



CAPÍTULO 4 III

FACTORES CLIMÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña¹
Viviana Patricia Rodríguez²
Paula Andrea Aguilar Aguilar³

El empleo integral y racional de los factores climáticos es fundamental tanto para el desarrollo como para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto; por tal razón, el manejo del clima al interior del invernadero es uno de los pasos fundamentales para alcanzar altas productividades.

La producción de tomate depende principalmente de dos factores: las condiciones fisiológicas de la planta y las condiciones externas de ella. Entre las condiciones externas se encuentran la humedad del suelo y del aire, la radiación y la temperatura, observándose que estas tienen influencia sobre las condiciones fisiológicas de la planta. Se considera que el desarrollo del racimo, la flor, la viabilidad del polen, la forma del fruto, el crecimiento de la planta y el cuajamiento del fruto, son afectados por la temperatura y por tanto afectan la producción (Flores, 1986).

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. jejaramillo@corpoica.org.co

2. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. vipar03@yahoo.es

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. pagui18@gmail.com



MANEJO DEL CLIMA AL INTERIOR DEL INVERNADERO EN EL CULTIVO DEL TOMATE

Temperatura

La temperatura es el principal factor climático que influye la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico.

El tomate es una planta sensible a cambios extremos de temperaturas y/o humedades, siendo necesario mantener estas últimas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo.

Cuando las temperaturas son mayores de 25 °C y menores de 12 °C la fecundación no se da o es muy baja, ya que se disminuye la cantidad y calidad del polen produciendo caída de flores y deformación de frutos (Martínez, 2001).

Con temperaturas menores de 12 °C, se producen ramificaciones en las inflorescencias. A nivel del fruto, este se puede amarillear si se presentan temperaturas mayores de 30 °C y menores de 10 °C. En general, la diferencia de temperatura entre el día y la noche no debe ser mayor de 10 - 12 °C (Martínez, 2001).

Consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas:

- Reducción de la cantidad y la viabilidad del polen, polen estéril.
- Reducción de la cantidad de flores y frutos por inflorescencia (Figura 4.1).
- Distorsión de las anteras, lo que impide una adecuada polinización.
- Elongación del estilo por encima de las anteras.
- Asimetría en la forma de la inflorescencia (Figura 4.2).
- Cambios morfológicos dados principalmente por la elongación y escasez de los entrenudos (Figura 4.3).
- Apariencia de debilidad en las inflorescencias.
- Retraso en la aparición de la primera inflorescencia sobre el tallo principal.
- Mala fecundación de frutos y mal llenado de frutos (Flores, 1986; Martínez, 2001; Zeidan, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).





Figura 4.1. Reducción de flores en el racimo por altas temperaturas



Figura 4.2. Asimetría de la inflorescencia



Figura 4.3. Entrenudos largos

Consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas:

- Reducción de la viabilidad y cantidad del polen.
- Distorsión y elongación del ovario y deformación del fruto (Figura 4.4).
- Distorsión de los estambres y, por lo tanto, mala polinización.
- Elongación de frutos (Figura 4.5).
- Frutos huecos por deficiencia en la polinización (Figura 4.6).
- Entrenudos cortos, densos y plantas compactas (Figura 4.7) (Zeidan, 2005; Martínez, 2001; Jaramillo *et al.*, 2007).





Figura 4.4. Deformación de frutos por bajas temperaturas



Figura 4.5. Elongación de frutos por bajas temperaturas



Figura 4.6. Frutos huecos





Figura 4.7. Entrenudos cortos por bajas temperaturas

Cuando se produce un aumento de temperatura en un invernadero, esta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos, que son de necesario conocimiento en las plantas cultivadas bajo condiciones protegidas (temperatura óptima, mínima y máxima) (Tabla 4.1).

Temperaturas máximas y mínimas letales. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente, en los cuales se producen daños en la planta.

Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente,

en los cuales no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa (como floración, fructificación, etc.).

Tabla 4.1. Temperaturas y efectos producidos en el tomate

Temperatura	Efecto que produce en la planta
Mínima 8 - 12 °C	Los procesos de toma de nutrientes y crecimiento alcanzan una intensidad mínima o se detienen; si la temperatura mínima se prolonga por varios días la planta se debilita, y si ocurren temperaturas por debajo de este nivel la planta sufre una progresiva decadencia o muerte.
Óptima 21 - 27 °C	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, floración y fructificación son adecuados.
Máxima 32 - 36 °C	Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre muerte de la planta.

El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre los 21 y los 24 °C; para el cuajado de frutos durante el día entre los 23 y los 26 °C; y durante la noche entre los 14 y los 17 °C (Tabla 4.2).



Tabla 4.2. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas

Estado de desarrollo	T. mínima (°C)	T. óptima (°C)	T. máxima (°C)
Germinación	11	16 - 29	34
Crecimiento	18	21 - 24	32
Fecundación	13	15 - 25	30
Cuajado de frutos durante el día	18	23 - 26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14 - 17	22
Producción del pigmento rojo (licopeno)	10	20 - 24	30
Producción de pigmento amarillo (β caroteno)	10	21 - 23	40
Temperatura del suelo	12	20 - 24	25

Fuente: Martínez, 2001; Zeidan, 2005

Las temperaturas elevadas en el momento de la apertura floral y cuajado pueden provocar la caída de flores y de frutos junto a la formación de frutos pequeños o inmaduros, e igualmente producirse pudrición apical.

Humedad Relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 50% y un 65% para su óptimo crecimiento y fertilidad (Zeidan, 2005). Una humedad relativa alta puede producir:

- Desarrollo de enfermedades como gotera y *Botrytis* o moho gris.
- Agrietamiento de fruto.
- Mala fecundación, ya que el polen se compacta y se presenta aborto de flores.

Por su parte, la humedad relativa baja ocasiona:

- Mayor tasa de transpiración.
- En época floración menor actividad radicular.
- Estrés hídrico.
- Cierre estomático.
- Reducción de fotosíntesis.
- Deshidratación del polen.



Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades como *Phytophthora infestans* (Mont, DeBary), *Botrytis cinerea* Pers.:Fr y *Erwinia carotovora*, presentándose una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: el manchado, produciéndose una maduración por parches asociada también a una deficiencia de potasio; grietas o rajaduras radiales o concéntricas en el fruto; cara de gato o malformación del fruto y frutos huecos; dificultades en la fecundación por la compactación del polen; y además las flores pueden caerse (Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuando la humedad relativa es baja y la temperatura es alta, se debe ventilar para facilitar la circulación del aire, pues se produce una mayor tasa de transpiración pudiendo causar estrés hídrico, mayor actividad radicular y cierre estomático reduciendo la actividad fotosintética de la planta y disminuyendo la absorción de agua y nutrientes; bajo estas condiciones se ve favorecida la aparición del desorden fisiológico conocido como ‘podredumbre apical’ o ‘culillo’, causado por la deficiencia de calcio. Por otro lado, la humedad relativa baja también deshidrata el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación, producción de frutos pequeños, deformados y huecos.

En el caso contrario, cuando se produce una excesiva humedad al interior del invernadero, se reduce la transpiración de las hojas, lo que lleva a la planta a desplazar el agua absorbida hacia los frutos; esto se produce con tanta presión que puede originarse un rajamiento de frutos.

Ventilación

El porcentaje de humedad relativa al interior del invernadero determina el éxito de cada fase vegetativa de los cultivos, de ahí la importancia de su control. Los métodos o formas de aireamientos varían de acuerdo con el modelo de invernadero empleado. El porcentaje de ventilación cambia en función del clima de cada región y de un tipo de cultivo a otro. En general, las regiones de humedad relativa elevada exigen sistemas más eficientes de ventilación o mayor porcentaje de área de ventilación. Con la experiencia adquirida en el manejo de la ventilación al interior del invernadero, la investigación y la práctica, se podrá determinar el porcentaje de ventilación para cada caso, cuyo cálculo se puede realizar con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Área de las aberturas}}{\text{Área del invernadero}} \times 100 = \% \text{ de ventilación}$$



Cuando existen corrientes de vientos calientes o fríos, se ve afectada la floración y se altera el balance fotosintético de las hojas. Los vientos fuertes, asociados con humedad relativa alta, son más propicios para el ataque de enfermedades bacterianas y de hongos. En este caso se requiere la implementación de cortavientos para reducir la velocidad del viento, los que permiten reducir los daños mecánicos de vientos fuertes sobre las plantas contribuyendo a disminuir la evapotranspiración del cultivo y, en consecuencia, las necesidades de riego y a mantener la temperatura del invernadero evitando que este se enfríe, proporcionando un mayor balance térmico. Los cortavientos naturales y tradicionales a base de árboles, arbustos, especies aromáticas arbustivas o cañas, están paulatinamente siendo sustituidos por los de mallas de polietileno o polipropileno. Para su uso, las barreras cortavientos deben estar ubicadas a una distancia de 6 a 8 m del invernadero con el fin de evitar la interferencia de la luz.

En el caso que los vientos no sean fuertes (o sea, que no causen daño al cultivo) no se deben de colocar barreras contravientos, ya que impiden la ventilación al interior del invernadero.

Los principales propósitos para la ventilación dentro invernadero son:

- Remover la humedad al interior del invernadero.
- Eliminar el exceso de calor.
- Enriquecer el interior con CO₂ (remoción de gases tóxicos).

Dentro de un invernadero el ambiente es cerrado, la circulación del aire es limitada y la temperatura es más alta que en el exterior, alcanzándose niveles máximos en el día. En las horas de la noche, la temperatura baja a niveles mínimos y la humedad relativa generalmente se incrementa alcanzando sus niveles máximos hacia la madrugada y sus niveles más bajos en las horas de medio día. Estos cambios extremos de temperatura y humedad relativa al interior del invernadero son la principal causa de bajas en la productividad, resultado de un incremento en la incidencia de enfermedades, baja polinización, bajo cuajamiento del fruto y deformación de frutos, dándose con mayor frecuencia estos problemas en zonas donde predomina la humedad relativa alta. El consejo es que durante el día se proporcione la máxima ventilación al cultivo mediante la apertura de cortinas laterales y frontales, especialmente si las temperaturas sobrepasan los 28 °C.

Sumado a lo anterior, en la noche baja la temperatura de la cubierta, del aire y de las superficies en el invernadero (estructura del invernadero, plantas y el



suelo); por tanto, se debe evitar al máximo el escape del aire caliente a través del cierre de las cortinas, lo cual debe hacerse en promedio alrededor de las 3 o 4 de la tarde. Generalmente la cubierta es la superficie más fría sobre la que se deposita en su interior la condensación de la humedad del ambiente, y si la cubierta no tiene aditivos (anticondensación) la humedad se sitúa sobre el follaje de las plantas en forma de rocío (Figura 4.8), el cual es uno de los factores de mayor predisposición para el ataque de enfermedades como la gotera (*Phytophthora infestans*) y mancha gris (*Botrytis cinerea*). Otra alternativa es la quema de leña o carbón dentro de recipientes metálicos en el interior del invernadero formando brasa (no llamarada) en las horas de la noche cuando esté más baja la temperatura, colocando los recipientes en sitios estratégicos al interior del invernadero y cuidando de no causar algún tipo de incendio. Dichos recipientes deben ser tapados dejando una pequeña abertura para la entrada de oxígeno a fin de mantener la brasa prendida por un mayor tiempo. Es importante al día siguiente abrir el invernadero para permitir la salida del gas carbónico.



Figura 4.8. Rocío depositado sobre las plantas por alta humedad relativa

Ya en la madrugada, la humedad relativa puede alcanzar el 100%, haciéndose necesario abrir las cortinas lo más temprano posible en las horas de la mañana con el fin de bajar el exceso de humedad al interior del invernadero (Figura 4.9).

En los invernaderos no climatizados es importante la instalación tanto de termómetros que midan temperaturas máximas y mínimas, como de equipos que tomen datos de humedad (higrómetros) al interior del invernadero y que permitan conocer el comportamiento del clima para tomar medidas acerca del manejo de la ventilación buscando disminuir el impacto de estos cambios extremos (Figura 4.10).





Figura 4.9. Apertura de cortinas del invernadero para ventilación



Figura 4.10. Diferentes termómetros y termohigrógrafos para tomar temperaturas y humedades máximas y mínimas al interior del invernadero

Para resolver el incremento de calor y la alta humedad relativa se debe aprovechar al máximo la ventilación natural. Para ello se utiliza la presencia y dirección de los vientos, combinadas con el cierre y apertura de cortinas. Las aperturas laterales y cenitales permiten la circulación del aire al interior del invernadero.



A medida que la temperatura se incrementa en un invernadero, calienta el aire al interior de él, este aire es atrapado en la parte más alta de la estructura, por lo que debe existir una apertura fija en la cumbrera entre 30 y 40 cm que permita la liberación de calor e igualmente ventanas laterales y ventanas en la fachada frontal y posterior (Figura 4.11).



Figura 4.11. Invernadero tradicional con apertura fija en la cumbrera

• **Alternativas para la reducción de temperaturas máximas:**

- Apertura de ventanas laterales y frontales.
- Apertura de ventanas cenitales.
- Sombreo mediante la utilización de polisombra.
- Encalado de cobertura (zonas con alta radiación).
- Evaporación de agua a través del cultivo.
- Aplicación de agua mediante nebulización (limitante: calidad del agua).

• **Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas:**

- Cierre de cortinas para evitar la entrada de aire frío que desplace el aire caliente.
- Pantallas térmicas (son más eficientes las aluminizadas pero tienen un alto costo, instalación complicada y deben ser móviles).
- Cubiertas dobles (de polietileno de escaso espesor (50 a 100 micras); estas reducen la transmisibilidad en un 10%).
- Calefacción (alto costo).
- Generadores de aire caliente (mediante la utilización de mangueras plásticas para una distribución homogénea del aire).
- Conducción de agua a altas temperaturas (30 a 40 °C) a través de tubería galvanizada.



• **Alternativas para la reducción de la condensación:**

- Utilización de plástico con aditivo antigoteo.
- Empleo de sistemas de calefacción.
- Uso de pantallas térmicas.
- Utilización de doble pared en el invernadero.
- Reducción de las aportaciones de agua por técnicas de riego localizado.
- Uso de materiales de cubierta termo aislantes.
- Empleo de acolchados plásticos.
- Poda y deshojado de las partes bajas e internas de la planta.

• **Alternativas para el aumento de la humedad relativa:**

- Descender temperatura con sombreado o encalado.
- Nebulización de agua.
- Aumento de circulación de aire.
- Aplicación de riego en las calles al interior del invernadero.
- Aumento en la frecuencia de riego teniendo cuidado de evitar desequilibrios de agua en el suelo y en la planta.
- Se han obtenido buenos resultados colocando vasijas con agua en determinados sitios del invernadero; de esta manera el agua de la vasija se evapora contribuyendo al incremento de la humedad relativa.

• **Alternativas para bajar la humedad relativa:**

- La presencia de niebla o lluvia indica que la humedad relativa del aire es demasiado alta; las cortinas no deben ser abiertas bajo estas condiciones, pues la humedad del aire al interior del invernadero está más adecuada a las exigencias de las plantas que a la humedad de él, además no se permitiría mantener el calor suficiente al interior del invernadero debido a la baja radiación.
- Las plantas cultivadas en un invernadero transpiran menos que las que se cultivan a campo abierto, razón por la que necesitan un menor número de riegos. La irrigación debe ser realizada solamente cuando sea necesario, a fin de evitar que la evaporación del agua aumente la humedad relativa.
- El productor debe escoger las horas del día más adecuadas para regar las plantas, o sea en los periodos menos húmedos o en las horas de la mañana.
- La utilización de coberturas plásticas en el suelo que evitan la evaporación de la humedad contenida en él.
- Mantener el cultivo libre de malezas, las cuales con su transpiración contribuyen al aumento de la humedad relativa.



Luminosidad

En la mayoría de las plantas la rata de crecimiento en cuanto a peso por unidad de área está influenciada por la radiación: a mayor radiación, mayor estimulación del crecimiento vegetativo y como resultado más alta producción, debido principalmente al incremento de la asimilación y producción de materia seca.

Las plantas de tomate generalmente no son afectadas por la mayor o menor cantidad de horas luz, sin embargo, cuando la intensidad de la radiación es baja hay una influencia negativa sobre la plantas y sobre la producción.

La producción y su calidad se ven severamente afectadas por el sombreado artificial o por la acumulación de polvo sobre la superficie externa de los plásticos (Figura 4.12), lo cual reduce la cantidad e intensidad de la penetración de la luz dentro del invernadero. La luminosidad también se ve afectada al interior del invernadero cuando se utilizan altas densidades de siembra, ya que las mismas plantas se producen sombreado entre sí, e igualmente al exceso de estructuras al interior del invernadero que reduce la cantidad de luz.



Figura 4.12. Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero

Está comprobado que la baja luminosidad tiene un efecto sobre la producción de frutos huecos y la maduración manchada en los frutos de tomate, por lo que se recomienda la renovación de los plásticos o el mantenimiento mediante el lavado de las coberturas.

Cuando la luminosidad es escasa al interior del invernadero, las plantas tienden a un ahilamiento (alargamiento) buscando la luz y los tallos tienden a ser dé-



biles, lo que causa una disminución de la producción. A su vez, la baja luminosidad también incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, ya que reduce la viabilidad del polen, limita la evapotranspiración y reduce la absorción de agua y nutrientes, llevando la planta a una posible deficiencia de calcio, lo que se conoce comúnmente como ‘podredumbre apical del fruto’.

El tomate requiere de días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, reduciendo la absorción de agua y nutrientes. A mayor cantidad de luz, mayor producción de materia seca y azúcares en el fruto; a menor cantidad de luz, menor cantidad de materia seca y menor madurez del fruto, menor cantidad de azúcares (desmejorando el sabor), menor cantidad de cloroplastos en el fruto y, por ende, alteraciones del color (Martínez, 2001; Zeidan, 2005). Existe una correlación positiva entre temperatura, intensidad de la luz y duración del día (Flores, 1986).

La baja luminosidad incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, reduce la viabilidad del polen, limita la evapotranspiración, reduce la absorción del agua y nutrientes, y favorece la deficiencia de calcio o podredumbre apical del fruto.

▶ **DESÓRDENES FISIOLÓGICOS Y NUTRICIONALES**

Los desórdenes fisiológicos, también llamados ‘enfermedades abióticas’, causan anomalías a diferentes estructuras de la planta, generalmente debidas a condiciones climáticas adversas o por deficiencias nutricionales. Entre los más comunes están:

Pudrición apical del fruto o culillo. Es uno de los desórdenes nutricionales más comunes de la producción de tomate bajo invernadero, ocasionado por la deficiencia de calcio en la planta (Figura 4.13). Este desorden fisiológico se presenta en frutos verdes y maduros, manifestándose como una necrosis o pudrición en la parte apical del fruto, deteriorando su calidad.

Para prevenirlo pueden tomarse algunas medidas preventivas, entre las que se encuentran: encalar el suelo para subir el pH y aumentar la disponibilidad de calcio; mantener un buen nivel de calcio en la solución nutritiva; evitar el estrés de agua en el suelo, tanto por déficit como por exceso; evitar la alta o baja hume-





Figura 4.13. Daño típico en fruto por una deficiencia de calcio

dad relativa dentro del cultivo; utilizar variedades tolerantes a poco calcio en el suelo y efectuar aplicaciones foliares con productos a base de calcio como nitrato o cloruro de calcio, realizándolas en el momento de la floración (Zeidan, 2005).

Grietas en Frutos. Se presentan por (Zeidan, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007):

- Riego irregular.
- Fluctuaciones de la humedad del suelo.
- Alta temperatura y alta irradiación del día y temperaturas nocturnas bajas.
- Diferencias extremas de temperatura entre el día y la noche, las cuales crean condiciones para la expansión y contracción de las células en el fruto.
- Variedades sensibles.
- Alta humedad del aire que limita la evaporación a través del follaje y crea estrés de agua causando rajamiento.
- Aparición de virosis, sobre todo TYLCV (virus de la cuchara).
- Plantas viejas con poca área foliar y escasa vegetación y/o hojas dañadas o defectuosas limitan la evaporación a través del follaje y esto puede causar un rajamiento debido al exceso de agua que alcanza el fruto.
- Poda fuerte de hojas que redundo en una disminución de la evaporación y pérdida de protección del fruto, lo cual incrementa el rajamiento debido a la presión de las raíces.
- Bajos niveles de nutrientes, especialmente potasio, calcio y magnesio, esenciales para la construcción y fortalecimiento de la pared celular.
- Tomates que son expuestos a los rayos directos del sol principalmente por pérdida de follaje.
- Altas concentraciones de azúcar y sólidos solubles en los frutos generan bajo potencial osmótico en el fruto más que en otras partes de la planta, fomen-



tando la circulación de agua dentro del mismo y formando rajamientos. Esta causa es común en tomates Cherry.

Se pueden presentar tres tipos de rajamiento en los frutos: las grietas radiales, que se desarrollan desde el cáliz del fruto hacia su parte apical (Figura 4.14); grietas concéntricas, que se presentan alrededor del cáliz y forman un círculo o semicírculo (Figura 4.15); y las grietas diminutas o pequeñas fisuras, que se desarrollan alrededor de los hombros del fruto, de apariencia desuniforme y que se presentan en grandes cantidades (Figura 4.16) (Zeidan, 2005).



Figura 4.14. Grietas radiales



Figura 4.15. Grietas concéntricas



Figura 4.16. Grietas diminutas

MEDIDAS PARA REDUCIR EL RAJAMIENTO

(Zeidan, 2005):

- Una extrema sequía del suelo, seguida por la aplicación de un gran volumen de agua, causa rajamiento del fruto; por esto, es importante mantener una rutina regular de fertirrigación y un nivel uniforme de humedad en el suelo.



- Cuando las temperaturas son muy bajas, especialmente en días muy nublados, es necesario irrigar con muy poca cantidad de agua para prevenir el exceso y acumulación de humedad que podría ser absorbida por las raíces de la planta, la cual crea presión sobre el fruto y causa rajamiento.
- Evitar una poda severa a las plantas para no disminuir la tasa de evaporación vegetativa y reducir el estrés de agua sobre el fruto.
- Fertilizar adecuadamente para promover un crecimiento continuo de follaje sano que permita la transpiración y la evaporación del agua absorbida por las raíces.
- Mantener el cultivo sano, principalmente de mildews, mohos foliares que reducen significativamente la superficie de evaporación del follaje.
- Fertilizar debidamente con calcio, magnesio y potasio para el fortalecimiento de la pared celular y así fomentar una resistencia del fruto al rajamiento.
- Usar variedades tolerantes al rajamiento.
- Evitar riego accidental o lluvia.

Malformaciones (Caregato). Es un desorden común en cultivos bajo invernadero que se presenta por la presencia de alta humedad relativa y bajas temperaturas, lo que conlleva a una disminución de la viabilidad y la cantidad del polen, y una distorsión tanto del ovario como de los estambres, produciendo la deformación del fruto acompañado de un tejido corchoso en las cavidades que se forman; esto hace que este tipo de frutos sean rechazados en el mercado (Figura 4.17).



Figura 4.17 Frutos con malformaciones Caregato

Para su control es conveniente buscar disminuir las bajas temperaturas y altas humedades dentro del invernadero; para ello, se realizan mediciones de humedad y temperatura a diferentes horas del día y de la noche, y se toma la decisión de abrir o cerrar las cortinas del invernadero.



Placenta descubierta. Esta se presenta por cambios bruscos en la humedad y en la temperatura, lo que ocasiona una mala polinización. El síntoma característico se presenta en los frutos, en los cuales se manifiesta una deformación dejando al descubierto la placenta en desarrollo donde se encuentran las semillas (Figura 4.18).



Figura 4.18. Fruto con placenta descubierta

Caída de flores. Se da cuando la humedad relativa del invernadero está por debajo del 60% o cuando la planta está expuesta a vientos, lo cual evita la polinización normal de la flor, el polen se seca y causa su aborto, o también, el exceso de humedad relativa hace que el polen se humedezca, se compacte impidiendo la polinización y causando el aborto de flores.” (Figura 4.19). También se presenta por una deficiencia de boro en la planta, especialmente en época de floración, cuando se hacen aplicaciones excesivas de nitrógeno y por la presencia de enfermedades como moho gris o *Botrytis cinerea*.



Figura 4.19. Aborto de flores en la inflorescencia

Maduración manchada (*blotchy ripening*). Se presenta como una pérdida de color en ciertas áreas del fruto durante el proceso de maduración. Algunas áreas no se tornan del color rojo característico, sino que forman coloraciones



bronceadas, las manchas no son uniformes ni en forma ni en tamaño y se extienden hasta cubrir gran superficie del fruto (Figura 4.20). Generalmente las áreas no maduras presentan mayor dureza que las áreas rojas. Este desorden se atribuye a una deficiencia de potasio.

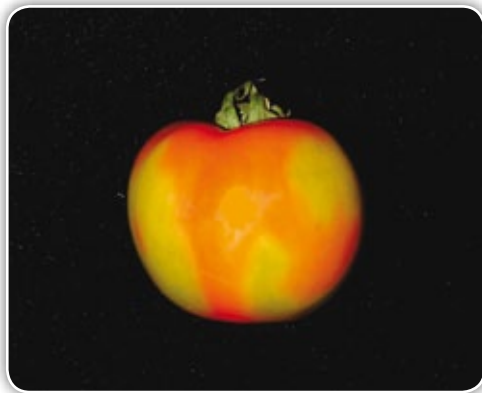


Figura 4.20. Frutos con maduración manchada

Además de la escasez de potasio en la planta, este desorden fisiológico se ve favorecido por las bajas temperaturas, la baja radiación solar, alta nubosidad y alta humedad relativa. Se ha reportado que algunas variedades son más sensibles a este desorden.

Para su control, se debe procurar que la época de cosecha coincida con la época de alta luminosidad; tratar de aumentar las temperaturas en el invernadero en las horas de la noche; ventilar el invernadero para prevenir la acumulación de exceso de humedad alrededor de los racimos; evitar altas densidades poblacionales, las cuales reducen o impiden el paso del aire y de la luz entre las plantas; remover las hojas de las plantas para permitir la penetración de la luz en la base de las mismas; aplicar mayores cantidades de potasio; y mantener la relación nitrógeno-potasio de 1:2 en el suelo. Es recomendable evitar aquellas variedades sensibles al blotchy ripening (Zeidan, 2005).

Hoja enrollada. Se caracteriza por la presencia de un enroscamiento hacia arriba o hacia abajo de las hojas. Cuando el enroscamiento es hacia arriba es porque la planta es sometida a condiciones de estrés, por altas o bajas temperaturas (Figura 4.21), y cuando el enroscamiento es hacia abajo es por la exposición a la radiación directa del sol sobre la planta (Figura 4.22). Las plantas con esta anomalía tienen baja tasa de fotosíntesis y transpiración, reduciendo significativamente la producción. Cuando el enrollamiento de las hojas es severo, los frutos



quedan expuestos a condiciones extremas de temperatura, incrementándose la susceptibilidad del fruto al agrietamiento y a diferentes niveles de golpe de sol e incluso puede afectarse su firmeza. En general, las hojas se vuelven quebradizas y frágiles; se mantienen turgentes pero no se marchitan. Aun así, el crecimiento de la planta no se afecta y la formación de frutos es normal (Zeidan, 2005).



Figura 4.21. Hoja enrollada hacia arriba por condiciones de estrés en la planta



Figura 4.22. Hoja enrollada hacia abajo por alta radiación solar

Pérdida del punto de crecimiento o “planta macho”. Cuando plantas de crecimiento indeterminado paran el punto de crecimiento por razones desconocidas, aparece una inflorescencia o una hoja en la corona similar a lo que sucede al final del punto de crecimiento en variedades determinadas. Es muy común en cam-



po, cuando las plantas tienen una vegetación densa, un tallo delgado y grandes hojas como resultado de fertilización e irrigación incontroladas (Zeidan, 2005).

La desaparición del punto de crecimiento puede ocurrir tanto en semillero como en los primeros días del trasplante o después de la aparición normal de la 5 - 6 inflorescencia en la planta, y esta aparece en solamente un pequeño porcentaje del cultivo. En ciertos casos la interrupción del crecimiento es total, mientras que en otros una nueva rama secundaria crece para reemplazar el punto de crecimiento (Figura 4.23) (Zeidan, 2005).



Figura 4.23. Plantas que perdieron su punto de crecimiento

Frutos huecos. Este desorden en la planta es ocasionado por el excesivo uso de nitrógeno en la aplicación de fertilizantes, abuso de hormonas para el cuajamiento del fruto, baja radiación solar, una mala polinización y el empleo de variedades sensibles a esta anomalía. Por estas mismas condiciones, también pueden formarse frutos triangulares, que no poseen las mismas características de la variedad. Los frutos huecos presentan la formación de una cavidad o hueco



Figura 4.24. Frutos huecos



entre la pared del fruto y la placenta que contiene las semillas, lo cual genera pérdida de firmeza en el fruto, acortando su vida útil (Figura 4.24) (Zeidan, 2005).

Los frutos huecos en la planta se controlan mejorando la entrada de luz al invernadero, limpiando los plásticos en el caso que estos tengan gran acumulación de suciedad, sembrando en épocas oportunas para que la alta luminosidad coincida con la época de cosecha, favoreciendo la polinización con técnicas de vibración de inflorescencias, evitando la excesiva fertilización nitrogenada y las altas densidades poblacionales, y realizando la poda de hojas que impidan la penetración de la luz hacia los frutos (evitando igualmente podas severas).

Edema. Se caracteriza por protuberancias verdes como callos en las superficies superiores e inferiores de la hoja (Figura 4.25). Estas protuberancias pueden quebrarse a medida que crecen.



Figura 4.25. Edema por saturación de agua en las hojas

Esta alteración se desarrolla cuando el tejido de la hoja está saturado de agua, como resultado de una presión que ejerce la raíz al continuar llevando el agua hacia la planta cuando la transpiración es pobre. Generalmente esto sucede cuando el suelo está tibio y húmedo y la temperatura del aire está fresca, y por la combinación de alta humedad y baja temperatura. Los periodos prolongados de humedad favorecen el edema.

La ventilación adecuada para los cultivos de invernadero mantiene los niveles de humectación del suelo y reduce la incidencia de esta alteración.

Fruto con estrías tipo cremallera. Se manifiesta en unas cicatrices delgadas bronceadas que van desde el cáliz del fruto hacia la base de este en diferentes



longitudes y es causado por un problema de mala polinización, ya que al momento de formarse el fruto las anteras quedan adheridas en la pared del ovario (Figura 4.26). Aparece cuando hay extremos de temperaturas (altas o bajas) y exceso de humedad en el invernadero. Existen variedades más sensibles que otras.



Figura 4.26. Frutos con estrías tipo cremallera

Golpe de sol. Se produce por una exposición directa del fruto a los rayos del sol, lo cual genera un área blanca brillante y correosa (Figura 4.27). Se presenta cuando se realizan podas fuertes de hojas dejando el fruto descubierto, lo que aumenta repentinamente la temperatura del fruto ocasionando un daño en el tejido.



Figura 4.27. Frutos con golpe de sol

El uso de variedades resistentes al marchitamiento y a las enfermedades foliares puede reducir las pérdidas por golpe de sol. Dichas pérdidas también se pueden reducir al cosechar y podar cuidadosamente los cultivos buscando disminuir la defoliación y la exposición directa del fruto a la luz del sol. Este desorden es más común en cultivos a libre exposición.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flores, I. (1986). *Cultivos de Hortalizas*. Monterrey, México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Departamento de Agronomía. 170 p.
- Jaramillo N., J. E.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, A. M.; Zapata C., M. A. y Renfijo, T. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Medellín, Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO–. Gobernación de Antioquia, Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia –Mana–, Convenio FAO-MANA: Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia, Proyectos UTF/COL/027/COL, TCP/COL/3101. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, Centro de Investigación La Selva. 313 p.
- Lobo, M. A.; Jaramillo, V. J. (1984). *Tomate*. En: *Hortalizas: Manual de Asistencia Técnica*. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. P. 41-47.
- Martínez, P. F. (Octubre de 2001). *Cultivo del tomate en invernadero frío. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida*. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia: Agencia Española de Cooperación Internacional. 15 p.
- Zeidan, O. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Israel: Mas-hav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. 99 p.

