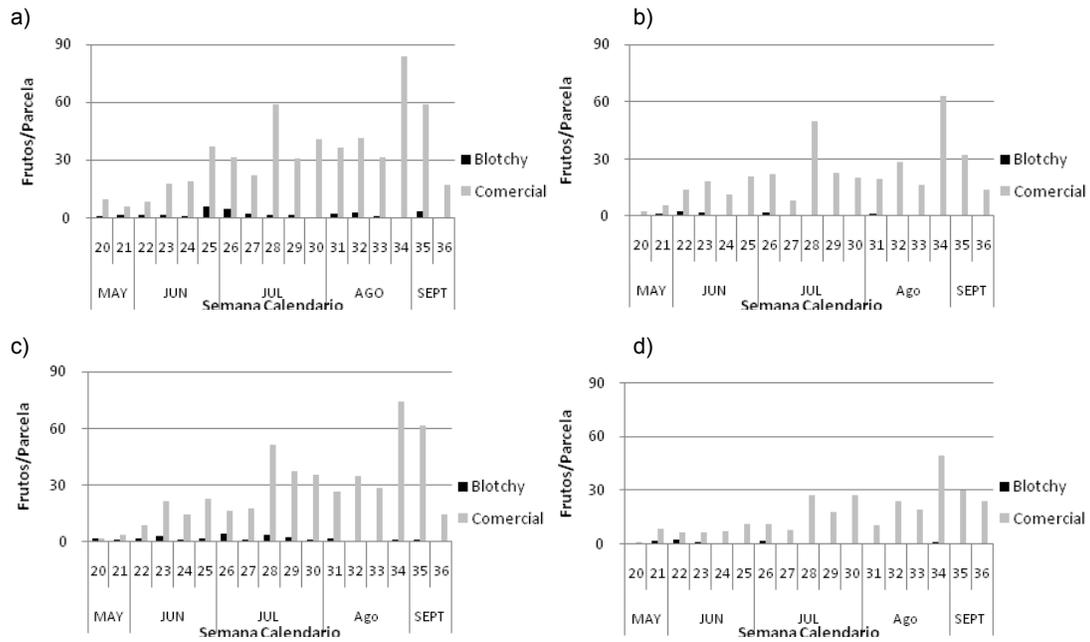


Figura 4.14: Efecto del Tratamiento sobre la evolución del número de frutos comerciales y con BR por planta en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.

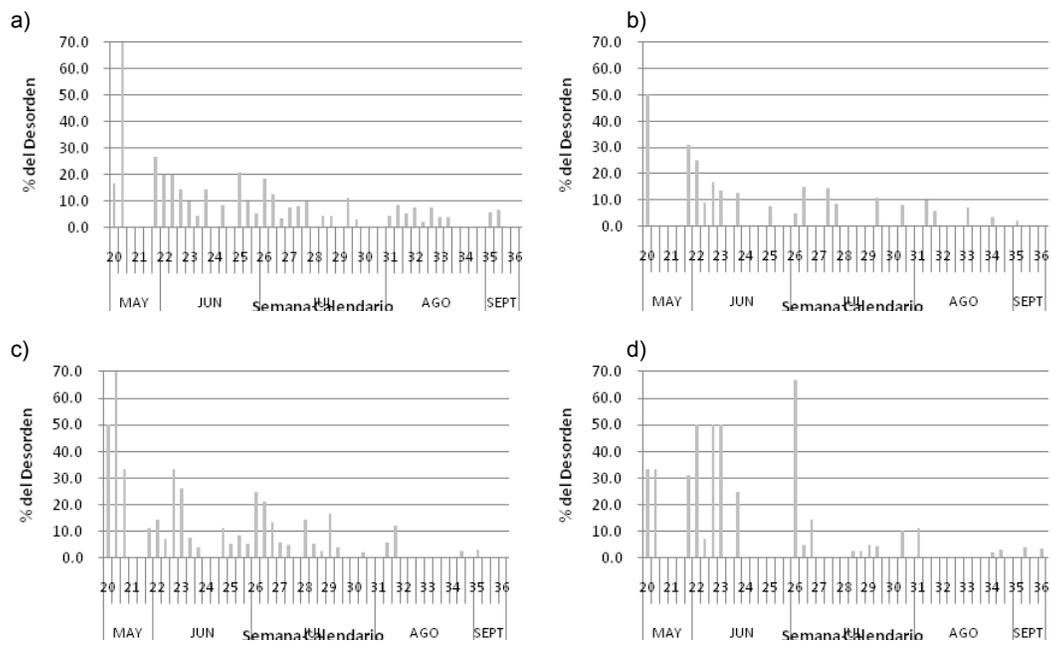


Figura 4.15: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de aparición del desorden BR en función de la semana calendario: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2009.

Con respecto a la distribución del desorden, en la experiencia 2009 apareció más concentrado en las semanas iniciales, más que las intermedias o finales. Se puede observar que en algunos casos los porcentajes de aparición alcanzaron o sobrepasaron el 50%, por ejemplo: a) semana 20; b) semana 20; c) semana 20; d) semana 22, 23 y 26.

Esta distribución, diferente entre ambas experiencias, pareciera no tener relación con la temperatura (Ver Anexo, Figura 7.1, 7.2 y 7.3), ya que las temperaturas registradas durante ambos períodos de evaluación son similares, no habiendo diferencias marcadas. Este factor ambiental no explicaría por qué en el año 2008 hay mayor concentración del desorden en los meses de Julio y Agosto, y en el año 2009 se adelanta, apareciendo ya desde fines de Mayo.

#### 4.2.2. Comportamiento del desorden a lo largo de planta

Basándose en la hipótesis de que el desorden no posee una distribución uniforme a lo largo de la planta y que el tratamiento influiría sobre esta distribución, se realiza una medición considerando la posición del fruto en la planta, y se describe en la Figura 4.16.

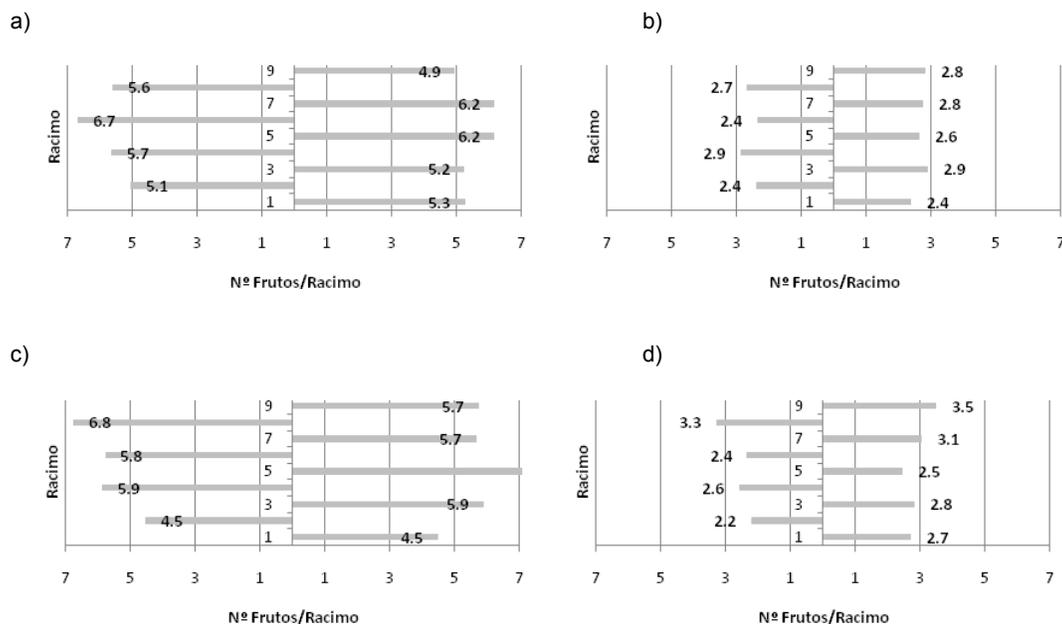


Figura 4.16: Efecto del Tratamiento sobre el número total de frutos (comerciales+BR) por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Como se puede observar en la Figura 4.16 (b y d), existió un marcado efecto del raleo de frutos sobre la cantidad y distribución de los frutos a lo largo de planta. En dichos tratamientos hubo un menor número de frutos por racimo y total por planta, pero más uniforme en cantidad a lo largo de la planta.

En la Figura 4.17 se puede ver que el tratamiento Testigo exhibió un menor número de frutos en los primeros racimos, aumentando en los intermedios (5° al 7° racimo) para decaer al final. En el tratamiento densidad sucedió algo similar, pero con mayor cantidad de frutos desde el 3° al 8° racimo. En el tratamiento Raleo las diferencias entre racimos no fueron tan marcadas, mientras que en el Densidad+Raleo hubo una caída en el número de frutos en los racimos intermedios, encontrando la mayor concentración de frutos en los racimos finales (7° al 9°).

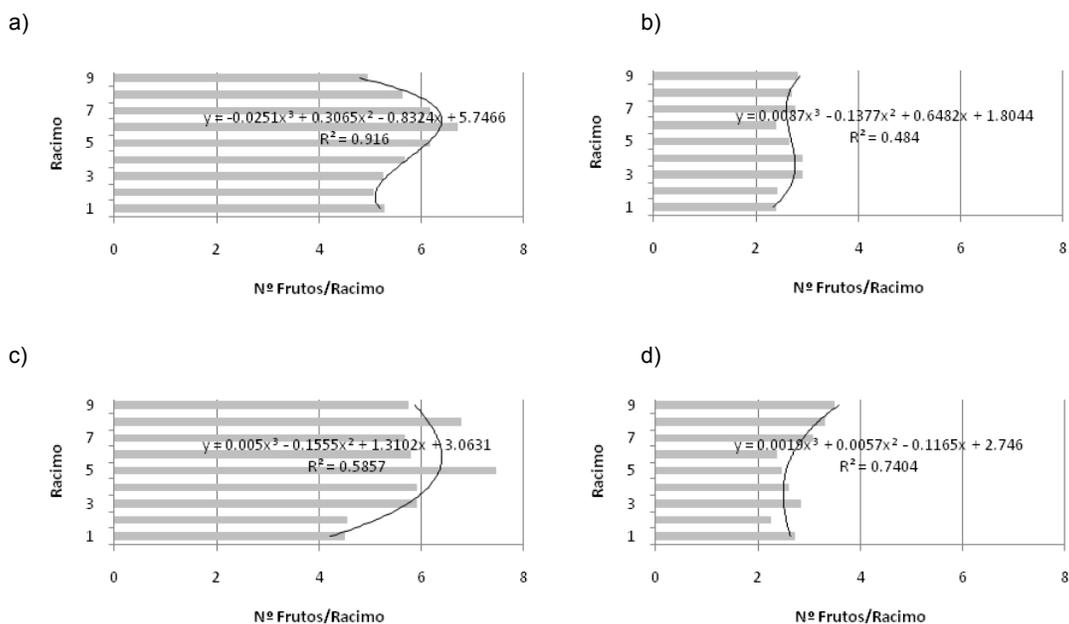


Figura 4.17: Efecto del Tratamiento sobre la curva de distribución total de frutos (comerciales+BR) por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Lo que respecta al número de frutos que exhibieron el desorden, el número y distribución se vio afectado por los tratamientos (Figura 4.18 y 4.19).

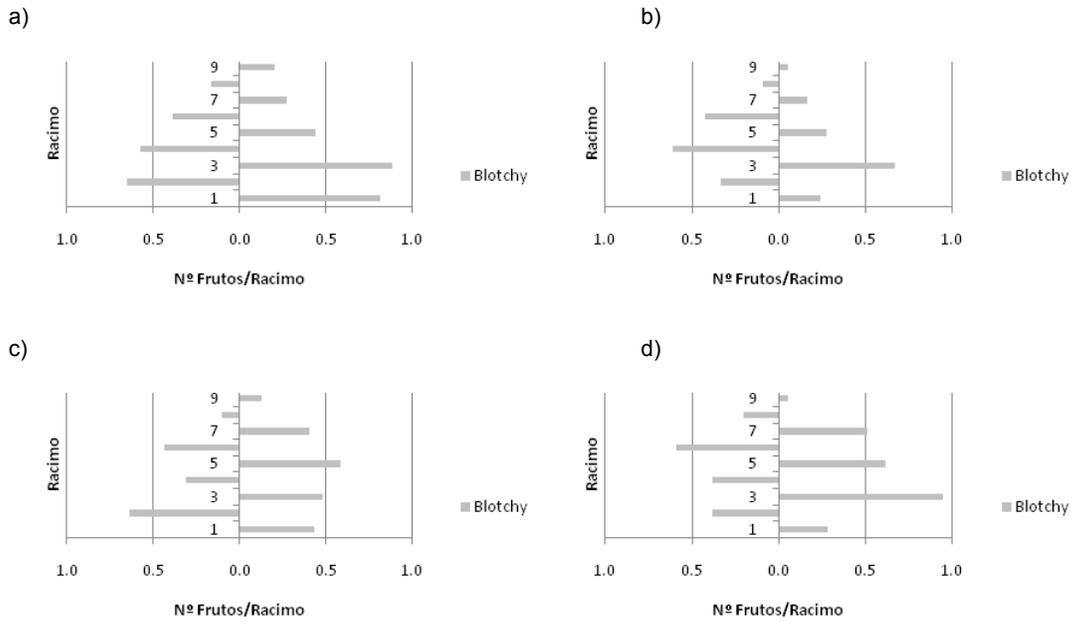


Figura 4.18: Efecto del Tratamiento sobre el número de frutos con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

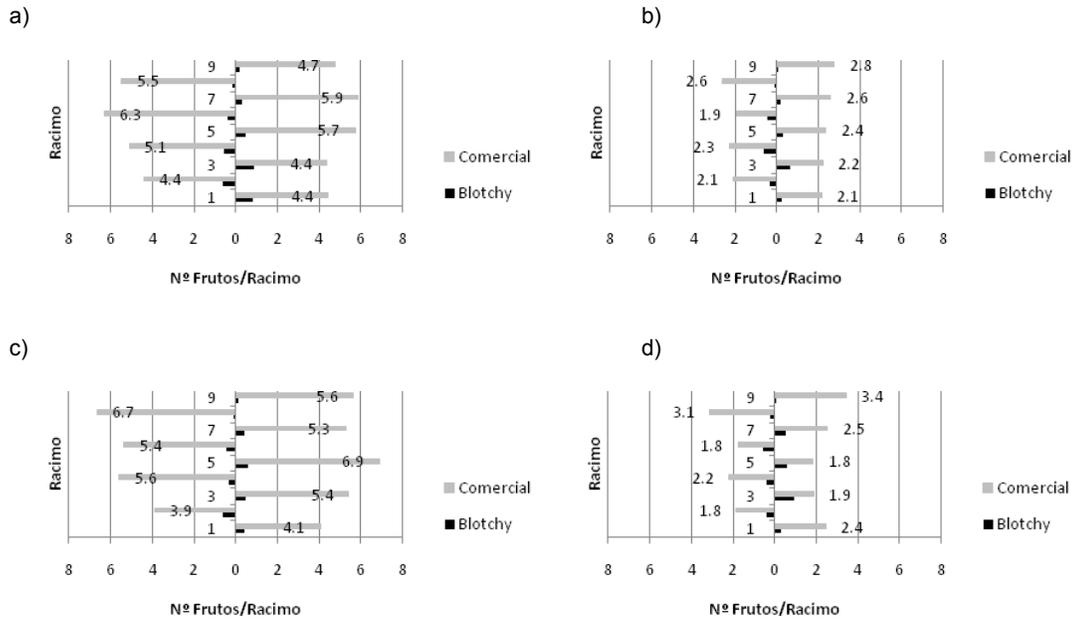


Figura 4.19: Efecto del Tratamiento sobre el número de frutos comerciales y con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

En la Figura 4.20 se observa claramente esta diferencia. Tanto el tratamiento Testigo como el Densidad exhibieron un mayor número de frutos con el desorden en los primeros racimos, posiblemente a causa del mayor tamaño de los frutos ubicados en esta zona. La secuencia natural de aparición de los racimos es de abajo hacia arriba, y la secuencia natural de floración es de las flores proximales hacia las distales. Dentro de una inflorescencia, la floración de las flores distales coincide con el cuaje de las futas proximales del siguiente racimo. Por lo tanto, las flores son sometidas a una doble competencia, entre y dentro de la inflorescencia (Hurd *et al.*, 1979; Bertin, 1995; Bertin *et al.*, 1998). Por ende los frutos de los racimos inferiores serian más grandes que los superiores. Esto podría explicar la mayor cantidad de frutos con BR en los racimos inferiores.

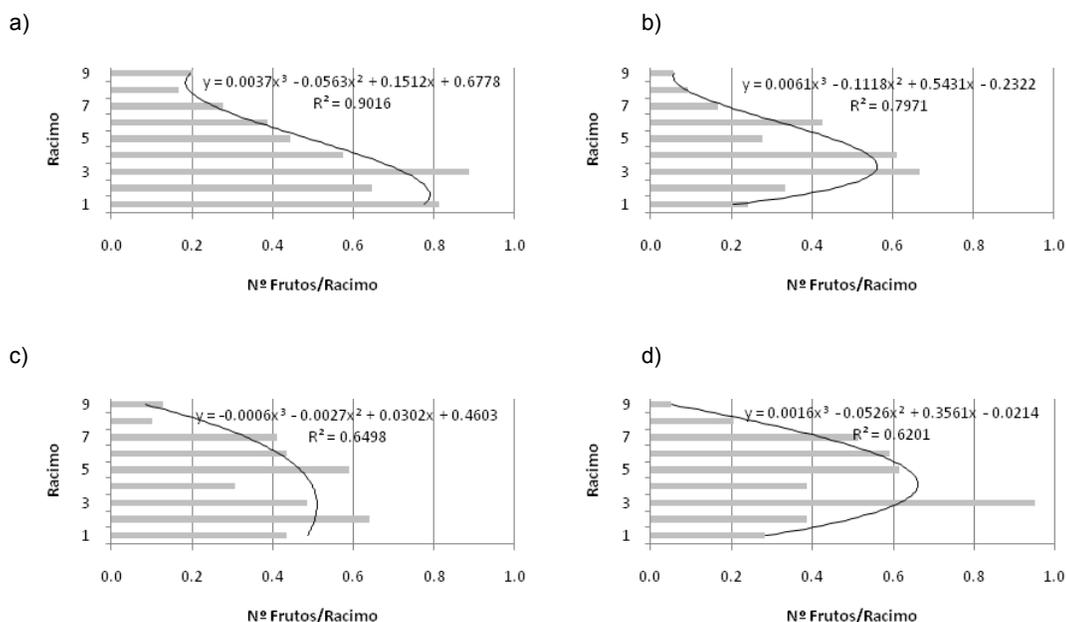


Figura 4.20: Efecto del Tratamiento sobre la curva de distribución de frutos con BR por racimo: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Ahora bien, los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo (Figura 4.20) mostraron un comportamiento diferente, observándose una mayor cantidad de frutos con *blotchy ripening* en los racimos intermedios (3° al 6°), con una caída brusca hacia la parte terminal de la planta (racimo 8° y 9°). Como ya se explicó, reduciendo el número de frutos, los asimilados que estaban

destinados a esta fruta removida serán atraídos por los frutos adyacentes que quedaron en el racimo. Como resultado, el racimo adyacente aumentará su rendimiento y el rendimiento por planta será compensado por un mayor tamaño de fruto (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1992; Heuvelink, 1997; Ucan Chan *et al.*, 2005). Mediante la reducción del número de frutos de las posiciones distales de los racimos, se puede aumentar la proporción de fruta de tamaños deseados (Ho, 1996) dentro del racimo, y en los racimos cercanos. Con la técnica de raleo, se logró un peso de fruto mayor y más uniforme a lo largo de planta. Este mayor peso obtenido en los racimos intermedios se relacionaría con un mayor número de frutos afectados por *blotchy ripening*.

Las frecuencias de aparición se pueden observar en la Figura 4.21.

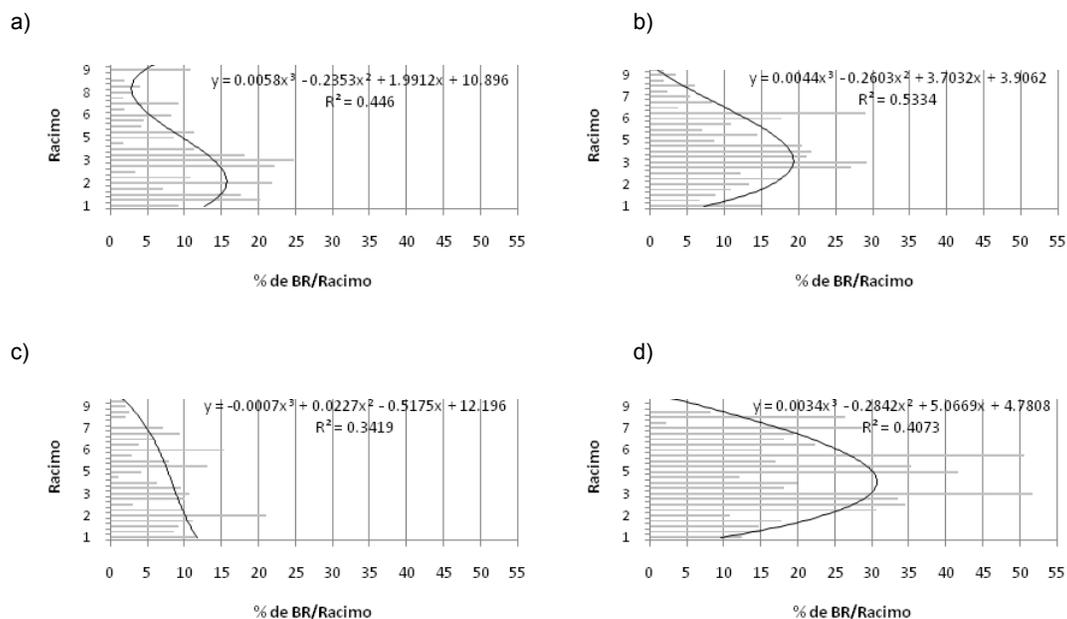


Figura 4.21: Efecto del Tratamiento sobre la frecuencia de distribución de frutos con BR por racimo, expresado como el número de frutos con BR en relación al total de frutos: a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad y d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008.

Si bien se observa que el comportamiento es similar al descrito para la Figura 4.20, se notó que los picos de porcentaje de aparición son más pronunciados, salvo para el tratamiento Densidad donde la curva se presentó más suave y con menores frecuencias de aparición. También cabe aclarar que tanto el tratamiento Raleo y Densidad+Raleo son los que mostraron

mayor porcentaje de fruta con el desorden, con picos de hasta el 50% en algunos racimos (Figura 4.23 d, racimo 3° y 6°). La técnica de raleo utilizada en estos tratamientos podría ser la responsable de la mayor frecuencia de aparición del desorden, debido a, como se menciono anteriormente, un aumento en el tamaño de fruto en todos los racimos, con un aumento de los frutos afectados por el desorden en relación al total cosechado.

#### 4.3. Evaluación del efecto de la densidad y raleo de frutos sobre el rendimiento del cultivo de tomate y grado de aparición del desorden *blotchy ripening*

##### 4.3.1. Rendimiento total de frutos, rendimiento total de frutos comerciales y rendimiento total de frutos con el desorden

Durante la experiencia 2008, el rendimiento final por parcela, expresado como número de frutos total, presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo el Testigo el de mayor rendimiento en frutos y el tratamiento Densidad+Raleo el de menor. Esto se puede deber al efecto del raleo sobre el número total de frutos cosechados (Cuadro 4.1), sumado (en el caso del tratamiento Densidad+Raleo) a la menor cantidad de plantas en la parcela. Ahora bien, no hubo diferencias significativas en el número de frutos que exhibían el desorden, pero si en la cantidad de frutos comerciales.

Se observó claramente el efecto del raleo de frutos sobre el rendimiento final, coincidiendo con lo expresado anteriormente, donde el raleo reduce el número de frutos por planta o por racimo (Ucan Chan *et al.*, 2005), afectando el rendimiento por unidad de superficie.

Cuadro 4.1: Número medio de frutos por parcela y tratamiento. Experiencia 2008.

	Nº COM	Nº BLOT	Nº TOTAL
TESTIGO	835,670	A 79,330	A 915,000
RALEO	377,670	C 51,670	A 429,330
DENSIDAD	633,330	B 46,000	A 679,330
DENSI+RALEO	273,670	D 51,670	A 325,330
R2	0,985479	0,543625	0,984494
C.V.	7,125321	39,705840	6,924874
Root MSE	37,770140	22,698510	40,666330

Referencias: Nº COM, comerciales; Nº BLOT, con *blotchy ripening*, y Nº TOTAL, totales.

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

En la experiencia 2009, el comportamiento por parcela fue diferente (Cuadro 4.2). Existieron diferencias significativas en el rendimiento final por parcela, entre los tratamientos con y sin raleo, siendo mayor en los que no se aplicó dicha práctica. Según Davis y Estes (1993), Cockshull y Ho (1995), Dorais *et al.* (2001) y Ucan Chan *et al.* (2005), se obtendría un mayor rendimiento a alta densidad, que estaría relacionado a un mayor número de frutos por unidad de superficie, pero el rendimiento por planta disminuye como consecuencia de un menor número de frutos por planta y un menor peso y tamaño de estos. En este caso la técnica de manejo de densidad de plantación no tuvo efecto, ya que no hubo diferencias entre el tratamiento Testigo y Densidad (con diferentes distancias de plantación) cuando nos referimos a rendimiento total por parcela.

Ahora bien, se encontraron diferencias significativas en el número de frutos que exhibían el desorden, siendo el Testigo el que mayor número de frutos con *blotchy ripening* presentó y los tratamientos que incluían raleo de frutos los de menor cantidad. Los frutos comerciales exhibieron idéntico comportamiento al del rendimiento final. En esta experiencia, se podría decir que existe otro factor, mas allá el raleo, que incidiría sobre la aparición del desorden.

Cuadro 4.2: Número medio de frutos por parcela y tratamiento. Experiencia 2009.

	Nº COM	Nº BLOT	Nº TOTAL
TESTIGO	550,330	A 30,667	A 581,000
RALEO	366,670	B 12,333	B 379,000
DENSIDAD	467,670	A 22,000	AB 489,670
DENSI+RALEO	288,330	B 11,667	B 300,000
R2	0,896425	0,841558	0,901401
C.V.	11,826840	26,072460	11,816500
Root MSE	49,465760	4,997221	51,687360

Referencias: Nº COM, comerciales; Nº BLOT, con *blotchy ripening*; y Nº TOTAL, totales.

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

#### 4.3.2. Rendimiento comercial y total de frutos y rendimiento de frutos con *blotchy ripening* según categoría

Cuando el análisis se realiza según categoría de frutos (chico, mediano, grande y extra grande) por parcela, se pudo observar que los tratamientos no difirieron en la cantidad de frutos

de calibres extra grandes, pero si hay diferencias significativas en el número de frutos correspondientes a los calibres menores (chico y mediano), siendo los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo los que presentaron menor cantidad de frutos en los mencionados calibres (Cuadro 4.3). Por lo expresado, se puede afirmar que en este caso la práctica de raleo elimina los calibres menores, mejorando el tamaño del fruto (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1992; Heuvelink, 1997; Ucan Chan *et al.*, 2005). También existe diferencia en el número de frutos de la categoría grande, siendo el Testigo el de mayor cantidad, y el tratamiento Densidad+Raleo el de menor cantidad.

Se podría concluir que la diferencia en rendimiento encontrada en el Cuadro 4.1 se debió a la menor cantidad de frutos de los calibres chicos, medianos y grandes encontrados en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Número medio total de frutos por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2008.

	CHICO TOT	MED TOT	GRANDE TOT	EXTRA TOT
TESTIGO	283,670	A 406,670	A 194,000	A 30,670
RALEO	105,670	C 137,670	C 141,330	B 44,670
DENSIDAD	211,330	B 270,000	B 168,000	AB 30,000
DENSI+RALEO	101,330	C 108,670	C 84,670	C 30,670
R2	0,962042	0,981804	0,929465	0,309664
C.V.	12,634860	9,881552	12,375950	46,836180
Root MSE	22,174180	22,801680	18,192640	15,924300

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Ahora bien, cuando analizamos los frutos que exhiben el desorden por categoría (Cuadro 4.4), solo existen diferencias significativas para los calibres medianos, siendo los tratamientos donde se aplicó raleo los que presentaron el menor número de frutos en esta categoría.

Cuadro 4.4: Número medio de frutos con BR por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2008.

	CHICO BLOT	MED BLOT	GRANDE BLOT	EXTRA BLOT
TESTIGO	7.000	A 33.333	A 31.667	A 7.333
RALEO	2.333	A 13.000	B 25.667	A 10.667
DENSIDAD	2.333	A 17.333	AB 21.333	A 5.000
DENSI+RALEO	2.000	A 12.667	B 22.000	A 15.000
R2	0.536386	0.723684	0.402007	0.543386
C.V.	106.984000	49.796980	39.263200	51.538350
Root MSE	3.655285	9.502924	9.881239	4.896144

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

En la experiencia 2009 no hubo diferencias significativas en el total de frutos chicos y extra grandes (Cuadro 4.5), pero si existieron diferencias significativas en el número de frutos correspondientes a los calibres mediano y grande. Para el caso de frutos medianos, los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo son los que presentaron menor cantidad y el Testigo el mayor número; para el caso de frutos grande el tratamiento Densidad+Raleo es el de menor número de frutos y coincidiendo con lo anterior, el testigo el de mayor cantidad. Con la práctica de raleo se eliminaron frutos potencialmente grandes, lo que fue indeseable ya que se pierden frutos de calibre para la comercialización. En este caso, no se cumple con lo expresado anteriormente, donde la reducción del número de frutos mediante raleo, resulta en un mayor tamaño de fruto (Hurd *et al.*, 1979; Ho, 1992; Heuvelink, 1997; Ucan Chan *et al.*, 2005).

Cuadro 4.5: Número medio total de frutos por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2009.

	CHICO TOT	MED TOT	GRANDE TOT	EXTRA TOT
TESTIGO	96,670	A 270,670	A 186,000	A 27,667
RALEO	64,000	A 129,670	C 139,000	B 46,333
DENSIDAD	102,000	A 213,670	B 149,000	B 25,000
DENSI+RALEO	59,330	A 115,330	C 92,670	C 32,667
R2	0,526863	0,911801	0,871734	0,688582
C.V.	35,920830	15,359750	12,950260	28,020770
Root MSE	11,823940	28,005950	18,346210	22,556720

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Cuando se realiza el análisis de frutos con el desorden (Cuadro 4.6), sólo existieron diferencias significativas para los calibres grandes, siendo los tratamientos donde se aplicó raleo los que presentaron el menor número de frutos.

Cuadro 4.6: Número medio de frutos con BR por categorías, parcela y tratamiento. Experiencia 2009.

	CHICO BLOT	MED BLOT	GRANDE BLOT	EXTRA BLOT
TESTIGO	2,667	A 10,000	A 15,330	A 2,667
RALEO	1,333	A 4,000	A 5,667	B 1,333
DENSIDAD	0,667	A 8,000	A 11,000	A 2,333
DENSI+RALEO	1,000	A 5,000	A 4,333	B 1,333
R2	0,448276	0,420849	0,888655	0,286344
C.V.	88,039000	64,150030	24,956830	78,260870
Root MSE	1,247219	4,330127	2,266912	1,500000

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

### 4.3.3. Porcentaje total de frutos con el desorden

En el Cuadro 4.7 se pueden observar claramente las pérdidas producidas por *blotchy ripening* durante 2008, que en el caso del tratamiento Densidad+Raleo fue de casi el 16%, lo que implicaría un equivalente en fruta si vender por mala calidad. Hay que aclarar que este porcentaje no incluye otros desordenes fisiológicos ni fruta descartada por enfermedades o ataque de insectos.

En el año 2009, las pérdidas debidas al desorden raramente alcanzaron el 5% (Cuadro 4.8), lo que implicaría quizás un efecto ambiental más que del tratamiento. Se destaca que el tratamiento Raleo fue el que menor porcentaje de fruta afectada presentó, y el Testigo el de mayor porcentaje, situación inversa a la ocurrida el año anterior.

Cuadro 4.7: Porcentaje total de frutos comerciales y con BR por parcela y tratamiento. Experiencia 2008.

	FREC COM		FREC BR	
TESTIGO	91,3%	A	8,7%	B
RALEO	88,0%	AB	12,0%	AB
DENSIDAD	93,3%	A	6,7%	B
DENSI+RALEO	84,3%	B	15,7%	A
R2	0,754868		0,754868	
C.V.	3,345747		27,777480	
Root MSE	0,029861		0,029861	

Referencias: Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Cuadro 4.8: Porcentaje total de frutos comerciales y con BR por parcela y tratamiento. Experiencia 2009.

	TOTAL COM		TOTAL B	
TESTIGO	94,7%	B	5,3%	A
RALEO	97,0%	A	3,0%	B
DENSIDAD	95,3%	AB	4,7%	AB
DENSI+RALEO	96,0%	AB	4,0%	AB
R2	0,641026		0,641026	
C.V.	1,029779		23,200310	
Root MSE	0,009860		0,009860	

Referencias: Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Una menor densidad de plantación estaría relacionada a un menor número de frutos por unidad de superficie. El rendimiento por planta aumenta como consecuencia de un mayor número de frutos por planta y un mayor peso y tamaño de estos debido a una menor

competencia (Davis y Estes, 1993; Cockshull y Ho, 1995; Dorais *et al.*, 2001; Ucan Chan *et al.*, 2005). Ahora bien, en la experiencia 2008 se observa que la Densidad por sí sola, no tiene un efecto tan marcado en el porcentaje total de frutos con el desorden, siendo aún menor que el testigo. Por lo que se podría descartar el supuesto de que esta práctica aumentaría el tamaño de fruto y por ende la incidencia del desorden. En esta experiencia quizás exista otro factor más importante que la densidad que incide sobre la aparición de *blotchy ripening*. Para la experiencia 2009, esta técnica tuvo influencia sobre el porcentaje de aparición de *blotchy ripening*, pero con un valor menor al registrado en la experiencia 2008, posiblemente por su efecto sobre el tamaño final de los frutos.

Se podría decir que la práctica de raleo aumentaría la frecuencia de aparición de *blotchy ripening* sólo en la experiencia 2008, posiblemente por su efecto sobre el tamaño de frutos (frutos mas grandes).

#### 4.3.4. Efecto del tamaño del fruto sobre el porcentaje de frutos con *blotchy ripening*

En el cuadro 4.9 se observa que durante la campaña 2008, solo hubo diferencia significativa en el porcentaje de fruta afectada para los calibres grande y extra grande, siendo el tratamiento Densidad+Raleo el de mayor porcentaje de aparición. Incluso se observa, en el mencionado tratamiento, que más del 25% de los frutos grandes y casi el 50% de los de los frutos extra grandes mostraron el desorden. En este caso tal situación sería indeseable por la gran pérdida de fruta destinada a comercialización.

Cuadro 4.9: Porcentaje total de frutos con BR por parcela y categoría, expresado como la cantidad de frutos con el desorden de una categoría en relación al total de frutos de esa misma categoría. Experiencia 2008.

	CHICO		MEDIANO		GRANDE		EXTRA	
TESTIGO	2,3%	A	8,0%	A	16,0%	B	25,7%	B
RALEO	2,3%	A	9,3%	A	18,3%	AB	24,0%	B
DENSIDAD	1,0%	A	6,7%	A	13,3%	B	22,0%	B
DENSI+RALEO	2,0%	A	11,7%	A	26,3%	A	48,0%	A
R2	0,409692		0,727602		0,711663		0,710813	
C.V.	71,176980		30,312660		25,497250		35,897500	
Root MSE	0,013642		0,027029		0,047170		0,107393	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

En la Figura 4.22 se puede observar la relación entre el tamaño del fruto y el porcentaje de frutos con el desorden para el año 2008. Independientemente del tratamiento, existe una relación directa entre el tamaño del fruto y el porcentaje de fruta afectada por *blotchy ripening*. Lo que cambia entre tratamientos es la relación (pendiente de la curva). Con el tratamiento Densidad+Raleo se acentúa esta relación, obteniéndose mayores porcentajes de fruta afectada para una misma categoría de clasificación (chico, mediano, grande, extra).

Esto confirmaría en parte la hipótesis de que a mayor tamaño de fruto, mayor porcentaje de fruta afectada con el desorden, y que prácticas como el raleo de flores o frutos magnificarían aun más el problema.

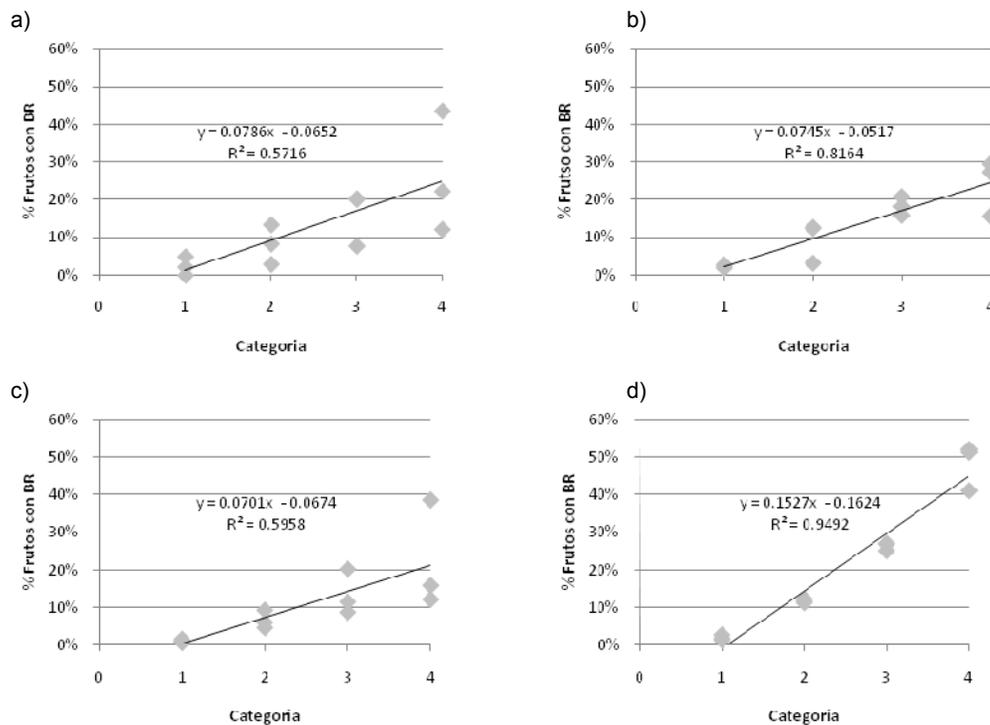


Figura 4.22: Efecto del Tratamiento sobre el porcentaje de frutos con BR por categoría (cantidad de frutos con BR en relación al total de frutos de cada categoría). a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad; d) Densidad+Raleo.

Experiencia 2008. Referencias: 1, chico; 2, mediano; 3, grande; 4, extra.

Durante la experiencia 2009 (Cuadro 4.10), también se observaron diferencias significativas en el porcentaje de fruta afectada para los calibres grande y extra grande, pero a diferencia del

año anterior, el tratamiento Testigo fue de mayor porcentaje de aparición. Se puede ver que para dicho tratamiento, cerca del 10% de los frutos grandes y extra grandes mostraron el desorden. El tratamiento Densidad tuvo un comportamiento similar. Si bien el porcentaje de fruta afectada fue menor que la campaña anterior, tal situación sería indeseable por la pérdida de fruta destinada a comercialización.

Cuadro 4.10: Porcentaje total de frutos con BR por parcela y por categoría, expresado como la cantidad de frutos con el desorden de una categoría en relación al total de frutos de esa misma categoría. Experiencia 2009.

	CHICO B	MEDIANO B	GRANDE B	EXTRA B
TESTIGO	2,3% A	3,7% A	8,0% A	9,3% A
RALEO	2,3% A	3,0% A	4,3% B	2,3% B
DENSIDAD	0,7% A	3,7% A	7,3% A	9,0% AB
DENSI+RALEO	2,3% A	4,3% A	4,7% B	4,0% AB
R2	0,286076	0,105263	0,887379	0,652294
C.V.	103,255100	74,965560	14,753880	52,616010
Root MSE	0,019791	0,027487	0,008975	0,032447

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan (P< 0,05).

La relación entre el tamaño del fruto y el porcentaje de frutos con el desorden para el año 2009 se observa en la Figura 4.23.

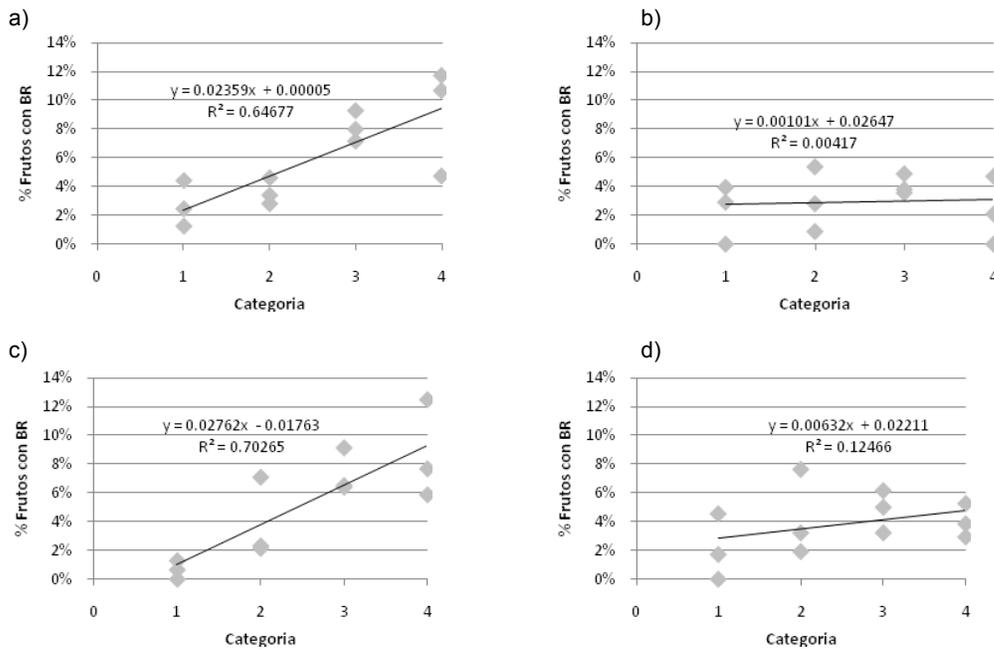


Figura 4.23: Efecto del Tratamiento sobre el porcentaje de frutos con BR por categoría (cantidad de frutos con BR en relación al total de frutos de cada categoría). a) Testigo; b) Raleo; c) Densidad; d) Densidad+Raleo. Experiencia 2008. Referencias: 1, chico; 2, mediano; 3, grande; 4, extra.

En este caso existe una relación directa entre el tamaño del fruto y el porcentaje de fruta afectada por *blotchy ripening*, pero dependiente del tratamiento. Excepto el tratamiento Raleo, todos mostraron el mismo comportamiento que el año anterior. Cabe aclarar que cambió la relación. En los tratamientos Testigo y Densidad se acentuó esta relación, obteniéndose mayores porcentajes de fruta afectada para una misma categoría de clasificación (chico, mediano, grande, extra). El caso inverso ocurrió para el tratamiento Densidad+Raleo, donde la relación disminuyó, siendo casi imperceptible. Para el tratamiento Raleo se obtuvo el mismo porcentaje del desorden para cada una de las cuatro categorías de frutos.

Estos resultados también confirmarían que la aparición del desorden depende del tamaño de fruta lograda. A diferencia del año anterior, la técnica de raleo no tuvo efecto sobre el grado de aparición. Esto indicaría que el raleo puede incidir sobre el desorden a través del tamaño del fruto, pero interactúa con otros factores no tomados en cuenta en este estudio.

#### 4.3.5. Peso medio de los frutos comerciales y con el desorden, total y por categorías

En el Cuadro 4.11 se puede observar que con las técnicas aplicadas (raleo y densidad), logramos obtener un aumento en el peso medio de los frutos totales (Peme Tot), obteniendo el mayor peso con el raleo de flores (Raleo), seguido del tratamiento Densidad+raleo. No existieron diferencias significativas entre el Testigo y el tratamiento Densidad.

Cuadro 4.11: Peso medio de los frutos por parcela, expresado en gramos. Experiencia 2008.

	Peme Com	Peme Blot	Peme Tot	
TESTIGO	129,867	B 184,200	B 134,433	C
RALEO	158,567	A 211,200	A 164,733	A
DENSIDAD	132,233	B 190,633	B 136,300	C
DENSI+RALEO	137,733	B 219,067	A 150,500	B
R2	0,885200	0,887205	0,903944	
C.V.	5,378750	3,968075	4,783194	
Root MSE	7,508736	7,986742	7,006981	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ). Peme Com, peso medio frutos comerciales; Peme Blot, peso medio frutos con el desorden; Peme Tot, peso medio total de los frutos.

Tanto con el tratamiento Raleo y como con el de Densidad+Raleo se lograron los mayores pesos medios de los frutos que presentaron el desorden (Peme Blot), aún mayores que los

respectivos pesos medios totales. No hubo diferencias significativas entre el Testigo y el tratamiento Densidad, con los cuales se obtuvieron los menores pesos medios de los frutos con *blotchy ripening*, coincidiendo con lo ocurrido con los pesos medios totales.

Si bien por los resultados obtenidos en el Cuadro 4.1, donde el rendimiento final por parcela, expresado como número de frutos total, mostró diferencias significativas, siendo el Testigo el de mayor rendimiento, seguido por el tratamiento Densidad, luego Raleo y por último el tratamiento Densidad+Raleo, en el cuadro 4.11 se observa claramente que la práctica de raleo aumentó el peso medio de los frutos. Se podría concluir, que si bien con los tratamientos que incluyen raleo no se aumenta el número de frutos cosechados, si se obtiene un mayor peso de los mismos. Esto concuerda con Slack y Calvert (1977), Hurd *et al.* (1979), Ho (1992 y 1996), Cockshull y Ho (1995), Heuvelink (1997) y Ucan Chan *et al.* (2005), que expresan que la reducción del número de frutos resultante del raleo de flores es compensado por un incremento en el peso promedio de la fruta.

Con respecto a los frutos que presentan el desorden, en el cuadro 4.1 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero si se observaron diferencias en el cuadro 4.11, donde con los tratamientos que incluyen raleo se obtuvieron frutos más pesados.

En el Cuadro 4.12 se pudo ver que el aumento en peso medio de los frutos totales obtenidos en el cuadro 4.11 para los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo se relacionan exclusivamente al aumento del peso medio de la categoría grande (7,5-9 cm de diámetro). Esto puede deberse al tipo de comportamiento del híbrido Dominique, donde solo esta categoría fue afectada por los tratamientos aplicados.

En el Cuadro 4.13 se observa un comportamiento similar al obtenido para el peso medio total de frutos por categoría. Solo el peso medio de la categoría Grande fue afectado por los tratamientos, siendo los tratamientos Raleo y Densidad+Raleo los que presentaron un mayor peso. Es más, los pesos medios de los frutos con el desorden de las diferentes categorías fueron aún más grandes que los correspondientes al peso medio total por categoría. Los frutos con el desorden serían más pesados que los frutos comerciales.

Cuadro 4.12: Peso medio total de los frutos por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.

	Peme Chico		Peme Mediano		Peme Grande		Peme Extra	
TESTIGO	50,967	A	143,900	A	212,867	B	284,867	A
RALEO	53,733	A	147,033	A	225,900	A	287,633	A
DENSIDAD	49,400	A	142,300	A	212,300	B	285,400	A
DENSI+RALEO	54,733	A	144,667	A	225,933	A	290,600	A
R2	0,459515		0,585123		0,922045		0,590768	
C.V.	7,369878		2,615117		1,285312		1,246357	
Root MSE	3,847691		3,778190		2,818047		3,578602	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).  
Peme Chico, peso medio total frutos chicos; Peme Mediano, peso medio total frutos medianos; Peme Grande, peso medio total frutos grandes; Peme Extra, peso medio total frutos extra grandes.

En el año 2009 el comportamiento difiere del año anterior. Si bien con el tratamiento Raleo se obtuvo el mayor peso medio total de los frutos (Cuadro 4.14), no fue diferente del Testigo ni del tratamiento Densidad+Raleo. Se observó que los pesos medios fueron mayores que los obtenidos en el año 2008, para todos los tratamientos aplicados (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.13: Peso medio de los frutos con el desorden por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.

	Peme Chico		Peme Mediano		Peme Grande		Peme Extra	
TESTIGO	50,470	A	141,770	A	216,067	B	295,433	A
RALEO	64,570	A	144,330	A	226,167	A	284,933	A
DENSIDAD	65,670	A	145,270	A	218,533	AB	285,600	A
DENSI+RALEO	76,430	A	146,930	A	225,200	A	292,200	A
R2	0,758684		0,047317		0,760985		0,423729	
C.V.	25,158770		10,418540		1,942374		2,746177	
Root MSE	16,172890		15,062600		4,302196		7,951328	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).  
Peme Chico, peso medio frutos chicos con BR; Peme Mediano, peso medio frutos medianos con BR; Peme Grande, peso medio frutos grandes con BR; Peme Extra, peso medio frutos extra grandes con BR.

Cuadro 4.14: Peso medio de los frutos por parcela, expresado en gramos. Experiencia 2009.

	Peme Com		Peme Blot		Peme Tot	
TESTIGO	171.333	AB	200.870	A	172.800	AB
RALEO	188.300	A	204.570	A	188.833	A
DENSIDAD	161.967	B	207.400	A	164.000	B
DENSI+RALEO	174.800	AB	198.230	A	175.533	AB
R2	0.735729		0.152314		0.705174	
C.V.	4.737050		10.184470		4.802651	
Root MSE	8.247205		20.650720		8.418647	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).  
Peme Com, peso medio frutos comerciales; Peme Blot, peso medio frutos con el desorden; Peme Tot, peso medio total de los frutos.

En lo que respecta al peso medio de los frutos que presentaron el desorden (Peme Blot), no hubo diferencias significativas entre tratamientos. De igual manera, estos fueron mayores que los respectivos pesos medios totales, lo que coincide con lo ocurrido en el año 2008.

Con respecto al año anterior (Cuadro 4.11), en 2009 aumentaron los pesos medios de los tratamientos Testigo y Densidad, pero disminuyeron los de Raleo y Densidad+Raleo.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 4.2 (rendimiento final por parcela, expresado como número de frutos total) mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos Testigo y Densidad los de mayor rendimiento, seguido por Raleo y Densidad+Raleo. En el cuadro 4.14 se observó un mayor peso medio de los frutos en el tratamiento Raleo, seguido por Densidad+Raleo, Testigo y por último el tratamiento Densidad. Se podría concluir que con los tratamientos que incluyen raleo se aumentó el peso medio de los frutos, si bien no tan marcado como el año anterior, pero con igual comportamiento (menor cantidad de frutos pero más pesados).

Con respecto a los frutos que presentan el desorden, en el cuadro 4.11 se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero dichas diferencias no se encontraron en el cuadro 4.14. En este caso ocurrió una situación inversa al año anterior. En dicha experiencia (año 2008) los tratamientos que incluyeron raleo obtuvieron frutos más pesados (Cuadro 4.13).

En el Cuadro 4.15 se puede observar que el aumento en peso medio de los frutos totales obtenidos en el cuadro 4.14 para el tratamiento Raleo se debió al aumento del peso medio de las categorías grande, chico y mediano, mientras que el peso medio de los frutos del Testigo se debió al aumento del peso de las categorías menores (chico y mediano). El aumento de peso del tratamiento Densidad+raleo se debió exclusivamente al aumento del peso medio de la categoría grande (7,5-9 cm de diámetro).

En el Cuadro 4.16 se observa que solo el peso medio de la categoría Mediano es afectada por los tratamientos, siendo el tratamiento Raleo el que presenta mayor peso y el Testigo y Densidad+Raleo los de menor peso medio.

Cuadro 4.15: Peso medio total de los frutos por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2009.

	Peme Chico		Peme Mediano		Peme Grande		Peme Extra	
TESTIGO	77.000	A	159.900	A	223.067	B	293.600	B
RALEO	73.400	AB	154.333	AB	233.033	A	312.467	A
DENSIDAD	72.700	AB	149.833	AB	220.233	B	306.633	AB
DENSI+RALEO	68.700	B	147.600	B	233.867	A	308.933	AB
R2	0.746452		0.659172		0.862506		0.676442	
C.V.	3.762637		3.353496		1.714723		2.660556	
Root MSE	2.744844		5.128055		3.901851		8.125560	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ). Peme Chico, peso medio total frutos chicos; Peme Mediano, peso medio total frutos medianos; Peme Grande, peso medio total frutos grandes; Peme Extra, peso medio total frutos extra grandes.

En la experiencia 2009, si bien solo hubo diferencias significativas para la categoría mediano entre tratamientos (Cuadro 4.16), los pesos medios de los frutos con el desorden de las diferentes categorías (salvo la categoría chico) fueron aún más grandes que los correspondientes al peso medio total por categoría (Cuadro 4.15). Los frutos con el desorden serían más pesados que los frutos comerciales.

Cuadro 4.16: Peso medio de los frutos con el desorden por parcela y categoría, expresado en gramos. Experiencia 2008.

	Peme Chico		Peme Mediano		Peme Grande		Peme Extra	
TESTIGO	100.830	A	154.100	B	230.630	A	295.530	A
RALEO	52.500	A	168.567	A	239.500	A	321.430	A
DENSIDAD	83.330	A	160.300	AB	221.700	A	317.330	A
DENSI+RALEO	62.330	A	153.700	B	235.400	A	308.330	A
R2	0.475414		0.861393		0.471404		0.396477	
C.V.	65.355280		2.848379		5.649587		34.378500	
Root MSE	48.853070		4.533670		13.096210		98.205060	

Referencias: medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test de Duncan ( $P < 0,05$ ). Peme Chico, peso medio frutos chicos con BR; Peme Mediano, peso medio frutos medianos con BR; Peme Grande, peso medio frutos grandes con BR; Peme Extra, peso medio frutos extra grandes con BR.

#### 4.4. Descripción histológica y anatómica del desorden *blotchy ripening*

##### 4.4.1. Comparación presencia/ausencia de *blotchy ripening*

Como se observa en el Cuadro 4.17, las zonas del fruto con *blotchy ripening* presentaron áreas y diámetros de vasos significativamente menores a las zonas sin el desorden. Mientras que las zonas afectadas presentaron haces vasculares significativamente más grandes en superficie que las zonas no afectadas.

Cuadro 4.17: Área de vasos, diámetro de vasos y área de haces vasculares de tejido con y sin *blotchy ripening* (BR). Experiencia 2008.

	Área de Vasos ( $\mu\text{m}^2$ )		Diámetro de Vasos ( $\mu\text{m}$ )		Área de Haces ( $\mu\text{m}^2$ )	
Tejido con BR	66.13	A	7.15	A	66050.11	B
Tejido sin BR	131.99	B	10.29	B	41583.15	A
R2	0.28		0.19		0.14	
C.V.	55.36		38.7		59.91	
DMS	17.45749		1.09944		21000.46	

Referencias: Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Si bien no existe bibliografía sobre estas características del tejido con y sin el desorden, se puede concluir de los resultados obtenidos que el tejido afectado presentó una hiperplasia de los haces vasculares, lo que podría estar relacionado a un colapso del tejido, que desencadenaría la necrosis de tejido característico del desorden (Sadik y Minges, 1966; Boyle, 1994; Brust, 2004; Cerkauskas, 2005; Vandre, 2006; Savvas *et al.*, 2008).

#### 4.4.2. Análisis del efecto del tratamiento y presencia o no del desorden sobre el tejido vascular.

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas en función de los resultados presentados en el Cuadro 4.18.

Cuadro 4.18: Área de vasos, diámetro de vasos y área de haces vasculares de tejido según tratamiento y presencia o ausencia de *blotchy ripening* (BR). Experiencia 2008.

		Área de Vasos ( $\mu\text{m}^2$ )		Diámetro de Vasos ( $\mu\text{m}$ )		Área de Haces ( $\mu\text{m}^2$ )	
Tejido sin BR	DENSIDAD+RALEO (4)	34.12	A	4.47	A	26951.86	A
Tejido con BR	DENSIDAD+RALEO (4)	52.96	A	5.93	A	43667.27	A
Tejido con BR	RALEO (2)	99.34	B	10.21	B	106339.22	B
Tejido sin BR	RALEO (2)	137.14	C	10.6	B	45886.47	A
	R2	0.41		0.41		0.52	
	C.V.	50.69		33.24		46.22	
	DMS	28.54931		1.68702		24259.99	

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas para el test LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

No hubo diferencias significativas en el tratamiento Densidad+Raleo para ausencia o presencia del desorden para la variable área de vasos. Para el tratamiento Raleo, la ausencia del

desorden obtuvo área de vasos mayores. Además se observan diferencias significativas a nivel de tratamiento.

Para la variable diámetro de vasos, sólo se observan diferencias significativas entre tratamientos. No hay diferencias para ausencia o presencia del desorden. El raleo aumentaría el diámetro de los vasos, coincidente con un mayor tamaño de fruto obtenido con dicha técnica.

Mientras que para la variable área de haces vasculares, no hubo diferencias estadísticamente significativas para el tratamiento Densidad+Raleo. Para el tratamiento Raleo, la presencia del desorden determina la presencia de áreas significativamente mayores. Esto se relacionaría a la hiperplasia antes mencionada, lo que podría desencadenar, como se expresó anteriormente, en áreas necrosadas asociadas al tejido vascular.

En las Figura 4.24 y 4.25 se pueden ver diferencias entre el tejido con y sin el desorden de maduración, y entre los tratamientos evaluados.

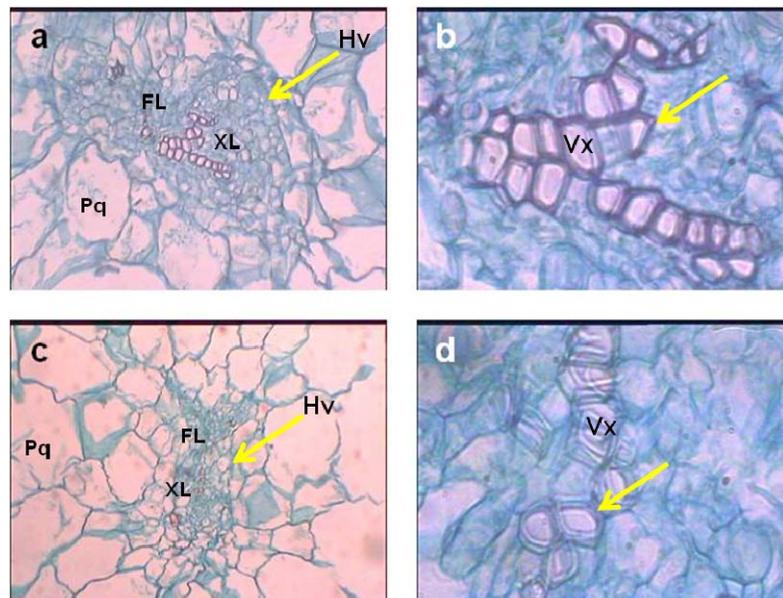


Figura 4.24: Corte anatómico de tejido vascular de fruto de tomate, tratamiento Raleo. a) tejido sin el desorden (10X); b) tejido sin el desorden (40X); c) tejido con BR (4X) y d) tejido con BR (40X). Ref: Hv: haz vascular; FL: Floema; XL: Xilema; Vx: vaso xilemático; Pq: célula parenquimática del mesocarpo.

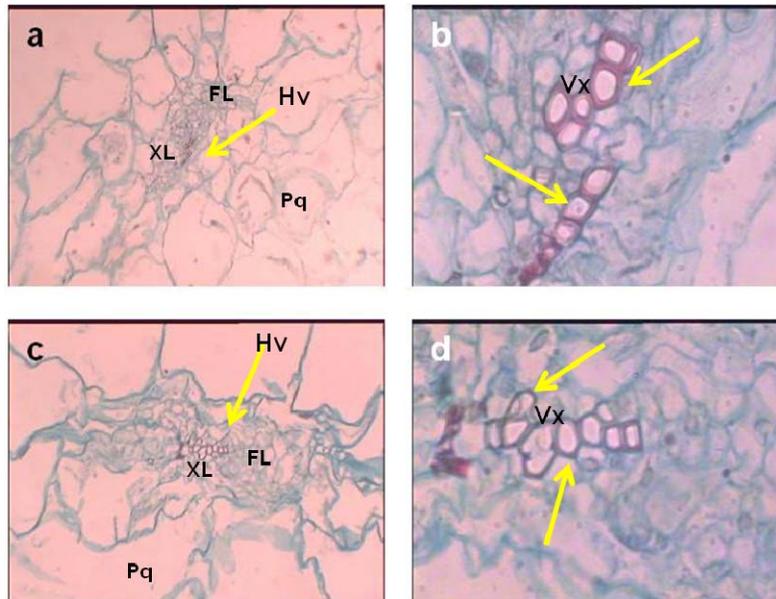


Figura 4.25: Corte anatómico de tejido vascular de fruto de tomate, tratamiento Densidad+Raleo. a) tejido sin el desorden (10X); b) tejido sin el desorden (40X); c) tejido con BR (4X) y d) tejido con BR (40X). Ref: Hv: haz vascular; FL: Floema; XL: Xilema; Vx: vaso xilemático; Pq: célula parenquimática del mesocarpo.

En la figura 4.24 y 4.25 a y c) se observa el detalle de un haz vascular colateral, diferenciándose sendos tejidos vasculares (xilema y floema). Las flechas indican límite del tejido vascular con tejido parenquimático del mesocarpo. En la Figura 4.24 y 4.25 b y d) se detallan los vasos xilemáticos. Las flechas indican los engrosamientos de pared secundaria, mucho más definidos en tejidos sin el desorden respecto a los tejidos con el desorden.

## **5. CONCLUSIONES**

Con respecto a los Tratamientos se pudo observar que con el raleo de flores se obtuvieron frutos de mayor tamaño, dependiendo de la posición del racimo en el tallo. Los racimos inferiores presentaron frutos más grandes. El efecto de la práctica de densidad no sería tan claro, habría que evaluar densidades menores.

El peso medio de los frutos se vio afectado por el Tratamiento, siendo mayor donde se aplicó raleo.

El peso medio de los frutos con el desorden fue mayor que los respectivos pesos medios totales. Esto relacionaría mayor peso de fruto con la aparición del desorden.

Se acepta la  $H_1$ : Los tratamientos de densidad y raleo de frutos modifican el patrón de crecimiento de los frutos aumentando su tamaño.

La distribución del rendimiento de frutos se vio modificada a lo largo del año, con una distribución similar entre tratamientos, y estaría relacionada a la temperatura registrada. El tratamiento afectó el rendimiento final, siendo menor donde se aplicó la técnica de raleo y densidad.

El desorden no tuvo una distribución uniforme a lo largo del año y entre los años estudiados. Si bien el raleo aumentó la frecuencia de aparición, vinculada a un mayor tamaño de fruto, el comportamiento no fue el mismo entre años.

La distribución del desorden a lo largo de planta fue diferente según el tratamiento. Los tratamientos sin raleo exhibieron mayor número de frutos con el desorden en los racimos de abajo. Durante el desarrollo de la planta de tomate, los frutos más grandes suelen producirse en los primeros racimos, los que presentaron mayor incidencia del desorden.

Los tratamientos con raleo presentaron una distribución de frutos con manifestación del desorden más pareja durante el desarrollo de la planta. Con este Tratamiento se obtuvieron frutos más grandes y con mayor uniformidad de tamaño de frutos en todos los racimos. Aquí

también se observó que en estos frutos más grandes, fue mayor el porcentaje de frutos afectados con *blotchy ripening*.

El número de frutos que presentaron el desorden fue diferente según el año de evaluación.

Se rechaza la  $H_2$ : El desorden posee una distribución regular a lo largo del año.

El rendimiento final acumulado fue diferente entre tratamientos, siendo mayor en el Testigo y menor donde se aplicó raleo y densidad de plantación.

El rendimiento, expresado como número de frutos, de las categorías mediano y grande fueron los más afectados por los tratamientos aplicados. Lo mismo ocurrió con el número de frutos que presentaron el desorden.

El porcentaje de frutos afectados por el desorden fue modificado por las prácticas de densidad y el raleo. El tratamiento que incluyó ambas técnicas exhibió el mayor valor. Existió un comportamiento diferente entre los años evaluados.

Independientemente del tratamiento, se determinó una relación directa entre el tamaño del fruto y el porcentaje de fruta afectada por el desorden. Lo que cambia entre tratamientos y entre años es la pendiente de la relación. En el año 2009 esta relación fue muy baja.

Se acepta la  $H_3$ : Los tratamientos aplicados modifican el rendimiento final y la frecuencia de aparición del desorden.

La técnica de raleo provocaría mayor crecimiento, y se ve reflejado en mayor Área de Vasos, Diámetro de Vasos y Área de Haces Vasculares.

Cuando se analizó la presencia/ausencia del desorden relacionado con el tratamiento, la técnica de raleo genera tejido sano con Área y Diámetro de Vasos mayores. Esto causado por un mayor tamaño de fruto logrado con esta técnica.

La variable Área de Haces Vasculares sería la más afectada por el tratamiento y por la presencia/ausencia del desorden. Raleo asociado con tejido enfermo, obtuvo la mayor Área de Haces Vasculares, lo que estaría relacionado con una hiperplasia asociada al mayor tamaño de fruto.

Se acepta la **H<sub>4</sub>**: Existen diferencias histológicas y anatómicas entre el tejido sano y el afectado con el desorden, y diferencias entre tratamientos.

Ahora bien, es probable que exista otro factor, no evaluado aquí, que sea el responsable de desencadenar el desorden.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVIM, P.T. 1975. A new dendrometer for monitoring cambium activity and changes in the internal water status of plants. *Turrialba* 25(4): 445-447.
- BALDWIN, E.A.; SCOTT, J.W.; EINSTEIN, M.A.; MALUNDO, T.M.M.; CARR, B.T.; SHEWFELT, R.L. & TANDON, K.S. 1998. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(5): 906-915.
- BARGEL, H. & NEINHUIS, C. 2005. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. *Journal of Experimental botany* 56(413): 1049-1060.
- BAR-TAL, A.; RYLSKI, I.; FEIGIN, A. & PRESSMAN, E. 1996. Improvement of greenhouse tomato fruit quality by manipulation of root size, nutrient solution composition, and fruit thinning. *Acta Hort.* 434: 37-46.
- BAR-TAL, A. & PRESSMAN, E. 1996. Root restriction and potassium and calcium solution concentrations affect dry matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4): 649-655.
- BAR-TAL, A.; ALONI, B.; KARNI, L. & AKTAF, H. 2003. Nutrition of protected fruit vegetables. *The International Fertilizer Society, Proceedings 528, The 2003 Dhalla Greidinger Symposium 'Nutrient Substrate and Water Management in Protected Cropping Systems'*, 185-204.
- BEEDLOW, P.; DALY, D.S. & THIEDE, M.E. 1986. A new device for measuring fluctuations in plant stem diameter: implications for monitoring plant responses. *Environmental Monitoring and Assessment* 6: 277-282.
- BERGER A. & SELLES G. 1993. Diurnal fruit shrinkage: a model. (pp. 261-269). En: BORGHETTI, M.; GRACE, J. & RASCHI, A. (eds.). *Water transport in plants under climatic stress*. Cambridge University Press.
- BERLYN, G. P. & MICKSCHE, P. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. The Iowa State University Press, Ames, Iowa: 97-98.
- BERTIN, N. 1995. Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato. *Annals of Botany* 75: 55-65.

- BERTIN, N.; GARY, C.; TCHAMITCHIAN, M. & VAISSIERE, B.E. 1998. Influence of cultivar, fruit position and seed content on tomato fruit weight during a crop cycle under low and high competition for assimilates. *J. Hort. Sci. Biotech.* 73(4): 541-548.
- BOGASH, S. Yellow shoulder on tomato.  
[http://franklin.extension.psu.edu/Horticulture/Articles/Yellow\\_Shoulder\\_on\\_Tomato.pdf](http://franklin.extension.psu.edu/Horticulture/Articles/Yellow_Shoulder_on_Tomato.pdf).  
Acceso 30 abr. 2007.
- BOYLE, J.S. 1994. Abnormal ripening of tomato fruit. *Plant Disease* 78(10): 936-944.
- BRAMLEY, P.M. 2002. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. *Journal of Experimental Botany* 53(377): 2107-2113.
- BRUST, G. 2004. Physiological tomato fruit disorders.  
<http://www.agnr.umd.edu/news/article.cfm?id=fc8a996380085a8f0183e98456bddcb1>.  
Acceso 30 abr. 2007.
- CALBO, A.G. 2000. Os dendrômetros seriam fitotensiómetros ou fitoturgômetros?. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 12(2): 105-106.
- CASIERRA-POSADA, F.; CARDOZO, M.C. & CÁRDENAS-HERNÁNDEZ, J.F. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2): 299-305.
- CERKAUSKAS, R. 2005. Gray wall (blotchy ripening).  
<http://www.avrdc.org/pdf/tomato/graywall.pdf>. Acceso 30 abr. 2007.
- CHAPAGAIN B. & WIESMAN Z. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertirrigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae* 99: 279-288.
- COCKSHULL, K.E. & HO, L.C. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *Journal of Horticultural Science* 70(3): 395-407.
- CONFORTO, E. DE C.; CORNÉLIO, M.L. & CASTRO P.R. DE C. 1998. Análise das curvas do fitotensiómetro de Alvim por regressão linear. *Sci. Agric.* 55(3): 465-472.
- COOMBE, B. G. 1976. The development of fleshy fruit. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 207-208.
- DAVIS, J. & ESTES, E. 1993. Spacing and pruning affect growth, yield, and economic returns of staked fresh-market tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6): 719-725.

- DICK, J.A. & SHATTUCK, V.I. 1990. Inheritance of resistance to blotchy ripening in processing tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(3):503-508.
- DINAR, M. & STEVENS, M.A. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106(4): 415-418.
- DORAIS, M.; PAPADOPOULUS, A.P. & GOSSELIN, A. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. *Hort. Rev.* 26: 239-319.
- DURCEYLAN, M.E. ; POLAT, T. & CEVRI, H. 1999. Effects of sowing date and foliar sprays of potassium on blotchy ripening of winter crop tomato. *Acta Hort.* 491: 229-234.
- EGUCHI, T. 2000. A new method for on-line measurement of diurnal change in potato tuber growth under controlled environments. *Journal of Experimental Botany* 51(346): 961-964.
- EHRET, D. L & HO, L.C. 1986a. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *Journal of Horticultural Science* 61(3): 361-367.
- EHRET, D.L. & HO, L.C. 1986b. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Annals of Botany* 58: 679-688.
- EHRET, D.L.; HELMER, T. & HALL, J.W. 1993. Cuticle cracking in tomato fruit. *Journal of Horticultural Science* 68(2): 195-201.
- ESAU, K. 1976. *Plant anatomy*. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 779 pp.
- ESCOBAR, E.; LIGIER, H.; MELGAR, R.; MATTEIO, H. & VALLEJOS, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes. EEA INTA Corrientes. 432pp.
- FERREIRA, W. S. & CRUVINEL, P.C. 1996. Um novo transdutor de deslocamento para uso Agropecuário. *Embrapa*, 15: 1-8.
- FRASER, P.D.; TRUESDALE, M.R.; BIRD, C.R.; SCHUCH, W. & BRAMLEY, P.M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiol.* 105: 405-413.

- FUJITA, K.; OKADA, M.; LEI, K.; ITO, J.; OHKURA, K.; ADU-GYAM, J.J. & MOHAPATRA, P.K. 2003. Effect of P-deficiency on photoassimilate partitioning and rhythmic changes in fruit and stem diameter of tomato (*Lycopersicon esculentum*) during fruit growth. *Journal of Experimental Botany* 54(392): 2519-2528.
- GENT, M. 2004 a. Yield of greenhouse tomato in response to supplemental nitrogen and potassium. *Acta Hort.* 633: 341-348.
- GENT, M. 2004 b. Effect of nitrogen and potassium supply on yield and tissue composition of greenhouse tomato. *Acta Hort.* 644: 369-375.
- GIL, A.P.; OROZCO VIDAL, J.A.; GUTIÉRREZ DEL RÍO, E.; ESPINOZA BANDA, A. & RODRÍGUEZ HERRERA, S. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/cultbasicos/analisis.pdf> Acceso 30 jun. 2009
- GRANGE, R. I. & ANDREWS, J. 1993. Growth rates of glasshouse tomato fruit in relation to final size. *Journal of Horticultural Science* 68(5): 747-754.
- GRANGE, R. I. 1995. Water relations and growth of tomato fruit pericarp tissue. *Plant, Cell and Environment* 18: 1311-1318.
- GROSS, J. 1991. *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 351 pp.
- GRUDA, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 227-247.
- HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M.; MULLEN, R.J. & CAHN, M.D. 2001. Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. *Acta Hort.* 542: 127-133.
- HARTZ, T.K.; JOHNSTONE, P.R.; FRANCIS, D.M. & MIYAO, E.M. 2005. Processing tomato yield and fruit quality improved with potassium fertirrigation. *Hort Science* 40(6): 1862-1867.
- HEUVELINK, E. 1995. Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation. *Annals of Botany* 75: 369-379.
- HEUVELINK, E. 1997. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. *Scientia Horticulturae* 69: 51-59.

- HO, L.C. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. *Plant Growth Regulation* 2: 277-285
- HO, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annual Review of Plant Physiology* 39: 355-378.
- HO, L.C. 1992. Fruit growth and sink strength. (pp 101-124). En: Marshall, C. & Grace, J. (eds.). *Fruit and seed production. Aspects of development, environmental physiology and ecology*. Society for experimental Biology, Seminar 47. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- HO, L.C. 1996. Tomato. (pp 709-728). En: Zemaski, E. & Schaffer, A.A. (eds.). *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source-Sink Relationships*. Ed. Marcel Dekker, NY, USA.
- HO, L.C.; GRANGE, R.I. & PICKEN, A.J. 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant, Cell and Environment* 10: 157-162.
- HO, L.C.; BELDA, R.; BROWN, M.; ANDREWS, J. & ADAMS, P. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44(259): 509-518.
- HOCKET, C.H.; HANISCH T.C.; KEIJER, C.H.; SCHEZ, C.J. & DONS, H.J.M. 1993. Development of the fifth leaf is indicative for whole performance at low temperature en tomato. *Ann. Bot.* 72: 367-374.
- HUNT, R. 1978. *Plant growth analysis*. Studies in Biology N° 96. Ed. Edward Arnold, London, 67pp.
- HUNT, R. 1979. Plant growth analysis: the rationale behind the use of the fitted mathematical function. *Ann. Bot.* 43: 245-249.
- HUNT, R. 2003. *Growth analysis, individual plants*.  
[http://people.exeter.ac.uk/rh203/EAPS\\_article.pdf](http://people.exeter.ac.uk/rh203/EAPS_article.pdf). Acceso 30 jun. 2009
- HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B. & ASKEW, A. P. 2002. A Modern Tool for Classical Plant Growth Analysis. *Annals of Botany* 90: 485-488.  
<http://aob.oxfordjournals.org/cgi/content/full/90/4/485/DC1>. Acceso 30 jun. 2009

- HURD, R.G.; GAY, A.P. & MOUNTIFIELD, A.C. 1979. The effect of partial flower removal on the relation between root, shoot and fruit growth in the indeterminate tomato. *Ann. Appl. Biol.* 93: 77-89.
- INFOSTAT. 2006. InfoStat/Profesional version p2. Grupo InfoStat/FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Ed. Brujas, Córdoba, Argentina.
- JARVIS, W. & MCKEEN, C. 1991. Tomato diseases. Agricultural Canada Publication 1479/E. [http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/greenhouse\\_veg/pdf/TomatoDiseases.pdf](http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/greenhouse_veg/pdf/TomatoDiseases.pdf). Acceso 30 abr. 2007.
- JOHANSEN, D. 1940. *Plant Microtechnique*. Mc Graw Hill. New York. 523 pp.
- JONES, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plants-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55(407): 2427-2436.
- KADER, A.A.; STEVENS, M.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; MORRIS, L.L. & ALGAZI, M. 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 102(6): 724-731.
- KADER, A.A.; MORRIS, L.L.; STEVENS, M.A. & ALBRIGHT-HOLTON, M. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(1): 6-13.
- KADER, A.A. 1986. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Horticulturae* 190: 209-221.
- KITANO, M.; HAMAKOGA, M.; YOKOMAKURA, F. & EGUCHI, H. 1996. Interactive dynamics of fruit and stem growth in tomato plants as affected by root water condition. *Biotronics*, 25: 67-75.
- KHUDAIRI, A.K. 1972. The ripening of tomatoes. *Amer. Sci.* 60: 696-707.
- KRINSKY, N.I. 1991. Effects of carotenoids in cellular and animal systems. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 238-246.
- LINK, S.O.; THIEDE, M.E. & VAN BAVEL, M.G. 1998. An improvement strain-gauge device for continuous field measurement of stem and fruit diameter. *Journal of Experimental Botany* 49(326): 1583-1587.

- LÓPEZ AYALA, J.L.; VALDEZ-HERNÁNDEZ, J.I.; TERRAZAS, T. & VALDEZ-LAZALDE, J.R. 2006. Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en colima, México. *Agrociencia* 40: 139-147.
- LÓPEZ CAMELO, A. F. 2003. Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151, 179. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s00.htm#Contents>. Acceso 20 sept. 2010.
- MARCELIS, L.F.M. 1994a. Effect of fruit growth, temperature and irradiance on biomass allocation to the vegetative parts of cucumber. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42: 115-123.
- MARCELIS, L.F.M. 1994b. A simulation model for dry matter partitioning in cucumber. *Annual of Botany* 74: 43-52.
- MINGES, P. & SADIK, S. 1964. Blotchy Ripening symptoms of tomatoes and procedures for rating. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 77: 246-247.
- MORANDI, B.; MANFRINI, L.; ZIBORDI, M.; NOFERINI, M.; FIORI, G. & CORELLI GRAPPADELLI, L. 2007a. A low cost device for accurate and continuous measurements of fruit diameter. *Hortscience* 42(6): 1380-1382.
- MORANDI, B.; RIEGER, M. & CORELLI GRAPPADELLI, L. 2007b. Vascular flows and transpiration affect peach fruit daily growth. *Journal of Experimental Botany* 58(14): 3941 -3947.
- NEDERHOFF, E.M.; DE KONING, A.N.M. & RIJSDIJK, A.A. 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by CO<sub>2</sub>, plant density and pruning. *Journal of Horticultural Science* 67(3): 411-420.
- PASSAM, H.C.; KARAPANOS, I.C.; BEBELI, P.J. & SAVVAS, D. 2007. A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(1): 1-21.
- PATRICK, J.W. 1988. Assimilate partitioning in relation to crop productivity. *HortScience* 23: 33-40.
- PATRICK, J.W. 1993. Sink strength: whole plant considerations. *Plant cell and environment* 16(9): 1019-1020.

- PEET, M.M. 1992. Fruit cracking in tomato. HortTechnology 2(2): 216-223.
- PEET, M.M. 2009. Physiological disorders in tomato fruit development. Acta Hort. 821: 151-160.
- PEIL, R. M. & GALVEZ, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Agrociencia 11(1): 05-11.
- PEÑUELAS, J.; BIEL, C.; SAVÉ, R. & ESTIARTE, M. 1995. Detrimental effects of fluctuating high CO<sub>2</sub> concentration on peppers. Photosynthetica 31(3): 361-370.
- PERNEZNY, K. 1990. Tomato production guide for Florida: disease control. SP 214, Tomato Production Guide For Florida, 1990 Circular 98 C.  
<http://www.ncfap.org/reports/pesticides/methyl%20bromide/chap4b.pdf>. Acceso 30 abr. 2007.
- PICHA, D.H. 1987. Physiological factors associated with yellow shoulder expression in tomato fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5): 798-801.
- PICHA, D.H. & HALL, C.B. 1981. Influences of potassium, cultivar, and season on tomato gray wall and blotchy ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(6): 704-708.
- PILATTI, R.A. 1998. El enrollamiento foliar inducido por bajas temperaturas y su relación con la producción de cultivos de tomate en invernaderos. Revista FAVE 12(1): 43-48.
- PILATTI, R.A. & BUYATTI, M.A. 2002. Efecto de la calefacción nocturna y de su duración sobre la producción de un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. 17(3): 457-462.
- RAMÍREZ, D.R.; WEHNER, T.C. & MILLER, C.H. 1988. Source limitation by defoliation and its effect on dry matter production and yield of cucumber. HortScience 23: 704-705.
- RIGNEY, C.J. & WILLS, R.B.H. 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. HortScience 16: 550-551.
- RYLSKI, A. & AVRAHAM, H. 1980. Yield regulation in tomatoes grown in greenhouses. Special Report N° 162, Agricultural Research Organization, Israel.
- SADIK, S. & MINGES, P.A. 1966. "Symptoms and histology of tomato fruits affected by blotchy ripening". J. Amer. Soc. Hort. Sci., 88: 532-543.

- SAVVAS, D. ; NTATSI, G. & PASSAM, H.C. 2008. Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse tomato, pepper and eggplant. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 2(1): 45-61.
- SELLES G. & BERGER A. 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 286: 87-100.
- SILVA L.C.; ESBERARD DE MACÊDO BELTERÃO N. & AMORIM NETO M. DA S. 2000. Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais. <http://www.scribd.com/doc/18278713/Analise-do-Crescimento-de-Comunidades-Vegetais>. Acceso 30 jun. 2009
- SLACK, G. & CALVERT, A. 1977. The effect of truss removal on the yield of early sown tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 52: 309-315.
- STEVENS, M.A.; KADER, A.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. & ALGAZI, M. 1977a. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 102(5): 680-689.
- STEVENS, M.A.; KADER, A.A. & ALBRIGHT-HOLTON, M.A. 1977b. Intercultivar variation in composition of locular and pericarp portion of fresh market tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 102(5): 689-692.
- THEOLOGIS, A.; ZAREMBINSKI, T. I.; OELLER, P.W.; LIANG, X. & ABEL, S. 1992. Modification of fruit ripening by suppressing gene expression. *Plant Physiology*. 100: 549-551.
- THE SAS SYSTEM. 1999. *The SAS System Version 8 for Windows*. SAS Institute Inc. Cary, NC. 27513, USA.
- TRIPP K.E. ; PEET, M.M. ; PHARR D.M. ; WILLITS, D.H. & NELSON, P.V. 1991. CO<sub>2</sub>-enhanced yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO<sub>2</sub> environments. *Plant Physiology* 96: 713-719.
- UCAN CHAN I.; SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F.; CONTRERAS MAGAÑA, E. & CORONA SÁEZ, T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto de tomate. *Revista Fitotécnica Mexicana* 28(1): 33-38.
- VANDRE, W. 2006. Greenhouse tomato production. AVRDC (The World Vegetable Center) Publication 04-602. <http://www.uaf.edu/ces/publications/freepubs/HGA-00435.pdf>. Acceso 30 abr. 2007.

WHITE, P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *Journal of Experimental Botany* 53(377): 1995-2000.

YILMAZ, E. 2001. The Chemistry of Fresh Tomato Flavor. *Turk. J. Agric. For.* 25: 149-155.

ZITTER, T. 2004. Common tomato fruit disorders.

[http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tom\\_ComDis.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tom_ComDis.htm). Acceso 30 abr. 2007.

ZORZOLI, R.; PRATTA, G.R. & PICARDI, L.A. 1998. Efectos de los mutantes nor y rin y de genes silvestres sobre características del fruto de *Lycopersicon*. *Mendeliana* 13(1): 12-19.

## **7. ANEXO**

Tabla 7.1. Temperatura de solarización. Experiencia año 2008.

FECHA	HORA	TERMOMETRO			FECHA	HORA	TERMOMETRO		
		DIGITAL		ANALOGICO			DIGITAL		ANALOGICO
		0,05 m	0,25 m	0,25 m			0,05 m	0,25 m	0,25 m
28-En-08	11:00	---	---	33.0	18-Feb-08	11:00	42.0	41.7	41.5
28-En-08	15:00	---	---	35.0	18-Feb-08	15:00	47.7	45.2	45.0
29-En-08	11:00	34.7	34.9	---	19-Feb-08	11:00	40.2	41.1	41.0
29-En-08	15:00	38.6	36.7	---	19-Feb-08	15:00	42.6	41.9	42.0
30-En-08	11:00	35.9	35.6	36.0	20-Feb-08	11:00	39.2	38.7	38.5
30-En-08	15:00	43.3	38.9	40.5	20-Feb-08	15:00	49.1	43.2	43.0
31-En-08	11:00	37.4	37.7	38.0	21-Feb-08	11:00	40.8	40.7	40.5
31-En-08	15:00	42.9	39.5	40.5	21-Feb-08	15:00	48.9	46.2	46.0
1-Feb-08	11:00	39.0	38.9	38.9	22-Feb-08	11:00	39.7	40.9	41.0
1-Feb-08	15:00	45.3	41.1	41.5	22-Feb-08	15:00	39.9	40.5	40.5
4-Feb-08	11:00	39.9	39.3	39.0	25-Feb-08	11:00	40.3	41.2	41.0
4-Feb-08	15:00	48.0	44.0	44.0	25-Feb-08	15:00	45.4	43.2	43.0
5-Feb-08	11:00	41.5	40.0	40.0	26-Feb-08	11:00	38.4	39.5	39.5
5-Feb-08	15:00	52.5	44.9	45.0	26-Feb-08	15:00	39.1	39.4	39.5
6-Feb-08	11:00	41.7	40.8	40.0	27-Feb-08	11:00	38.0	38.0	38.0
6-Feb-08	15:00	54.3	46.7	47.0	27-Feb-08	15:00	43.0	40.4	40.5
7-Feb-08	11:00	43.1	42.3	42.0	28-Feb-08	11:00	37.3	37.5	37.5
7-Feb-08	15:00	53.1	48.5	48.0	28-Feb-08	15:00	41.0	39.8	39.5
8-Feb-08	11:00	44.1	43.3	43.0	29-Feb-08	11:00	37.8	37.7	37.5
8-Feb-08	15:00	49.3	47.0	47.0	29-Feb-08	15:00	44.0	41.7	41.5
11-Feb-08	11:00	39.5	39.9	40.1	3-Mar-08	11:00	38.4	38.6	38.5
11-Feb-08	15:00	43.4	41.4	41.4	3-Mar-08	15:00	48.0	42.8	42.5
12-Feb-08	11:00	38.9	39.1	39.0	4-Mar-08	11:00	39.3	39.4	39.5
12-Feb-08	15:00	47.4	42.5	42.4	4-Mar-08	15:00	47.3	44.1	44.0
13-Feb-08	11:00	39.2	39.7	39.7	5-Mar-08	11:00	40.0	39.9	40.0
13-Feb-08	15:00	48.2	43.5	43.5	5-Mar-08	15:00	48.3	43.9	44.0
14-Feb-08	11:00	40.6	41.1	41.0	6-Mar-08	11:00	40.8	40.8	41.0
14-Feb-08	15:00	48.0	45.3	45.0	6-Mar-08	15:00	46.5	43.6	43.5
15-Feb-08	11:00	41.6	41.9	41.5	7-Mar-08	11:00	40.3	40.4	40.5
15-Feb-08	15:00	44.0	42.9	42.5	7-Mar-08	15:00	48.5	44.6	44.5

Tabla 7.2. Temperatura de solarización. Experiencia año 2009.

FECHA	HORA	TERMOMETRO		FECHA	HORA	TERMOMETRO	
		DIGITAL				DIGITAL	
		0,05 m	0,25 m			0,05 m	0,25 m
13-Jan-09	9:00	28.2	29.6	6-Feb-09	9:00	38.1	41.2
13-Jan-09	15:00	36.4	31.7	6-Feb-09	15:00	39.3	40.3
14-Jan-09	9:00	32.6	33.4	9-Feb-09	9:00	---	---
14-Jan-09	15:00	36.8	32.1	9-Feb-09	15:00	---	---
15-Jan-09	9:00	36.2	36.8	10-Feb-09	9:00	38.4	40.2
15-Jan-09	15:00	37.4	33.5	10-Feb-09	15:00	52.3	44.0
16-Jan-09	9:00	34.6	36.2	11-Feb-09	9:00	39.5	41.0
16-Jan-09	15:00	49.2	40.0	11-Feb-09	15:00	53.5	44.8
19-Jan-09	9:00	34.0	36.9	12-Feb-09	9:00	37.3	41.3
19-Jan-09	15:00	48.5	40.2	12-Feb-09	15:00	54.7	44.7
20-Jan-09	9:00	35.6	38.8	13-Feb-09	9:00	35.1	42.1
20-Jan-09	15:00	52.2	41.6	13-Feb-09	15:00	56.0	44.7
21-Jan-09	9:00	36.8	39.2	16-Feb-09	9:00	38.2	41.8
21-Jan-09	15:00	51.2	42.6	16-Feb-09	15:00	56.8	46.3
22-Jan-09	9:00	38.6	40.4	17-Feb-09	9:00	37.8	42.6
22-Jan-09	15:00	49.3	43.9	17-Feb-09	15:00	53.5	45.3
23-Jan-09	9:00	38.3	40.7	18-Feb-09	9:00	39.1	42.3
23-Jan-09	15:00	53.1	43.8	18-Feb-09	15:00	58.9	46.6
26-Jan-09	9:00	37.3	39.6	19-Feb-09	9:00	---	---
26-Jan-09	15:00	51.0	42.8	19-Feb-09	15:00	56.6	46.9
27-Jan-09	9:00	40.2	42.2	20-Feb-09	9:00	40.5	43.8
27-Jan-09	15:00	54.5	44.8	20-Feb-09	15:00	58.7	47.6
28-Jan-09	9:00	39.5	41.8	23-Feb-09	9:00	36.8	40.1
28-Jan-09	15:00	40.5	41.0	23-Feb-09	15:00	42.1	41.2
29-Jan-09	9:00	35.7	39.7	24-Feb-09	9:00	33.4	37.1
29-Jan-09	15:00	47.5	41.3	24-Feb-09	15:00	50.4	41.1
30-Jan-09	9:00	36.6	39.8	25-Feb-09	9:00	34.6	38.2
30-Jan-09	15:00	56.5	43.0	25-Feb-09	15:00	52.9	42.5
2-Feb-09	9:00	40.3	42.2	26-Feb-09	9:00	36.8	39.7
2-Feb-09	15:00	40.3	41.4	26-Feb-09	15:00	55.8	43.9
3-Feb-09	9:00	36.0	38.3	27-Feb-09	9:00	36.7	40.2
3-Feb-09	15:00	---	---	27-Feb-09	15:00	53.6	44.3
4-Feb-09	9:00	35.0	37.1	2-Mar-09	9:00	---	---
4-Feb-09	15:00	51.5	41.6	2-Mar-09	15:00	---	---
5-Feb-09	9:00	37.4	40.3	3-Mar-09	9:00	37.8	40.4
5-Feb-09	15:00	54.9	43.8	3-Mar-09	15:00	---	---

Tabla 7.3. Composición de la solución de fertirriego.

Solucion Madre	TANQUE "A"		% N	% P2O5	% K2O	% MgO	% S	kg N	kg P2O5	kg K2O	kg MgO	kg S
	Cada 100 Lts. De Solucion											
Fosfato monoamonico	2	kg	12%	52%				0.24	1.04	0.00	0.00	0.00
Nitrato de Potasio	3.5	kg	13%		44%			0.46	0.00	1.54	0.00	0.00
Sulfato de Magnesio	3.5	kg				16%	13%	0.00	0.00	0.00	0.56	0.46
Sulfato de Potasio	3.5	kg			50%		18%	0.00	0.00	1.75	0.00	0.63
Vegenut microelementos	200	cc						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Solución Madre	TANQUE "B"		% N	% P2O5	% K2O	% CaO	% S	kg N	kg P2O5	kg K2O	kg CaO	kg S
	Cada 100 Lts. De Solucion											
Nitrato de Calcio	8	kg	17%			24%		1.36	0.00	0.00	1.92	0.00
Nitrato de Potasio	2	kg	13%		44%			0.26	0.00	0.88	0.00	0.00
Nitrato de amonio	0.8	kg	34%					0.27	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 7.4. Agroquímicos utilizados.

PRODUCTO COMERCIAL	TIPO	DOSIS/100 Lts	PLAGA
YOGEN N° 3	FERTILIZANTE FOLIAR	300 gr	
AZUFRE MICRONIZADO	FUNGICIDA	300 gr	Oidiopsis
COBRE + MANCOZEB	FUNGICIDA FUNGICIDA	300 gr 240 gr	Desbrote
AMISTAR	FUNGICIDA	80 cc	Cladosporium
ACTARA	INSECTICIDA	50 gr	Mosca Blanca
CONFIDOR	INSECTICIDA	70 cc	Mosca Blanca
MOSPILAN	INSECTICIDA	80 gr	Mosca Blanca
PADAN	INSECTICIDA	105 gr	Mosca Blanca
SANMITE	INSECTICIDA	60 cc	Mosca Blanca
SUNFIRE	INSECTICIDA	50 cc	Polilla del Tomate
VERTIMEC + ACEITE	INSECTICIDA	80 cc 250 cc	Polilla del Tomate
TRACER	INSECTICIDA	20 cc	Trips

Figura 7.1. Temperatura máxima promedio semanal durante el período de realización de los experimentos 2008 y 2009.

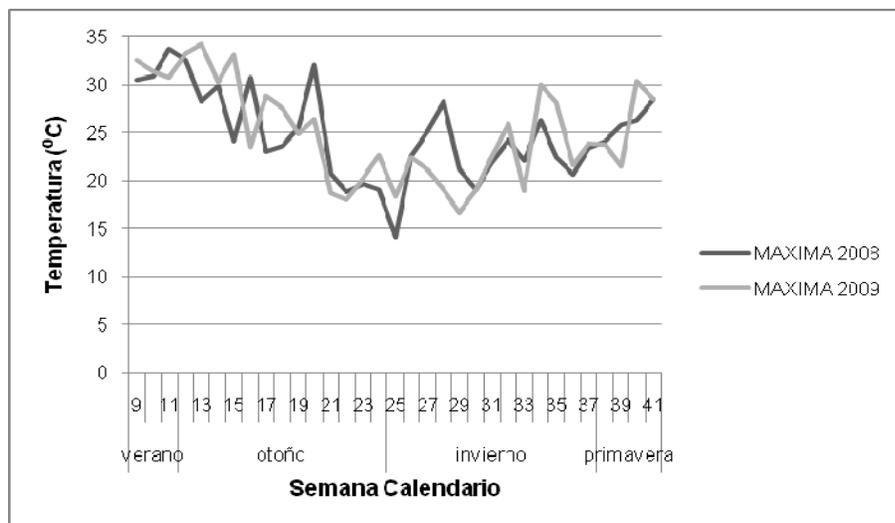


Figura 7.2. Temperatura mínima promedio semanal durante el período de realización de los experimentos 2008 y 2009.

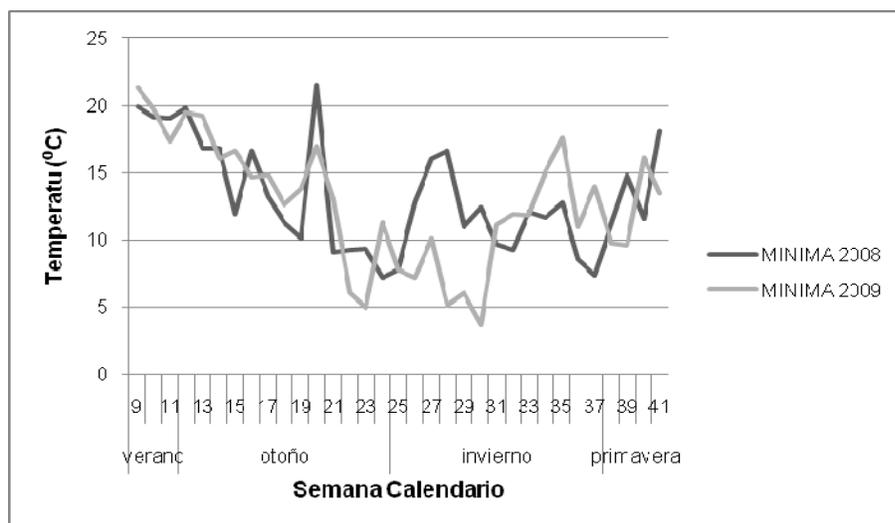


Figura 7.3. Temperatura media promedio semanal durante el período de realización de los experimentos 2008 y 2009.

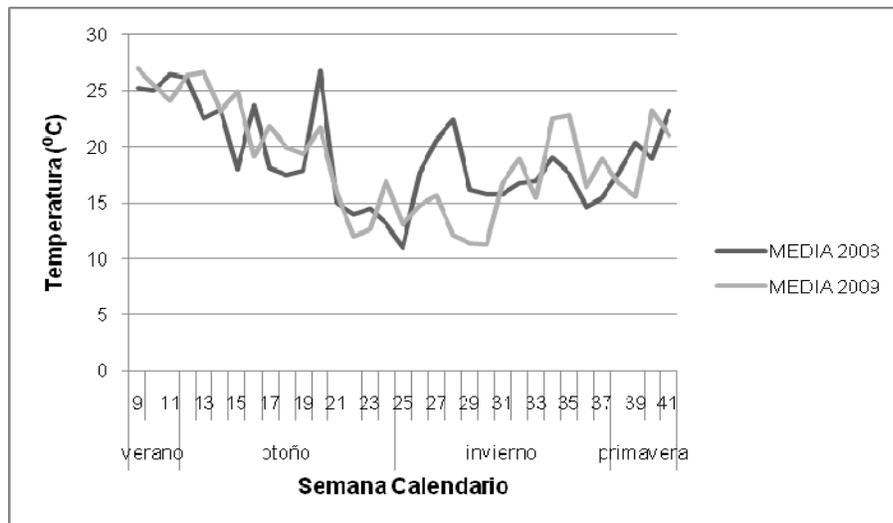


Tabla 7.5. Matriz de datos análisis de crecimiento vegetal. (BLOCK: bloque, TRAT: tratamiento, REP: repetición, DDF: días después de floración)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
1	1	1	7	0.327	0.029	0.298	8.9	-1.11780	-3.54046	-1.21066
1	1	2	7	0.276	0.027	0.249	9.8	-1.28735	-3.61192	-1.39030
1	1	3	7	0.314	0.023	0.291	7.3	-1.15836	-3.77226	-1.23443
1	2	1	7	0.183	0.019	0.164	10.4	-1.69827	-3.96332	-1.80789
1	2	2	7	0.449	0.041	0.408	9.1	-0.80073	-3.19418	-0.89649
1	2	3	7	0.148	0.015	0.133	10.1	-1.91054	-4.19971	-2.01741
1	3	1	7	0.257	0.026	0.231	10.1	-1.35868	-3.64966	-1.46534
1	3	2	7	0.210	0.020	0.190	9.5	-1.56065	-3.91202	-1.66073
1	3	3	7	0.291	0.027	0.264	9.3	-1.23443	-3.61192	-1.33181
1	4	1	7	0.250	0.025	0.225	10.0	-1.38629	-3.68888	-1.49165
1	4	2	7	0.479	0.044	0.435	9.2	-0.73605	-3.12357	-0.83241
1	4	3	7	0.365	0.035	0.330	9.5	-1.00923	-3.36680	-1.10866
2	1	1	7	0.330	0.030	0.300	9.1	-1.10866	-3.50656	-1.20397
2	1	2	7	0.220	0.019	0.201	8.6	-1.51413	-3.96332	-1.60445
2	1	3	7	0.528	0.043	0.485	8.1	-0.63866	-3.14656	-0.72361
2	2	1	7	0.442	0.042	0.400	9.5	-0.81645	-3.17009	-0.91629
2	2	2	7	0.188	0.020	0.168	10.6	-1.67131	-3.91202	-1.78379
2	2	3	7	0.306	0.030	0.276	9.8	-1.18417	-3.50656	-1.28735
2	3	1	7	0.374	0.033	0.341	8.8	-0.98350	-3.41125	-1.07587
2	3	2	7	0.356	0.035	0.321	9.8	-1.03282	-3.35241	-1.13631
2	3	3	7	0.388	0.033	0.355	8.5	-0.94675	-3.41125	-1.03564
2	4	1	7	0.186	0.019	0.167	10.2	-1.68201	-3.96332	-1.78976
2	4	2	7	0.255	0.026	0.229	10.2	-1.36649	-3.64966	-1.47403
2	4	3	7	0.362	0.038	0.324	10.5	-1.01611	-3.27017	-1.12701
3	1	1	7	0.238	0.020	0.218	8.4	-1.43548	-3.91202	-1.52326
3	1	2	7	0.184	0.020	0.164	10.9	-1.69282	-3.91202	-1.80789
3	1	3	7	0.462	0.043	0.419	9.3	-0.77219	-3.14656	-0.86988

Tabla 7.5. (Cont.)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
3	2	1	7	0.172	0.018	0.154	10.5	-1.76026	-4.01738	-1.87080
3	2	2	7	0.331	0.031	0.300	9.4	-1.10564	-3.47377	-1.20397
3	2	3	7	0.542	0.047	0.495	8.7	-0.61249	-3.05761	-0.70320
3	3	1	7	0.218	0.021	0.197	9.6	-1.52326	-3.86323	-1.62455
3	3	2	7	0.498	0.042	0.456	8.4	-0.69716	-3.17009	-0.78526
3	3	3	7	0.521	0.042	0.479	8.1	-0.65201	-3.17009	-0.73605
3	4	1	7	0.190	0.020	0.170	10.5	-1.66073	-3.91202	-1.77196
3	4	2	7	0.370	0.035	0.335	9.5	-0.99425	-3.35241	-1.09362
3	4	3	7	0.390	0.035	0.355	9.0	-0.94161	-3.35241	-1.03564
1	1	1	14	2.830	0.185	2.645	6.5	1.04028	-1.68740	0.97267
1	1	2	14	9.200	0.524	8.676	5.7	2.21920	-0.64626	2.16056
1	1	3	14	9.755	0.609	9.146	6.2	2.27778	-0.49594	2.21332
1	2	1	14	7.094	0.468	6.626	6.6	1.95925	-0.75929	1.89100
1	2	2	14	8.952	0.537	8.415	6.0	2.19188	-0.62176	2.13002
1	2	3	14	7.340	0.517	6.823	7.0	1.99334	-0.65971	1.92030
1	3	1	14	7.651	0.503	7.148	6.6	2.03484	-0.68717	1.96683
1	3	2	14	8.999	0.613	8.386	6.8	2.19711	-0.48939	2.12656
1	3	3	14	6.121	0.398	5.723	6.5	1.81173	-0.92130	1.74449
1	4	1	14	6.743	0.456	6.287	6.8	1.90850	-0.78526	1.83848
1	4	2	14	11.165	0.729	10.436	6.5	2.41278	-0.31608	2.34526
1	4	3	14	8.954	0.593	8.362	6.6	2.19210	-0.52340	2.12364
2	1	1	14	7.974	0.509	7.465	6.4	2.07619	-0.67531	2.01023
2	1	2	14	11.315	0.644	10.671	5.7	2.42613	-0.44006	2.36753
2	1	3	14	7.266	0.476	6.790	6.6	1.98321	-0.74234	1.91545
2	2	1	14	10.375	0.736	9.639	7.1	2.33940	-0.30653	2.26582
2	2	2	14	8.304	0.571	7.733	6.9	2.11674	-0.56037	2.04550
2	2	3	14	9.889	0.725	9.164	7.3	2.29142	-0.32158	2.21528
2	3	1	14	7.133	0.457	6.676	6.4	1.96473	-0.78307	1.89852
2	3	2	14	9.394	0.593	8.801	6.3	2.24007	-0.52256	2.17487
2	3	3	14	6.726	0.455	6.271	6.8	1.90598	-0.78746	1.83594
2	4	1	14	9.251	0.737	8.514	8.0	2.22473	-0.30517	2.14171
2	4	2	14	10.305	0.712	9.593	6.9	2.33263	-0.33968	2.26103
2	4	3	14	7.359	0.484	6.875	6.6	1.99592	-0.72567	1.92789
3	1	1	14	9.115	0.542	8.573	5.9	2.20992	-0.61249	2.14862
3	1	2	14	7.495	0.508	6.987	6.8	2.01424	-0.67727	1.94405
3	1	3	14	11.390	0.694	10.696	6.1	2.43274	-0.36528	2.36987
3	2	1	14	16.678	0.969	15.709	5.8	2.81409	-0.03149	2.75423
3	2	2	14	11.872	0.766	11.106	6.5	2.47418	-0.26657	2.40749
3	2	3	14	14.895	0.944	13.951	6.3	2.70103	-0.05763	2.63555
3	3	1	14	13.527	0.791	12.736	5.8	2.60469	-0.23446	2.54443
3	3	2	14	16.602	1.088	15.514	6.6	2.80952	0.08434	2.74174
3	3	3	14	6.672	0.439	6.233	6.6	1.89792	-0.82326	1.82986
3	4	1	14	8.561	0.600	7.961	7.0	2.14722	-0.51083	2.07455
3	4	2	14	6.404	0.409	5.995	6.4	1.85692	-0.89404	1.79093
3	4	3	14	10.768	0.769	9.999	7.1	2.37658	-0.26266	2.30249
1	1	1	21	29.504	1.346	28.158	4.6	3.38453	0.29714	3.33783
1	1	2	21	21.913	1.001	20.912	4.6	3.08708	0.00100	3.04032
1	1	3	21	29.866	1.413	28.453	4.7	3.39672	0.34572	3.34825
1	2	1	21	31.331	1.458	29.873	4.7	3.44461	0.37707	3.39696
1	2	2	21	36.455	1.581	34.874	4.3	3.59608	0.45806	3.55174
1	2	3	21	40.748	1.821	38.927	4.5	3.70741	0.59939	3.66169
1	3	1	21	34.510	1.548	32.962	4.5	3.54125	0.43696	3.49536
1	3	2	21	19.104	1.061	18.043	5.6	2.94990	0.05921	2.89276
1	3	3	21	30.056	1.627	28.429	5.4	3.40306	0.48674	3.34741

Tabla 7.5. (Cont.)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
1	4	1	21	22.713	1.129	21.584	5.0	3.12294	0.12133	3.07195
1	4	2	21	31.442	1.435	30.007	4.6	3.44814	0.36116	3.40143
1	4	3	21	27.078	1.282	25.796	4.7	3.29870	0.24842	3.25020
2	1	1	21	28.382	1.669	26.713	5.9	3.34576	0.51222	3.28515
2	1	2	21	24.724	1.516	23.208	6.1	3.20777	0.41608	3.14450
2	1	3	21	37.748	1.824	35.924	4.8	3.63093	0.60103	3.58141
2	2	1	21	27.500	1.603	25.897	5.8	3.31419	0.47188	3.25413
2	2	2	21	26.546	1.507	25.039	5.7	3.27888	0.41012	3.22043
2	2	3	21	24.301	1.236	23.065	5.1	3.19052	0.21188	3.13832
2	3	1	21	22.445	1.463	20.982	6.5	3.11107	0.38049	3.04366
2	3	2	21	32.443	1.504	30.939	4.6	3.47948	0.40813	3.43202
2	3	3	21	30.933	1.781	29.152	5.8	3.43182	0.57718	3.37252
2	4	1	21	41.149	2.665	38.484	6.5	3.71720	0.98020	3.65024
2	4	2	21	51.736	2.363	49.373	4.6	3.94615	0.85993	3.89940
2	4	3	21	30.098	1.925	28.173	6.4	3.40446	0.65493	3.33836
3	1	1	21	37.066	1.461	35.605	3.9	3.61270	0.37912	3.57249
3	1	2	21	29.993	1.611	28.382	5.4	3.40096	0.47686	3.34576
3	1	3	21	41.055	1.785	39.270	4.3	3.71491	0.57942	3.67046
3	2	1	21	39.294	1.424	37.870	3.6	3.67107	0.35347	3.63416
3	2	2	21	53.118	2.376	50.742	4.5	3.97252	0.86542	3.92675
3	2	3	21	37.271	1.497	35.774	4.0	3.61822	0.40346	3.57722
3	3	1	21	27.656	1.599	26.057	5.8	3.31984	0.46938	3.26029
3	3	2	21	24.213	1.374	22.839	5.7	3.18689	0.31773	3.12847
3	3	3	21	35.376	2.152	33.224	6.1	3.56603	0.76640	3.50327
3	4	1	21	43.126	2.509	40.617	5.8	3.76413	0.91988	3.70419
3	4	2	21	29.705	1.401	28.304	4.7	3.39132	0.33719	3.34300
3	4	3	21	27.900	1.728	26.172	6.2	3.32863	0.54696	3.26469
1	1	1	28	46.552	1.637	44.915	3.5	3.84057	0.49287	3.80477
1	1	2	28	65.419	2.579	62.840	3.9	4.18081	0.94740	4.14059
1	1	3	28	68.127	2.801	65.326	4.1	4.22137	1.02998	4.17939
1	2	1	28	92.696	4.088	88.608	4.4	4.52933	1.40806	4.48422
1	2	2	28	70.035	2.649	67.386	3.8	4.24900	0.97418	4.21044
1	2	3	28	83.294	3.657	79.637	4.4	4.42238	1.29664	4.37748
1	3	1	28	60.980	2.549	58.431	4.2	4.11055	0.93570	4.06785
1	3	2	28	64.727	3.353	61.374	5.2	4.17018	1.20986	4.11699
1	3	3	28	52.211	2.268	49.943	4.3	3.95529	0.81890	3.91088
1	4	1	28	73.551	3.453	70.098	4.7	4.29798	1.23924	4.24989
1	4	2	28	54.352	2.896	51.456	5.3	3.99548	1.06333	3.94073
1	4	3	28	63.952	3.175	60.777	5.0	4.15812	1.15515	4.10721
2	1	1	28	42.696	2.073	40.623	4.9	3.75411	0.72900	3.70433
2	1	2	28	78.150	2.720	75.430	3.5	4.35863	1.00063	4.32321
2	1	3	28	67.335	2.219	65.116	3.3	4.20968	0.79706	4.17617
2	2	1	28	68.013	2.583	65.430	3.8	4.21970	0.94895	4.18098
2	2	2	28	75.837	2.887	72.950	3.8	4.32859	1.06022	4.28977
2	2	3	28	47.687	1.658	46.029	3.5	3.86466	0.50561	3.82927
2	3	1	28	57.796	1.744	56.052	3.0	4.05692	0.55618	4.02628
2	3	2	28	59.522	1.774	57.748	3.0	4.08635	0.57324	4.05609
2	3	3	28	60.167	1.850	58.317	3.1	4.09712	0.61519	4.06589
2	4	1	28	96.134	3.286	92.848	3.4	4.56574	1.18967	4.53096
2	4	2	28	73.774	2.780	70.994	3.8	4.30101	1.02245	4.26260
2	4	3	28	80.801	3.136	77.665	3.9	4.39199	1.14295	4.35240
3	1	1	28	63.597	2.901	60.696	4.6	4.15257	1.06506	4.10588
3	1	2	28	74.379	2.290	72.089	3.1	4.30917	0.82855	4.27790
3	1	3	28	69.826	2.625	67.201	3.8	4.24601	0.96508	4.20769

Tabla 7.5. (Cont.)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
3	2	1	28	69.326	2.403	66.923	3.5	4.23882	0.87672	4.20354
3	2	2	28	68.725	2.153	66.572	3.1	4.23011	0.76686	4.19828
3	2	3	28	78.244	2.953	75.291	3.8	4.35983	1.08282	4.32136
3	3	1	28	60.455	1.934	58.521	3.2	4.10190	0.65959	4.06939
3	3	2	28	55.580	2.838	52.742	5.1	4.01782	1.04310	3.96541
3	3	3	28	72.865	2.214	70.651	3.0	4.28861	0.79480	4.25775
3	4	1	28	67.754	2.554	65.200	3.8	4.21588	0.93766	4.17746
3	4	2	28	78.641	3.324	75.317	4.2	4.36489	1.20117	4.32171
3	4	3	28	70.933	2.425	68.508	3.4	4.26174	0.88583	4.22695
1	1	1	35	89.222	4.036	85.186	4.5	4.49113	1.39525	4.44484
1	1	2	35	91.743	3.517	88.226	3.8	4.51899	1.25761	4.47990
1	1	3	35	62.434	2.331	60.103	3.7	4.13411	0.84630	4.09606
1	2	1	35	97.221	4.338	92.883	4.5	4.57699	1.46741	4.53134
1	2	2	35	122.686	4.578	118.108	3.7	4.80963	1.52126	4.77160
1	2	3	35	101.652	3.665	97.987	3.6	4.62156	1.29883	4.58483
1	3	1	35	64.724	2.840	61.884	4.4	4.17013	1.04380	4.12526
1	3	2	35	56.292	2.014	54.278	3.6	4.03055	0.70012	3.99412
1	3	3	35	84.183	4.103	80.080	4.9	4.43299	1.41172	4.38303
1	4	1	35	98.639	4.056	94.583	4.1	4.59147	1.40020	4.54948
1	4	2	35	73.325	2.894	70.431	3.9	4.29490	1.06264	4.25463
1	4	3	35	85.982	3.475	82.507	4.0	4.45414	1.24559	4.41288
2	1	1	35	89.042	3.728	85.314	4.2	4.48911	1.31587	4.44634
2	1	2	35	61.651	2.175	59.476	3.5	4.12149	0.77703	4.08557
2	1	3	35	89.387	3.706	85.681	4.1	4.49298	1.30995	4.45063
2	2	1	35	89.938	3.238	86.700	3.6	4.49912	1.17496	4.46245
2	2	2	35	96.757	3.638	93.119	3.8	4.57220	1.29143	4.53388
2	2	3	35	73.061	2.576	70.485	3.5	4.29129	0.94624	4.25540
2	3	1	35	73.359	2.242	71.117	3.1	4.29537	0.80737	4.26433
2	3	2	35	80.621	2.586	78.035	3.2	4.38976	0.95011	4.35716
2	3	3	35	78.306	2.647	75.659	3.4	4.36062	0.97343	4.32624
2	4	1	35	119.966	4.425	115.541	3.7	4.78721	1.48727	4.74963
2	4	2	35	127.214	4.557	122.657	3.6	4.84587	1.51666	4.80939
2	4	3	35	111.139	4.029	107.110	3.6	4.71078	1.39352	4.67386
3	1	1	35	86.573	4.527	82.046	5.2	4.46099	1.51006	4.40728
3	1	2	35	96.641	4.478	92.163	4.6	4.57100	1.49918	4.52356
3	1	3	35	86.249	3.051	83.198	3.5	4.45724	1.11547	4.42122
3	2	1	35	68.811	4.082	64.729	5.9	4.23136	1.40659	4.17021
3	2	2	35	103.841	5.346	98.495	5.1	4.64286	1.67635	4.59001
3	2	3	35	88.653	2.942	85.711	3.3	4.48473	1.07909	4.45098
3	3	1	35	66.659	3.696	62.963	5.5	4.19959	1.30725	4.14255
3	3	2	35	70.708	2.598	68.110	3.7	4.25856	0.95474	4.22112
3	3	3	35	91.751	4.731	87.020	5.2	4.51908	1.55414	4.46614
3	4	1	35	106.251	6.379	99.872	6.0	4.66580	1.85301	4.60389
3	4	2	35	86.986	3.414	83.572	3.9	4.46575	1.22788	4.42571
3	4	3	35	102.713	5.576	97.137	5.4	4.63194	1.71847	4.57612
1	1	1	42	118.848	4.761	114.087	4.0	4.77785	1.56046	4.73696
1	1	2	42	101.439	4.183	97.256	4.1	4.61946	1.43103	4.57735
1	1	3	42	117.229	5.089	112.140	4.3	4.76413	1.62708	4.71975
1	2	1	42	117.499	5.412	112.087	4.6	4.76643	1.68862	4.71928
1	2	2	42	130.479	5.247	125.232	4.0	4.87121	1.65766	4.83017
1	2	3	42	165.038	6.761	158.277	4.1	5.10618	1.91117	5.06435
1	3	1	42	111.954	5.700	106.254	5.1	4.71809	1.74047	4.66583
1	3	2	42	89.401	4.341	85.060	4.9	4.49313	1.46810	4.44336
1	3	3	42	72.512	3.328	69.184	4.6	4.28375	1.20237	4.23677

Tabla 7.5. (Cont.)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
1	4	1	42	116.115	4.316	111.799	3.7	4.75458	1.46233	4.71670
1	4	2	42	144.641	6.019	138.622	4.2	4.97425	1.79492	4.93175
1	4	3	42	130.378	5.168	125.211	4.0	4.87044	1.64239	4.83000
2	1	1	42	115.186	3.846	111.340	3.3	4.74655	1.34703	4.71259
2	1	2	42	121.650	6.263	115.387	5.1	4.80115	1.83466	4.74829
2	1	3	42	114.234	5.662	108.572	5.0	4.73825	1.73378	4.68741
2	2	1	42	116.492	4.026	112.466	3.5	4.75782	1.39277	4.72265
2	2	2	42	125.397	5.658	119.739	4.5	4.83148	1.73307	4.78531
2	2	3	42	94.990	3.661	91.329	3.9	4.55377	1.29774	4.51447
2	3	1	42	111.804	5.029	106.775	4.5	4.71675	1.61522	4.67072
2	3	2	42	108.271	5.023	103.248	4.6	4.68464	1.61403	4.63713
2	3	3	42	93.472	3.267	90.205	3.5	4.53766	1.18387	4.50208
2	4	1	42	137.527	6.067	131.460	4.4	4.92382	1.80286	4.87870
2	4	2	42	146.603	6.856	139.747	4.7	4.98773	1.92512	4.93983
2	4	3	42	143.613	5.536	138.077	3.9	4.96712	1.71127	4.92781
3	1	1	42	116.324	5.224	111.100	4.5	4.75638	1.65326	4.71043
3	1	2	42	121.132	4.172	116.960	3.4	4.79688	1.42840	4.76183
3	1	3	42	128.153	7.502	120.651	5.9	4.85322	2.01517	4.79290
3	2	1	42	110.966	4.151	106.815	3.7	4.70922	1.42335	4.67110
3	2	2	42	125.190	5.650	119.540	4.5	4.82983	1.73166	4.78365
3	2	3	42	116.654	5.906	110.748	5.1	4.75921	1.77597	4.70726
3	3	1	42	128.352	5.860	122.492	4.6	4.85478	1.76815	4.80805
3	3	2	42	117.847	6.421	111.426	5.4	4.76939	1.85957	4.71336
3	3	3	42	94.417	4.535	89.882	4.8	4.54772	1.51183	4.49850
3	4	1	42	147.440	6.865	140.575	4.7	4.99342	1.92644	4.94574
3	4	2	42	126.519	7.775	118.744	6.1	4.84039	2.05091	4.77697
3	4	3	42	130.857	7.454	123.403	5.7	4.87411	2.00875	4.81546
1	1	1	49	163.374	4.498	158.876	2.8	5.09604	1.50363	5.06812
1	1	2	49	144.728	4.007	140.721	2.8	4.97486	1.38804	4.94678
1	1	3	49	126.960	3.871	123.089	3.0	4.84387	1.35351	4.81291
1	2	1	49	159.887	4.970	154.917	3.1	5.07447	1.60342	5.04289
1	2	2	49	137.510	4.281	133.229	3.1	4.92370	1.45419	4.89207
1	2	3	49	186.315	6.840	179.475	3.7	5.22744	1.92279	5.19004
1	3	1	49	123.443	3.735	119.708	3.0	4.81578	1.31775	4.78506
1	3	2	49	151.613	5.154	146.459	3.4	5.02133	1.63977	4.98675
1	3	3	49	98.122	3.290	94.832	3.4	4.58621	1.19089	4.55211
1	4	1	49	143.301	5.366	137.935	3.7	4.96495	1.68008	4.92678
1	4	2	49	156.852	5.712	151.140	3.6	5.05530	1.74257	5.01821
1	4	3	49	150.077	5.539	144.538	3.7	5.01115	1.71181	4.97354
2	1	1	49	141.331	4.684	136.647	3.3	4.95110	1.54415	4.91740
2	1	2	49	130.900	3.974	126.926	3.0	4.87443	1.37977	4.84360
2	1	3	49	164.529	4.808	159.721	2.9	5.10309	1.57028	5.07343
2	2	1	49	166.458	5.985	160.473	3.6	5.11474	1.78926	5.07813
2	2	2	49	132.980	4.272	128.708	3.2	4.89020	1.45208	4.85755
2	2	3	49	153.641	5.200	148.441	3.4	5.03462	1.64866	5.00019
2	3	1	49	127.407	3.666	123.741	2.9	4.84739	1.29910	4.81819
2	3	2	49	147.805	3.933	143.872	2.7	4.99589	1.36940	4.96892
2	3	3	49	94.468	2.083	92.385	2.2	4.54826	0.73381	4.52596
2	4	1	49	141.074	4.517	136.557	3.2	4.94928	1.50785	4.91674
2	4	2	49	178.622	4.810	173.812	2.7	5.18527	1.57070	5.15797
2	4	3	49	172.112	5.633	166.479	3.3	5.14815	1.72864	5.11487
3	1	1	49	146.271	4.881	141.390	3.3	4.98546	1.58535	4.95152
3	1	2	49	152.061	4.591	147.470	3.0	5.02428	1.52410	4.99362
3	1	3	49	132.267	4.028	128.239	3.0	4.88482	1.39327	4.85390

Tabla 7.5. (Cont.)

BLOCK	TRAT	REP	DDF	MF fruto (g)	MS fruto (g)	Agua (g)	% MS	Ln MS	Ln MF	Ln agua
3	2	1	49	136.276	4.951	131.325	3.6	4.91468	1.59959	4.87768
3	2	2	49	172.302	4.854	167.448	2.8	5.14925	1.57980	5.12067
3	2	3	49	191.892	5.384	186.508	2.8	5.25693	1.68343	5.22847
3	3	1	49	160.176	5.171	155.005	3.2	5.07627	1.64307	5.04346
3	3	2	49	116.899	3.778	113.121	3.2	4.76131	1.32919	4.72846
3	3	3	49	156.412	5.060	151.352	3.2	5.05249	1.62137	5.01961
3	4	1	49	146.928	5.299	141.629	3.6	4.98994	1.66752	4.95321
3	4	2	49	172.600	6.006	166.594	3.5	5.15098	1.79276	5.11556
3	4	3	49	181.822	5.687	176.135	3.1	5.20303	1.73818	5.17125

Figura 7.4. Gráficos ajuste exponencial materia seca.

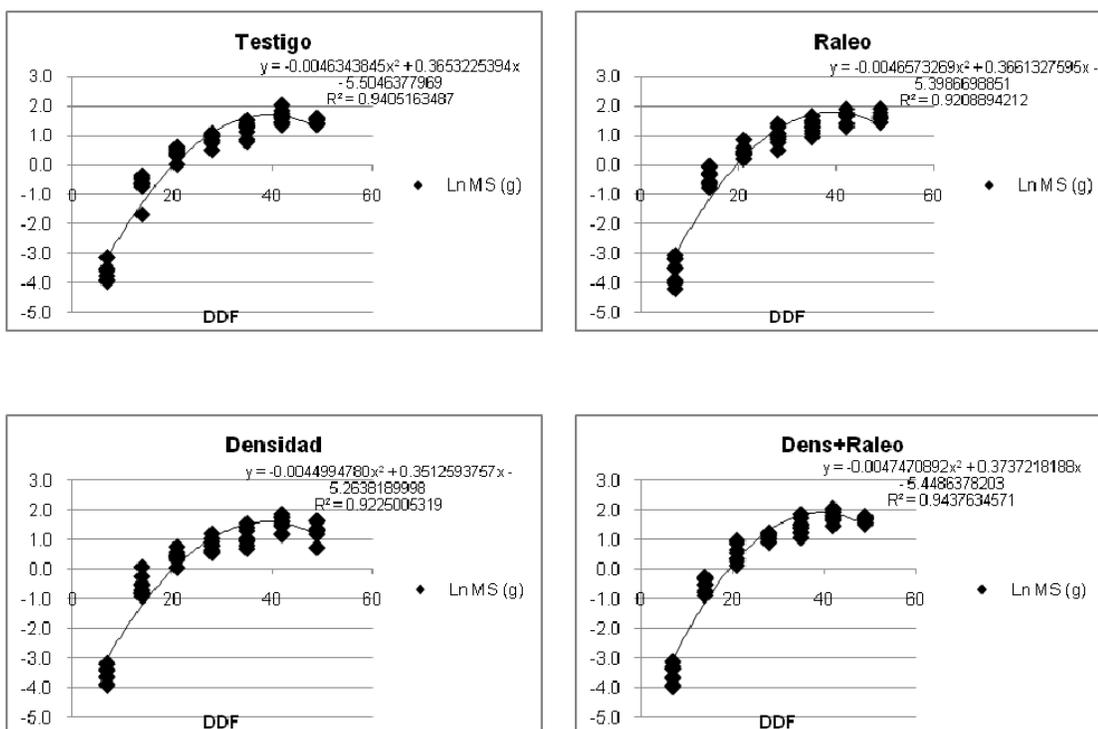


Figura 7.5. Gráficos ajuste exponencial materia fresca.

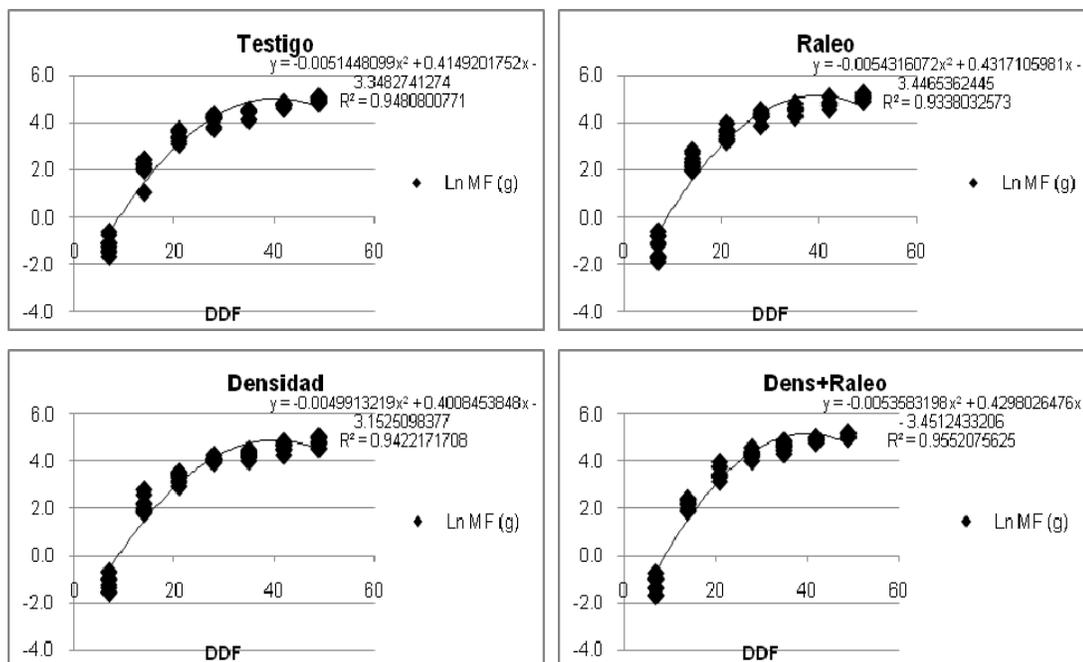


Figura 7.6. Gráficos ajuste exponencial agua.

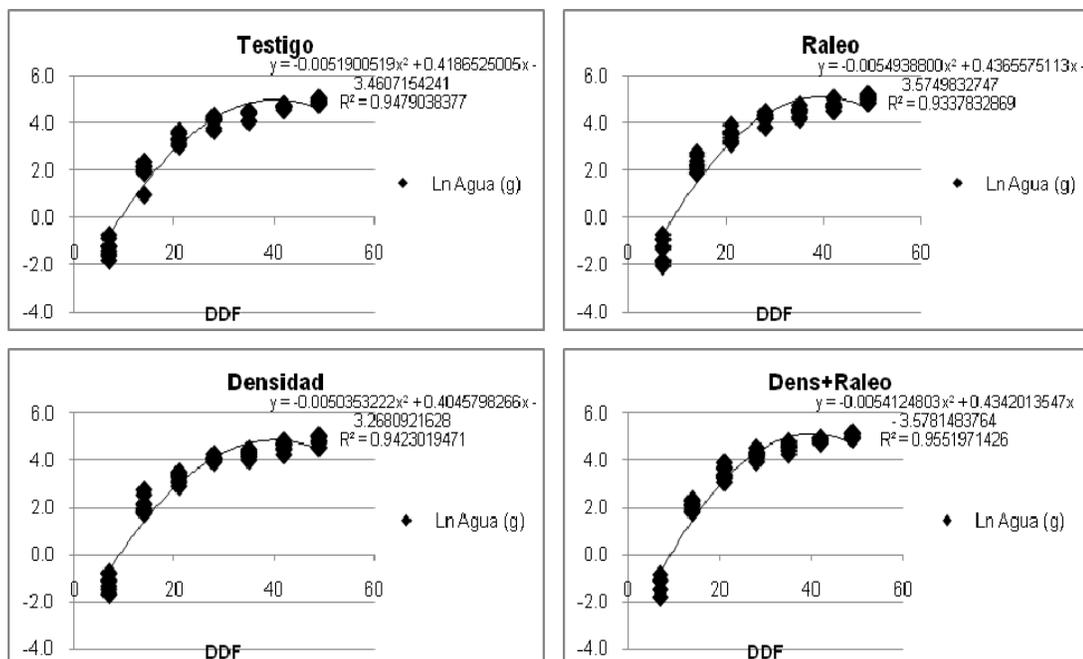


Figura 7.7. Gráficos ajuste exponencial % materia seca

