



## **Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas**



# TECNOLOGÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS



Jorge Eliecer Jaramillo Noreña  
Viviana Patricia Rodríguez  
Luis Fernando Gil Vallejo  
María Cristina García Muñoz  
Juan Clímaco Hío  
Daniel Quevedo Garzón

Germán David Sánchez León  
Paula Andrea Aguilar Aguilar  
Luz Mireya Pinzón Perdomo  
Miguel Ángel Zapata Cuartas  
Juan Felipe Restrepo  
Miryam Guzmán Arroyave

Bogotá, D.C. - Septiembre de 2012  
Colombia

Jaramillo Noreña, Jorge Eliecer; Sánchez León; Germán David; Rodríguez, Viviana Patricia; Aguilar Aguilar, Paula Andrea; Gil Vallejo; Luis Fernando; Hío, Juan Clímaco; Pinzón Perdomo, Luz Mireya; García Muñoz, María Cristina; Quevedo Garzón, Daniel; Zapata Cuartas, Miguel Ángel; Restrepo; Juan Felipe y Guzmán Arroyave, Miryam / Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá : CORPOICA, 2012. 482 p.

Palabras clave: TOMATE, *LYCOPERSICON ESCULENTUM*, CULTIVOS DE INVERNADERO, MANEJO DEL CULTIVO , NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS, PLAGAS DE PLANTAS, ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS, ALMACENAMIENTO, COSTOS DE PRODUCCIÓN.



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica

Línea de atención al cliente: 018000121515

Teléfono: 57-1-4227300

atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-120-2

CA: N/A

CUI: 1400

Tiraje: 1000 ejemplares

Coordinador general: Jorge Eliecer Jaramillo Noreña - Germán David Sánchez León

Edición:

Fotografías: Corpoica

Diseño: Javier Nieto

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

# PRÓLOGO III

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica– ha incorporado de manera formal a su agenda de investigación el desarrollo de proyectos que permitan generar conocimiento técnico útil para el sistema de producción de Agricultura Protegida.

A pesar de contar en Colombia con experiencias muy exitosas en el establecimiento de cultivos bajo invernadero, estas se han concentrado en su mayoría en la producción de flores de exportación, y en menor dimensión en el cultivo de frutas y hortalizas. Sin embargo, notables desarrollos se empiezan a ver en este sector en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Antioquia y el Eje Cafetero, en donde ya se cultivan cerca de 500 hectáreas, principalmente con el cultivo del tomate.

La Agricultura Protegida altamente tecnificada comprende retos importantes en el desarrollo de sus componentes; al respecto, el diseño de plásticos con características especiales en cuanto a resistencia, durabilidad y mayor eficiencia en la transmisión de radiación que permita a las plantas una mayor fotosíntesis y el diseño de estructuras apropiadas para diversas condiciones en cuanto a resistencia, forma, altura y composición. Sumado a esto, las especies y cultivos seleccionados y adaptados a estas condiciones, junto con los sistemas de riego, fertilización y manejo integrado de los cultivos que deben funcionar armónicamente bajo las estructuras. Complementariamente, la mecanización y automatización del sistema para medir y monitorear las variables climáticas de forma tal que el cultivo tenga condiciones óptimas para su desarrollo.

Buscando responder a semejantes retos, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia dio el apoyo decidido para iniciar los trabajos con invernaderos altamente tecnificados en diferentes condiciones climáticas de nuestra geografía; para ello, Corpoica estructuró un proyecto de fortalecimiento de su capacidad de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en este tipo de ambientes y en centros de investigación localizados en los diferentes pisos térmicos de Colombia.



El objetivo general de este proyecto fue fortalecer la capacidad de investigación de Corpoica en ambientes controlados para ofrecer alternativas tecnológicas altamente competitivas en los diferentes pisos térmicos del país. De manera específica, pretende ajustar e incorporar las tecnologías disponibles para diversos cultivos producidos bajo condiciones controladas, proponer modelos de unidades productivas de material de propagación de cultivos de interés regional, seleccionar entre especies de hortalizas y frutas tropicales los materiales mejor adaptados a condiciones protegidas y de mayor aceptación para mercados tanto internos como externos, determinar los procesos de producción con los cuales se pueden obtener mayores niveles de productividad, y formar expertos en la producción bajo condiciones protegidas para el avance tecnológico y la capacidad de respuesta de la Corporación en esta área.

El presente manual hace parte de uno de los compromisos adquiridos en este proyecto y pretende brindar herramientas técnicas a productores y asistentes técnicos, con el propósito de mejorar el proceso de producción de tomate bajo invernadero como la especie de mayor importancia bajo este sistema en Colombia.

## **Diego Aristizábal Quintero**

Director Centro de Investigación Tibaitatá  
Corpoica



# CONTENIDO III

## INTRODUCCIÓN

### 1. PRODUCCIÓN BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS 15

#### La problemática del cultivo bajo cobertura 19

Requerimientos básicos para el establecimiento de un cultivo protegido 20

#### Invernadero 21

Tipos de invernadero 23

Ventajas y desventajas de la producción bajo invernadero 30

Parámetros a tener en cuenta para la elección de un invernadero 32

Parámetros a tener en cuenta para la localización de un invernadero 33

Parámetros a tener en cuenta para la construcción de un invernadero 35

Características de un invernadero 38

Características Estructurales 50

Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero 53

#### Referencias bibliográficas 55

### 2. CONTROL CLIMÁTICO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS 57

#### Ventajas del control climático 60

#### Diferentes maneras de controlar el microclima de un invernadero 68

Aprovechamiento del calor natural 68

Aireación y ventilación 69

Herramientas de control climático 76

Sistemas de calefacción 84

#### Referencias bibliográficas 91



<b>3. GENERALIDADES DEL CULTIVO</b>	<b>93</b>
<b>Origen y distribución</b>	<b>93</b>
<b>Clasificación taxonómica</b>	<b>95</b>
<b>Valor nutricional y medicinal</b>	<b>96</b>
<b>Morfología</b>	<b>97</b>
<b>Tipos de tomate</b>	<b>103</b>
<b>Fenología del cultivo</b>	<b>107</b>
<b>Materiales de tomate para la producción bajo invernadero</b>	<b>109</b>
1. Tomate tipo chonto	110
2. Tomate tipo milano	117
3. Tomate tipo cherry	130
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>138</b>
<b>4. FACTORES CLIMÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE</b>	<b>141</b>
<b>Manejo del clima al interior del invernadero en el cultivo del tomate</b>	<b>142</b>
Temperatura	142
Humedad relativa	146
Ventilación	147
Lumiosidad	153
<b>Desórdenes fisiológicos y nutricionales</b>	<b>154</b>
<b>Medidas para reducir el rajamiento</b>	<b>156</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>164</b>
<b>5. MANEJO AGRONÓMICO</b>	<b>165</b>
<b>Semilleros</b>	<b>165</b>
Ventajas de la siembra de semilleros en bandejas de confinamiento	168
Tipos de sustratos	170
Manejo de semilleros	180
<b>Cultivo bajo cubierta</b>	<b>188</b>
Adecuación y preparación de terreno	188
Distancias de siembra	194
Trasplante	197
Podas	199
Polinización	205
Tutorado y amarre	209
Control de malezas	213
Manejo de residuos de cosecha	219
Rotación de cultivos	225
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>227</b>



<b>6. NUTRICIÓN</b>	<b>229</b>
<b>Fertilización</b>	<b>229</b>
Toma de muestras para análisis de suelos	232
Análisis foliar	234
Fertilización	235
Materia orgánica	238
Importancia de los macronutrientes en la producción de tomate	240
Importancia de los micronutrientes en la producción de tomate	249
Elementos esenciales beneficiosos	257
Fertilización edáfica	257
Fertilización foliar	259
<b>Riego</b>	<b>260</b>
Riego por goteo	262
Requerimientos de agua del cultivo	274
Estimación de las necesidades de agua	275
Disponibilidad y calidad del recurso agua	277
Aspectos legales del uso del agua	279
Calidad del agua y su influencia en la fertirrigación	281
<b>Fertiriego</b>	<b>284</b>
Ventajas	285
Limitaciones	286
Manejo de la fertirrigación	287
Características de los fertilizantes utilizados en fertirrigación	290
Recomendaciones técnicas para la aplicación de fertilizantes	294
Almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos	296
Características de algunos nutrientes y su uso en fertirriego	297
Ejercicio práctico para aplicación de fertirriego	297
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>302</b>
<b>7. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS</b>	<b>305</b>
<b>Componentes del manejo integrado de plagas</b>	<b>310</b>
Seguimiento	310
Control legal	310
Control Natural	311
Control Cultura	313
Control Mecánico	313
Control Físico	313
Control etológico	314
Control biológico	316



Control con extractos vegetales	317
Control químico	317
Muestreo y niveles críticos	322
<b>Principales plagas del tomate en invernadero</b>	<b>326</b>
Plagas del suelo, semillero y sitios de trasplante	236
Chupadores o minadores del follaje	332
Plagas masticadoras de follaje	347
Perforadores del fruto	351
Barrenadores y minadores del tallo	360
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>366</b>

## **8. MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES** **369**

<b>Concepto de enfermedad</b>	<b>369</b>
<b>El manejo integrado de enfermedades</b>	<b>371</b>
Diagnóstico	371
Manejo de enfermedades	372
<b>Las buenas prácticas agrícolas (BPA)</b>	<b>373</b>
Antes de la siembra	374
Durante el cultivo	375
Durante la cosecha	376
<b>Enfermedades del tomate en Colombia</b>	<b>376</b>
Presencia de patógenos en la semilla	376
Enfermedades causadas por hongos y oomicetos	377
Enfermedades causadas por bacterias	397
Enfermedades causadas por virus	407
Enfermedades causadas por nematodos	412
Enfermedades no infecciosas	416
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>422</b>

## **9. POSTCOSECHA DEL TOMATE** **427**

<b>Atributos de calidad</b>	<b>428</b>
Factores que determinan la calidad del producto	429
<b>Operaciones cosecha y poscosecha de tomate</b>	<b>432</b>
Cosecha	432
Poscosecha	438
Principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate	441
Cloración del agua	443
Secado	445
Clasificación	445
Selección y clasificación	448



Empaque	449
Almacenamiento	453
Maduración	457
Tratamientos con etileno	457
Maduración, almacenamiento y calidad nutricional	459
Enfermedades poscosecha	460
Buenas Prácticas Agrícolas durante la cosecha y poscosecha de tomate	461
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>464</b>
<b>10. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CHONTO BAJO INVERNADERO</b>	<b>467</b>
<b>Costos de producción, clasificación y estructura</b>	<b>467</b>
Definición	468
Inversión	468
Costos variables	470
Costos fijos	473
<b>Análisis de la estructura de costos de producción</b>	<b>474</b>
Indicadores de resultado	476
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>482</b>





# INTRODUCCIÓN III

La Agricultura Protegida hoy en día es un componente esencial de la actividad agrícola moderna en todo el mundo, debido fundamentalmente a su fuerte vinculación con la agroindustria de exportación, el uso de tecnologías de punta y aplicación de elementos biotecnológicos. Están reportadas a nivel mundial alrededor de 280 mil hectáreas de frutas y hortalizas cultivadas bajo invernadero; en tanto que en Latinoamérica, México tiene cerca de 1.800 ha localizadas principalmente en el noreste del país.

El desarrollo de la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas se inició hace más de cuatro décadas en países como Holanda, Francia, Israel, EE. UU., Brasil, Italia, España y Japón, entre otros, los cuales han logrado grandes avances tecnológicos –principalmente con el cultivo de tomate– que se han traducido en incrementos en la productividad del orden de un 500% y que los ha llevado a ser altamente competitivos y a situarse como líderes en la exportación de estos productos. Actualmente Holanda, España e Israel se han constituido como los principales países productores de hortalizas de invernadero, dominando el mercado europeo.

La Agricultura Protegida es entonces una buena oportunidad que tienen los productores para la reconversión y diferenciación de sus cultivos, ya que permite tornar en productivas aquellas áreas con problemas de agua, suelos deteriorados e inclusive de alta siniestralidad y con presencia de plagas, ya que el cultivo bajo invernadero minimiza y elimina los factores adversos. Los invernaderos se utilizan para asegurar tanto la alta calidad de los cultivos como el buen rendimiento en la producción, mientras que en campo abierto es difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. En efecto, el concepto de cultivos en invernadero representa el paso de la producción extensiva a una intensiva, y para ello las plantas han de reunir condiciones óptimas de la raíz a las hojas; por consiguiente, los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, al igual que el control del agua y de los fertilizantes.



Son múltiples las ventajas que ofrece la producción de hortalizas bajo invernadero, a saber:

1. Se obtienen cosechas en todas las épocas.
2. Se aumentan los niveles de empleo, ya que para el manejo tecnificado del cultivo se requiere más mano de obra.
3. Se incrementa la productividad al alcanzarse un rendimiento por planta de hasta 300% más que el obtenido a campo abierto.
4. Se reducen los costos de producción al requerirse menor uso de insumos para el manejo de plagas y enfermedades.
5. Se mejora la calidad del producto y se atenúa el impacto negativo sobre el medio ambiente al conservarse la estructura del suelo y disminuir la aplicación de pesticidas y agroquímicos.

Con todos estos beneficios, se cumplen los estándares internacionales de inocuidad y calidad del producto y se adopta el esquema de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), lo cual posibilita el acceso a los mercados internacionales.

En Colombia ya se tienen empresas y agricultores dedicados a la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas –con una mayor intensidad en la producción de tomate– en zonas frías de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Huila, Eje Cafetero, Cauca, Valle del Cauca, Santander y Nariño. Se estima un área total de 800 ha, las cuales han reportado notables incrementos en productividad en los últimos años. No obstante, estas experiencias han sido desarrolladas por iniciativas individuales de productores y lamentablemente no ha habido un programa definido de investigación, desarrollo y ajuste del sistema, lo cual ha llevado a que en algunos casos se presenten fracasos causados por el desconocimiento del manejo de los cultivos, de los insumos y de los materiales vegetales más apropiados para la siembra bajo estas condiciones; así mismo, por el inadecuado diseño de las estructuras y el manejo deficiente del componente climático en el interior de estos.

En general, los cultivos establecidos bajo cubierta muestran resultados exitosos en relación con mayor producción por planta y mayor calidad de los frutos frente a la producción a campo abierto, lo que permite afirmar que la sola cobertura al cultivo ofrece ventajas en este aspecto. Si bien esto es cierto y los resultados han sido exitosos, producir en condiciones de invernadero es más que darle una cobertura al cultivo, pues los cambios climáticos originados en su interior tienen una fuerte influencia en el desarrollo fisiológico y la producción final de la planta.



Es de esperarse que el rendimiento promedio obtenido con este sistema supere hasta en tres y más a aquel obtenido a libre exposición, siendo esa quizás la explicación al auge que ha tenido el sistema de producción bajo invernadero en los últimos años (en invernadero los rendimientos oscilan entre 100 y 150 ton/ha, mientras que a libre exposición pueden ser de tan solo 20 a 40 ton/ha). De otro lado, el sistema de producción de tomate es altamente generador de empleo, calculándose que una hectárea requiere alrededor de 160 jornales por ciclo de producción, lo que representa alrededor de 2'398.240 jornales utilizados en el país anualmente en este cultivo.

En relación con la industria que soporta el desarrollo de los invernaderos en Colombia, hay que decir que se tienen todas las posibilidades en cuanto a diseño y estructura, acompañados de equipos que permiten el control y monitoreo de las variables climáticas al cultivo. La oferta de invernaderos va desde los más simples en material de guadua, hasta sofisticadas estructuras de materiales livianos de mayor duración. El uso más generalizado en el país es el de invernaderos que cumplen básicamente con la función de cobertura del cultivo, con algunos elementos de circulación de aire.

Por último, el desarrollo de la competitividad de los sistemas de producción de algunas frutas y hortalizas bajo invernadero debe plantearse entonces con estudios que soporten la adopción de tecnologías para distintos tipos de invernadero, el suministro y control de las condiciones climáticas y su impacto en la productividad y calidad del producto, sanidad del cultivo e inocuidad en las diferentes zonas productoras de Colombia. Hacia el futuro inmediato, será necesario promover esquemas de trabajo mancomunado entre el sector público y privado para que estas inversiones tengan el uso adecuado por parte de los agricultores y se reflejen finalmente en un sistema de producción sostenible y altamente competitivo.





# CAPÍTULO 1 III

## PRODUCCIÓN BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>2</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>3</sup>  
Juan Felipe Restrepo<sup>4</sup>

Las plantas cultivadas a campo abierto están sometidas a una serie de problemas y peligros, como el estrés calórico por altas o bajas temperaturas y factores meteorológicos, entre ellos la lluvia, el granizo y las heladas (Figura 1.1). Estas condiciones adversas son especialmente perjudiciales en algunas especies que en general no ocupan grandes extensiones de tierra (por ejemplo, los cultivos de flores y hortalizas) y en aquellas que en condiciones climáticas adversas se ven sometidas a daños, retrasos de crecimiento, disminuciones de su producción, ataque de plagas y enfermedades, desórdenes fisiológicos y mortandad de plantas; haciendo de estos cultivos negocios con alto grado de incertidumbre y aumento del riesgo, que en muchas ocasiones no compensa la rentabilidad obtenida. Para tratar de minimizar este riesgo y maximizar los beneficios esperados, los agricultores pueden hacer uso de la tecnología de invernaderos, que ha sido creada precisamente con este fin y que en los últimos 20 años ha tenido un avance significativo impulsado por los desarrollos tecnológicos en otros campos, como en la informática, la electrónica y la industria química, entre otras (Shany, 2007).

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto:pagui18@gmail.com)

4. Ingeniero Agrícola. MSc. Director técnico Inverca Colombia. [frestrepo@centroaceros.com](mailto:frestrepo@centroaceros.com)





**Figura 1.1. Problemas y peligros de la producción a campo abierto**

La técnica de protección o forzado de cultivos consigue modificar, total o parcialmente, las variables ambientales haciendo que los cultivos se desarrollen con cierta independencia de los factores climáticos. Esta técnica empezó a practicarse desde tiempos muy antiguos. En el siglo XV, coincidiendo con el fervor económico y cultural en Europa, aparecen las *'orangeries'* francesas; en ellas se trataba de disponer de cultivos adaptados a otros climas, en particular naranjas y limones, por sus propiedades medicinales. Los primeros en disfrutar de estas construcciones fueron ricos mercaderes que mantenían relaciones comerciales con países de ultramar. Ya a partir del siglo XVIII, la nobleza y casas reinantes se interesaron por este sistema, utilizándolo para el cultivo de plantas exóticas recogidas en otras latitudes. El empleo generalizado del vidrio y su adaptación como material de cerramiento en invernaderos permitió su construcción a mayor escala, sobre todo por parte de viveristas y cultivadores de plantas ornamentales. En Holanda se encuentra el exponente más importante de esta técnica de cultivo, donde de 30 ha en 1904 pasa a casi 7.000 en 1970. Sin embargo, el alto costo de estos invernaderos, derivado por la especial estructura para soportar el peso del cristal y por el precio del mismo, no ayudó a la rápida extensión de esta tecnología (López y Salinas, 2000).

Seguidamente, la crisis del petróleo del año 1973 impulsó la realización de investigaciones agrarias encaminadas a disminuir la cantidad de energía consu-



mida por unidad producida. Estas consiguieron materiales de cerramiento de gran transmisividad a la radiación solar y con buen efecto termoaislante de las radiaciones de onda larga, poco pesado, lo que hizo posible pasar a un esqueleto estructural más económico. Con la introducción de los elementos plásticos flexibles (a principios de los años 70) surge la rápida expansión de los invernaderos, que fue facilitada por el abaratamiento de los costos tanto de estructuras como de materiales, aunque estos presentaban algunos problemas lógicos en una naciente industria de formulación y fabricación (López y Salinas, 2000); entre los defectos estaban:

- Falta de uniformidad en el espesor de la película.
- Rápida degradación.
- Poca resistencia mecánica con fácil rotura por el viento.
- Nula protección térmica con bajas temperaturas.

Todos ellos constituían un freno al desarrollo de los cultivos bajo invernadero plástico, por tanto, a pesar de conseguirse mejoras en precocidad, calidad y cosecha total, comparadas con el cultivo al aire libre no podían dar todo su potencial productivo, especialmente en épocas frías, por la indefensión frente a las bajas temperaturas; no obstante, la incorporación de formulaciones adecuadas, los mejores sistemas de transformación, un manejo más cuidadoso y el nacimiento de materiales parcialmente termoaislantes a la radiación infrarroja de onda larga mejoraron su prestación. A la par que en los distintos países del mundo se desarrollaban las industrias del plástico, la evolución de la superficie cultivada bajo película de dicho material aumentó considerablemente (López y Salinas, 2000).

Actualmente, la revolución que supone el desarrollo de materiales plásticos y su aplicación en el mundo de la agricultura está propiciando un profundo cambio en la concepción de la práctica agraria. Así, estos materiales no solo intervienen en la mejora y manejo del agua (redes de distribución, depósitos reguladores, sistemas de riego y redes de avenamiento), sino que también permiten alterar las condiciones ambientales del medio, acolchados, pequeños túneles, mallas de protección, e incluso con la misma cubierta de invernaderos (López y Salinas, 2000).

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de ciertos cultivos que a campo abierto ni siquiera se acercan a su potencial productivo y para los cuales son necesarias condiciones de clima óptimo que solo se dan en determinadas épocas del año. Los controles de temperatura, humedad relati-



va, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo (Shany, 2007).

La única justificación para cultivar bajo cobertura es cuando el beneficio económico obtenido es significativamente mayor, comprobándolo con un cultivo a campo abierto. Tal como lo expresa Shany (2007), es fundamental llevar a cabo un estudio de factibilidad antes de establecer el proyecto a fin de justificar la inversión requerida. Según este mismo autor, los factores que definen la necesidad de cultivar bajo cobertura son:

- **Tipo del cultivo**

Cuando un cultivo no está adaptado a las condiciones naturales locales y debe cultivarse fuera de la estación o fuera de su área natural.

- **Mejoramiento de la calidad de los frutos**

Cuando se pretende comercializar el producto en mercados exigentes, tanto a nivel nacional como de exportación. La calidad de la producción en un cultivo protegido siempre será mejor comparándola con la de un cultivo a campo abierto, ya que la cobertura facilita el control del microclima y también la producción contra factores como el polvo, viento y la intensa radiación solar, que pueden afectar la calidad de la producción.

- **Necesidad de reemplazar el suelo**

Un suelo enfermo, con alta presencia de hongos, bacterias, nematodos, etc., puede alcanzar un nivel de inóculo en el cual ningún tratamiento asegure su desinfección, por lo que surge la necesidad de sustituirlo por un sustrato artificial. Igualmente, un suelo muy agotado, muy pobre por su origen natural o de una mala estructura física (muy arcilloso o pedregoso), justifica su reemplazo por un sustrato artificial. Cuando surge la necesidad de reemplazar el suelo, deberá considerarse que la inversión requerida solamente se justificará si se implementa un sistema de cultivo protegido.

- **Protección contra plagas**

Cuando existe en la región una alta incidencia de plagas, que no permite llevar a cabo el cultivo de manera económica en las condiciones de campo abierto.

- **Incremento de rendimientos**

Optimización del aprovechamiento de área de la finca. Los rendimientos que se logran en invernaderos en general duplican o triplican aquellos obteni-



dos en un cultivo a campo abierto. Indudablemente, todo depende del adecuado manejo agronómico que se aplique al cultivo y no únicamente de la variedad. El agricultor mediano o pequeño debe considerar la posibilidad de producir en condiciones protegidas, pues tiene que lograr el mejor rendimiento de su terreno.

Considerando que se ha tomado la decisión de proteger el cultivo, aparecen algunas preguntas: ¿Qué tipo de construcción queremos? ¿Qué tipo de cobertura? ¿Será necesario construir un invernadero completo con sistemas de calefacción, ventilación y demás, o será suficiente una construcción liviana o tal vez solo túneles o casa de malla?

Las respuestas dependerán, por supuesto, de las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las condiciones naturales adversas en el campo?
- ¿Qué nivel de protección requiere el cultivo?
- ¿Cuáles son los requerimientos del cultivo con relación al clima de la región?

La etapa de planificación del proyecto tiene como objetivo encontrar las respuestas a dichos interrogantes. En el momento de la planificación de la construcción del invernadero deben considerarse los requerimientos del cultivo con relación al clima de la región.

## ▶ **LA PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO BAJO COBERTURA**

Según Shany (2007), un cultivo bajo cubierta desde el momento de su establecimiento puede sufrir una serie de problemas, que proviene del microclima existente dentro de la construcción cerrada.

Debe considerarse que:

- Las temperaturas durante el día son más altas que las del exterior por el denominado efecto invernadero.
- Las temperaturas durante la noche pueden ser menores que las de afuera debido a la falta de movimiento de aire (efecto de la inversión térmica).
- La humedad relativa es más alta dentro de la construcción por la falta de aireación. La construcción ejerce una barrera física que impide el movimiento natural del aire, lo que no solamente afecta el cuaje de los frutos al reducirse la liberación de polen de las flores sino que también es el principal causante de la aparición de enfermedades en los cultivos dentro de los invernaderos.



- La construcción produce sombreado, eliminando una parte esencial de la radiación solar que es vital para el proceso de la fotosíntesis y el buen desarrollo y producción de las plantas. El sombreado se incrementa por la acumulación de polvo o gotas de agua sobre el techo, dependiendo de la calidad de material que se use para la cobertura del mismo.
- La condensación de la humedad en el techo provoca el goteo de agua sobre el cultivo, generalmente en las horas de la mañana, generando condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades.
- El suelo en el invernadero puede sufrir un rápido agotamiento debido a la intensidad de su uso.

Para evitar dichos problemas, obtener un cultivo productivo y aprovechar el potencial que ofrece el invernadero, es sumamente importante el diseño correcto de la construcción; sin olvidar que un cultivo protegido tiene una serie de requerimientos, que son parte integral de su manejo.

### **Requerimientos básicos para el establecimiento de un cultivo protegido**

1. Alta inversión primaria (construcción) y secundaria (manejo).
2. Conocimiento profundo del cultivo (a nivel botánico y fisiológico).
3. Uso de avanzadas técnicas de manejo agronómico, las cuales incluyen:
  - Adaptación de variedades y de cultivares.
  - Preparación y desinfección adecuada del suelo.
  - Cobertura de las camas.
  - Uso de semillas y plántulas de alta calidad.
  - Distancias de siembra adecuadas.
  - Prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades.
  - Sistemas de riego localizado.
  - Manejo preciso del fertirriego.
  - Tutorado y poda del cultivo.
  - Equipos de control climático, si se requieren (Shany, 2007).

El invernadero es una estructura cubierta con algún material que permite el paso de la luz desde el exterior y que tiene la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente en el que se puedan controlar variables tales como la temperatura y la humedad relativa, entre otras. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son



utilizados para cultivos de porte alto como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata y Rengifo, 2007).

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta con materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas. El microclima bajo invernadero debe ser el más próximo a las condiciones biológicas óptimas para la variedad cultivada, que maximice el proceso de fotosíntesis y de esta manera obtener más producción por metro cuadrado. Desde el punto de vista de la competitividad, permite incrementar la productividad, minimizar costos de producción, ser eficientes en el manejo de recursos, generar empleo y poder reinvertir en más tecnología para alcanzar cultivos de alto rendimiento (Jaramillo J. *et al.*, 2007).

Entonces, un invernadero debe ser resistente a la fuerza dinámica del viento, diseñado con parámetros ópticos y térmicos donde se pueda adicionar un conjunto de mecanismos con los que el hombre instaure el microclima ideal para obtener el máximo rendimiento de una especie vegetal con fines comerciales o de investigación.

Con base en esta definición, se puede hacer una clasificación de los invernaderos de según el tipo de estructura y la cantidad de mecanismos utilizados para crear el microclima ideal dentro de esta.

De acuerdo con el tipo de estructura se pueden clasificar en: Invernaderos y Cubiertas.

## ▶ INVERNADERO

La cantidad de equipos que ayudan a controlar el clima interior de los invernaderos varía en función de las necesidades de climatización y los costos. Los invernaderos pueden ser clasificados en relación con el control de los factores meteorológicos en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados.

Los **climatizados** (Figura 1.2) son los que poseen todos los mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático necesarios para el control de temperatura, humedad relativa, contenido de CO<sub>2</sub> y luz. Estos invernaderos hacen uso de energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente rentable y elevada (Barbosa, 2000).





**Figura 1.2. Invernaderos climatizados**

Los invernaderos **semiclimatizados** (Figura 1.3) tienen solo algunos equipos de climatización, y aunque se acercan a obtener condiciones ideales de clima, no las alcanzan. Tales equipos pueden estar dotados o no de automatización, aunque en el segundo caso el uso de los equipos sería más ineficiente. Se instalan así básicamente por costos o porque no se considera necesario controlar el clima de una manera rigurosa, debido a la relación costo:beneficio. Se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables (Barbosa, 2000).



**Figura 1.3. Invernadero semiclimatizado**

Los invernaderos **no climatizados**, generalmente denominados **cubiertas** (Figura 1.4), solo incluyen la estructura y algún tipo de cobertura traslúcida, teniendo en cuenta que son estructuras diseñadas con base en criterios técnicos, tales como conservación de la energía, captación de luz y resistencia a los vientos (Barbosa, 2000).



En cualquiera de los tres casos anteriores la estructura puede ser la misma, sin olvidar que debe ser especialmente diseñada para tal fin, preferiblemente en un material durable y resistente. Lo que varía es la cantidad y el tipo de equipos y si estos están automatizados o no.

Por el momento, el que más viabilidad económica tiene para el pequeño y mediano productor (de acuerdo con sus condiciones económicas), dirigido a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional, no posee ningún tipo de equipo que utilice energía transformada, y su utilización está condicionada a la aplicación de factores físicos de la propia naturaleza del ambiente. Usualmente se construye en materiales poco durables y resistentes, como la guadua y la madera. Es de advertir que solo provee un resguardo contra la intemperie, protegiendo al cultivo de la lluvia o el granizo; además, en los momentos calurosos del día aumenta mucho su temperatura interior, lo que puede afectar algunos procesos internos de las plantas (Jaramillo J. *et al.*, 2007).



**Figura 1.4. Cubiertas**

### **Tipos de invernaderos**

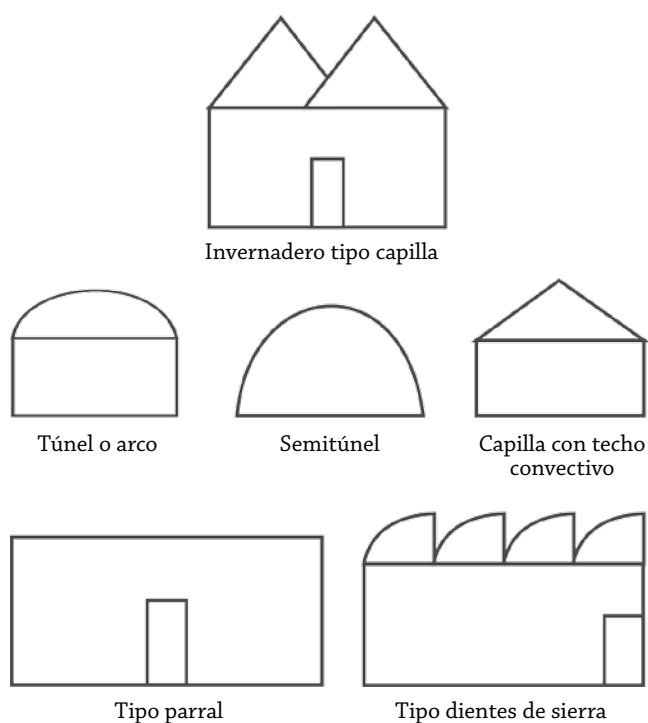
Los diferentes tipos de invernaderos emergen a través del tiempo conforme a las adaptaciones que van surgiendo gracias a los productores o fabricantes, teniendo en cuenta diversos factores de acuerdo con las condiciones de clima y topografía de cada región (Figura 1.5).

La sencillez o complejidad de la estructura depende del número de factores climáticos (tales como lluvia, viento, temperatura y humedad relativa) que



serán manejados para obtener el microclima adecuado para un cultivo en las diferentes etapas de crecimiento y producción. El tipo de estructura a utilizar dependerá de los siguientes factores: radiación solar, las temperaturas mínima y máxima durante el año, la distribución de las precipitaciones, la variación de la humedad relativa, el riesgo de las heladas o el granizo, la dirección o intensidad de los vientos, la altitud sobre el nivel del mar y la latitud.

Para definir dicho tipo de estructura se necesita contar con una serie de datos climáticos históricos. Es importante conocer las tecnologías de la construcción moderna a fin de lograr una estructura eficiente, segura y económica, razón por la que es aconsejable contar con la asistencia técnica especializada (Makishima y Alves, 1998).



**Figura 1.5. Tipos de estructura de invernaderos (Tomado de la circular técnica 'da embrapa hortaliças').**

### **Invernadero tipo túnel o arco**

Por su forma en arco ofrece gran resistencia a los vientos. Es recomendable para regiones con velocidades de viento superiores a 60 km/hora. Se trata de invernaderos que tienen una altura y anchura variables (Figura 1.6).





**Figura 1.6. Invernadero tipo túnel**

### ***Ventajas***

- Alta resistencia a los vientos y fácil instalación (recomendable para productores que se inician en el cultivo protegido).
- Alta transmisión de la luz solar.
- Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como para semi-rígidos.

### ***Desventajas***

- Relativamente pequeño, volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) con lo que puede ocurrir el fenómeno de inversión térmica.
- Solamente recomendado en cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutilla, etc.).

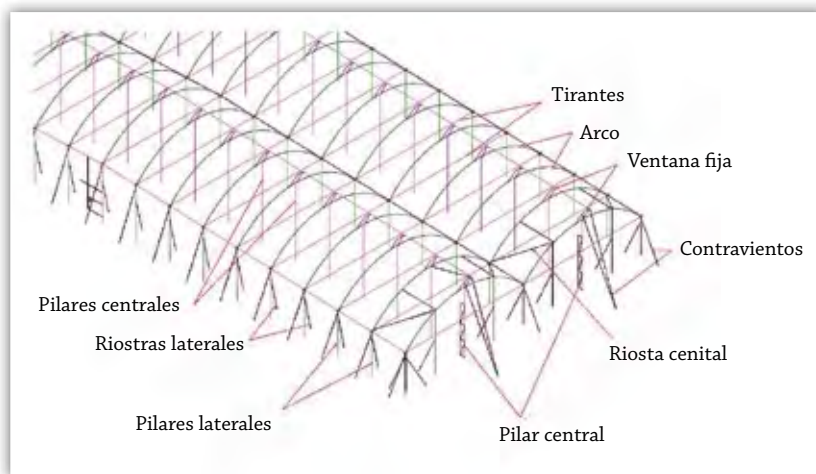
### **Invernadero semitúnel o semicilíndrico**

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo a causa de su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima **a canal** de este tipo de invernaderos oscila entre 3,5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2,5 a 4 m. El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m, permitiendo el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero. Cuando se unen varias naves se conoce como multitúnel (Figuras 1.7 y 1.8).





**Figura 1.7. Invernadero multitúnel**



**Figura 1.8. Plano de un invernadero metálico tipo semitúnel  
(Cortesía: Inverca Colombia)**

### ***Ventajas***

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

### ***Desventajas***

- La principal desventaja es su elevado costo inicial.



## **Invernadero tipo capilla**

Los invernaderos de capilla simple tienen el techo formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. La estructura puede ser semejante a un galpón. Funciona muy bien en regiones con altas precipitaciones pero tienen poca resistencia a los vientos, por lo que se deben diseñar estructuras resistentes. Generalmente es el primer modelo de invernadero que adoptan los agricultores (Figura 1.9).

El ancho que suele darse a estos invernaderos es de 10 a 12 metros. La altura en cumbre está comprendida entre 3,5 y 4 m. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a  $25^\circ$  no tiene inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas, la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.



**Figura 1.9. Invernadero tipo capilla**

### ***Ventajas***

- Construcción de mediana a baja complejidad.
- Utilización de materiales con bajo costo, según la zona (postes y maderos de eucalipto, pinos y otros).
- Apto para materiales de cobertura tanto flexibles como rígidos.

### ***Desventajas***

- Problemas de ventilación con invernaderos en grandes extensiones.
- Mayor número de elementos que disminuyen la transmisión (mayor sombreo).
- Baja estanqueidad, lo que dificulta su climatización.



## **Invernadero plano o tipo parral**

Se utiliza en zonas poco lluviosas. Su estructura se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una vertical y otra horizontal. La estructura vertical son los soportes y los paneles de plástico (tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado); la estructura horizontal constituye el techo con su estructura y lámina de plástico (Figura 1.10).



**Figura 1.10. Invernadero plano**

### ***Ventajas***

- Estructura relativamente económica.
- Gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

### ***Desventajas***

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.

- Entrada de agua al interior por goteo del agua de lluvia, ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas, debido a la acumulación de humedad relativa.
- No hay buena dispersión de los rayos del sol, en algunas horas del día, al interior del invernadero.

### **Invernadero tipo diente de sierra**

La característica principal que distingue este modelo es el diseño de la cubierta, semejante a los dientes de una sierra, siendo una de las más eficientes en cuanto a ventilación. La instalación debe ser en el sentido de los vientos predominantes. Es un poco deficiente en cuanto al aprovechamiento de la luz del sol. Dependiendo de la región, su utilización está limitada a cultivos no muy exigentes en luz (Figura 1.11).



**Figura 1.11. Invernadero tipo diente de sierra**

### **Invernaderos de cristal o tipo venlo**

Este tipo de invernadero, también llamado **venlo** (Figura 1.12), es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplea generalmente en el norte de Europa. El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3,2 m. Desde los canales hasta la cumbre hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1,65 m y una anchura que varía desde 0,75 m hasta 1,6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a los canales es de 3 m. En sentido transversal están separadas 3,2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4 m si se construye algún tipo de viga en celosía.





**Figura 1.12. Invernadero tipo venlo**

### **Ventajas**

- Buena estanqueidad, lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

### **Desventajas**

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado costo.
- Tiene naves muy pequeñas, debido a la complejidad de su estructura.

## **Ventajas y desventajas de la producción bajo invernadero**

Son múltiples las ventajas de la producción bajo condiciones protegidas (Sganzerla, 1987; Wittwer y Castilla, 1995; Zeidan, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007):

### **Ventajas**

- Protección contra condiciones climáticas extremas. Permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades, calentamiento, enfriamiento, sombrero y la presencia de rocío en los cultivos, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada.
- Control sobre otros factores climáticos. La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como el calentamiento, enfriamiento, sombrero y enriquecimiento con CO<sub>2</sub>.
- Obtención de cosechas fuera de época. Cultivando bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones



climáticas externas. De igual modo, hay una adaptación de la producción y el mercado a los requerimientos del mercado local y de exportación, extendiendo los periodos de producción y mercadeo, logrando así un aprovisionamiento continuo del producto.

- Mejor calidad de la cosecha. Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo; además, se permite la utilización de variedades mejoradas, como las de tipo larga vida.
- Preservación de la estructura del suelo. En ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento; así mismo, se disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por lo que las plantas adquieren mayor disponibilidad de ellos, reflejándose en mayor productividad por unidad de área.
- Siembra de materiales seleccionados. En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrolló materiales de alto rendimiento y larga vida, que exigen condiciones especiales con una producción que solo es viable bajo condiciones de invernadero.
- Aumento considerable de la producción. Es lo que estimula a los productores a aplicar esta técnica de producción. Una planta, expuesta a diferentes factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aún en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor.
- Ahorro en costos de producción. Al existir un ahorro en los costos de producción, se aumenta la producción por unidad de área, se produce un incremento en la eficiencia de los insumos agrícolas, se disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.
- Disminución en la utilización de plaguicidas. Al tener mejor control de organismos nocivos, se previene el ataque de enfermedades e introducción de insectos plaga; además, dentro del invernadero es posible la utilización de mallas y cubiertas para evitar la entrada de estos.
- Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo. Al tener altos rendimientos, no se requiere mucha área sembrada. El cultivo al estar protegido permite incrementos en la densidad de siembra por m<sup>2</sup>.
- Uso racional del agua y de los nutrientes. El ahorro de agua es importante, puesto que la producción bajo cubierta va acompañada de sistemas eficientes –como el riego por goteo–, y en el caso de los nutrientes, estos se agregan a



diario en fertirriego, lo que permite suministrar a la planta agua y nutrientes de acuerdo con sus requerimientos según el estado fenológico, evitando pérdidas por lixiviación.

- Realización de una programación en las labores del cultivo y de la producción. La primera cosecha es mucho más precoz, lo que permite un mayor periodo de producción y con esto mayor productividad por planta y por unidad de área.
- Mayor eficiencia en la utilización de mano de obra en épocas de lluvias. Esto sucede debido a que los operarios no requieren suspender sus labores, porque están protegidos de las precipitaciones dentro del invernadero en estas temporadas.
- Establecimiento de procesos de producción más limpia con énfasis en Buenas Prácticas Agrícolas.

Es importante anotar que todos estos factores se ven maximizados en la medida que pueda existir control climático dentro del invernadero.

### ***Desventajas***

- Alta inversión inicial. Para arrancar con el invernadero se requiere necesariamente de una infraestructura, cuyo costo depende de los materiales con que se construya, además de precisar de una inversión para el sistema de fertirrigación.
- Requiere de personal especializado. Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación. Sin embargo, tener personal capacitado hoy en día es más una necesidad y una ventaja para cualquier empresa; para el caso de los pequeños productores que no tienen fácil acceso a la asistencia técnica, el no tener personal especializado puede llevarlos a cometer errores en el manejo del invernadero y los cultivos.
- Alta supervisión. Requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un mejor control de plagas y enfermedades, y del desarrollo productivo del cultivo.

### **Parámetros a tener en cuenta para la elección de un invernadero**

- Tipo de cultivo (producción y calidad requeridas).
- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.
- Tipo de suelo: se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad, aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.



- Topografía: son preferibles lugares con pendiente pequeña orientados de norte a sur.
- Vientos: se toman en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- Mercado destino y demandas.
- Examen total de la zona (temperatura, humedad, condiciones físicas y químicas del suelo, etc.).
- Disponibilidad de mano de obra (factor humano).
- Reseña económica: ventajas económicas por fuentes de financiación. ([http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.htm)).

### Parámetros a tener en cuenta para la localización de un invernadero

(Sganzerla, 1987; Jaramillo *et al.*, 2007):

#### Sanidad del terreno

Verificar que el terreno esté en excelentes condiciones e indagar sobre su historial; en el caso de siembras de tomate evitar en lo posible sembrar en terreno donde se hayan cultivado especies como pimentón, berenjena, ají o uchuva, las cuales pertenecen a la familia botánica del tomate (solanáceas), cuyas plagas y enfermedades generalmente son las mismas. Así mismo, evitar terrenos que hayan sido basureros u otras actividades que puedan haber causado contaminación al suelo (Figura 1.13).



**Figura 1.13. Terreno adecuado para localización de un invernadero**



### ***Fertilidad del terreno***

Se debe realizar un análisis del suelo para evaluar tanto su condición física como su composición química y microbiológica, que permita determinar si reúne las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

### ***Drenaje del terreno***

Seleccionar el mejor suelo con un buen drenaje y fertilidad. Un alto nivel freático puede limitar considerablemente la producción de tomate, principalmente por el ataque de enfermedades.

### ***Disponibilidad y calidad de agua de riego***

Es indispensable que el invernadero esté cerca a fuentes de agua de excelente calidad, libre de contaminantes químicos y microbiológicos; por demás, debe existir un tanque de reserva para emergencias o épocas de sequía. El productor debe prever la cantidad de agua que será necesaria durante el desarrollo del cultivo, así como tener en cuenta los medios para su conducción y distribución.

### ***Cercano a la vivienda del productor y con buenas vías de acceso***

Lo mejor para el invernadero es estar ubicado lo más cerca posible a la vivienda del productor para ejercer una supervisión constante del cultivo por cualquier anomalía que se produzca.

### ***Historial de la información climática de la zona***

En lo posible, tener información acerca del comportamiento climático de la región, como temperaturas máximas y mínimas tanto diurnas como nocturnas; comportamiento de la humedad relativa en la madrugada y en las horas de la tarde; velocidad y dirección del viento; horas y cantidad de los niveles de radiación; cantidad anual y máximo de mm/hora de las lluvias; e información acerca de la presencia de heladas, granizo y fenómenos naturales.

### ***Alejado de caminos o zonas polvorientas***

El invernadero debe estar alejado de carreteras o caminos destapados (por el exceso de partículas de polvo), ya que la acumulación de polvo o residuos contaminantes pueden afectar la calidad del plástico y consecuentemente la luminosidad al interior del invernadero, afectando la calidad del producto y la productividad del cultivo; además, las partículas de polvo pueden causar heridas a las plántulas o bloquear la transpiración al depositarse en las hojas.

### ***Adecuada ventilación***

Ubicar el invernadero en zonas donde exista suficiente ventilación para favorecer la remoción del aire húmedo o caliente desde el interior del inver-



nadero y de esta manera evitar la alta o baja humedad relativa que favorece el desarrollo de enfermedades, plagas, desórdenes fisiológicos y problemas de calidad y productividad en la planta. Cuando predominan los vientos demasiado fuertes, también se producen condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas, especialmente condiciones de humedad relativa baja; por lo tanto, será necesaria la ubicación de barreras vivas para disminuir la velocidad del viento.

### ***Luminosidad***

Evitar ubicar el invernadero cerca de árboles altos, construcciones o barreras geográficas, como montañas, que impidan la entrada de luz al invernadero.

### ***Pendiente del terreno***

Lo ideal es ubicar el invernadero en zonas de topografía plana adecuando el drenaje del terreno, pero si el terreno presenta alguna pendiente, esta no debe superar el 20%.

### ***Orientación***

Es importante ubicar el invernadero en sentido norte sur o según los ángulos de radiación para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrió de las plantas a través del día.

## **Parámetros a tener en cuenta para la construcción de un invernadero**

### **Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados**

En la forma y modelo del invernadero lo aconsejable es tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo: funcional y de fácil operación, que permita el cultivo de otras especies, lo suficientemente fuerte como para soportar tanto condiciones climáticas extremas como el peso de las plantas y de los sistemas internos, y que tenga una máxima duración y una cobertura fácil de cambiar y de sencillo mantenimiento.

### ***El tipo y el peso de la cubierta***

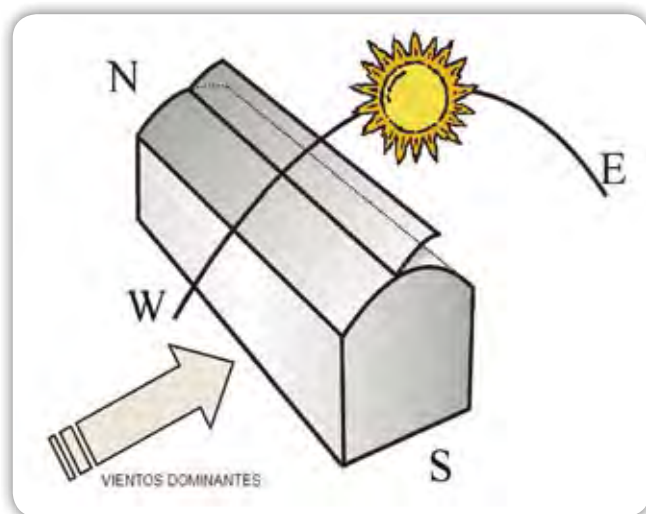
La cubierta debe tener materiales de calidad, durables, que garanticen la mayor resistencia del invernadero, que sean de fácil mantenimiento y económicos.



### **Luminosidad**

Cuando se planea la construcción, es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas.

La estructura debe estar orientada con su eje longitudinal en dirección norte-sur, de manera que el recorrido del sol sea paralelo a la curvatura del techo o caras del techo (Figura 1.14).



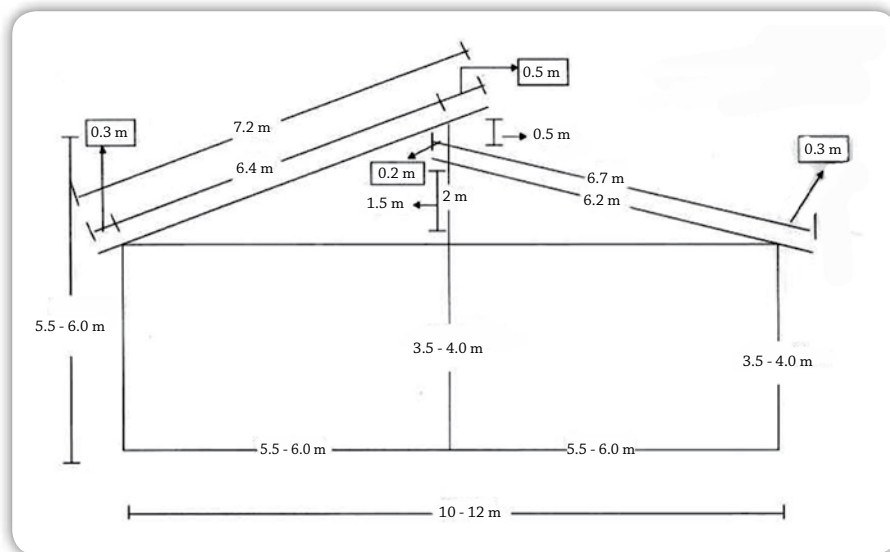
**Figura 1.14. Posición ideal del invernadero con respecto al sol y a los vientos dominantes**

Lo adecuado es que la estructura esté diseñada con materiales que no obstaculicen el paso de la luz. Una vez colocada la cubierta, esta empieza a acumular gran cantidad de polvo debido a la electricidad estática sobre su superficie, lo que reduce la transmisión de luz dentro del invernadero con un efecto negativo sobre la cantidad y calidad de la producción; por ende, dar una limpieza de mantenimiento al plástico mejora la transmisión de la luz. El plástico debe ser lavado con agua y un cepillo para facilitar la separación mecánica del polvo del plástico como mínimo cada año, y es conveniente no adicionar ningún tipo de detergente que pueda deteriorar dicho plástico.

### **Dimensión**

Naves de máximo 10 a 12 m de ancho, con una longitud máxima de 60 m, facilitan el manejo del cultivo y el control de las condiciones climáticas al interior del invernadero; no obstante, es importante tener en cuenta el clima de la zona donde se va a construir. Las instalaciones deben tener la altura necesaria para mejorar la inercia térmica y la ventilación.

Las alturas promedio para el invernadero son como mínimo de 3,5 m para la fachada debajo de la canal y para el centro del invernadero de 5,5 a 6 m. Es importante ubicar ventanas móviles en la fachada frontal y laterales para el control de la ventilación y la temperatura (Figura 1.15).



**Figura 1.15. Dimensiones de un invernadero tipo capilla**

### ***Dirección de los vientos***

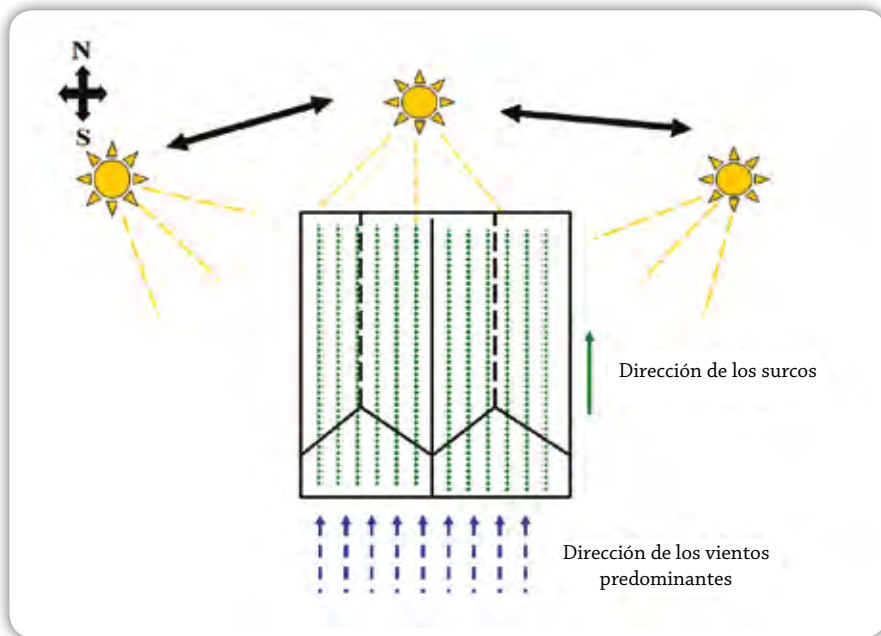
En la construcción de un invernadero se debe tener en cuenta la dirección e intensidad de los vientos, ya que en algunos casos se podrán utilizar para ventilación natural y en otros será necesario disminuir la intensidad por medio de cortinas rompevientos. Para la construcción del invernadero debe procurarse que los vientos predominantes entren a través de él, procurando que los surcos tengan la misma dirección para que las plantas cuando estén altas no sean una barrera de entrada para los vientos, como lo muestra la Figura 1.16. El invernadero debe frenar lo menos posible la velocidad del viento, con el fin de que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños. Sin embargo, cuando los vientos son demasiado fuertes se deben ubicar barreras rompevientos naturales (hileras de árboles) o cortinas artificiales (mallas) que disminuyan la velocidad de los mismos. La apertura cenital debe estar en dirección contraria al viento para evitar daños a la estructura y facilitar la salida del aire caliente.

### ***Orientación***

El invernadero se construye generalmente en dirección norte-sur, pues de esta manera se da una mejor captación de luz, aunque otros factores que la determinan son la dirección e intensidad de los vientos y la topografía del terreno.



La orientación de las líneas de cultivo (surcos) también debería estar en dirección norte-sur para mejorar la distribución de la luz en las plantas a lo largo del día, pero si la dirección del viento es contraria y los surcos impiden la circulación del viento con esta disposición, se prefiere cambiar la orientación de los surcos (Figura 1.16) (Jaramillo J. *et al.*, 2007).



**Figura 1.16. Orientación del invernadero**

## Características de un invernadero

### Materiales Empleados en Construcción de Invernaderos

Las estructuras de los invernaderos deben reunir las siguientes condiciones:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

Estas estructuras se convierten en uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de la solidez y de la economía, a la hora de definirse por un determinado tipo de invernadero. Los materiales más utilizados en la construcción de las mencionadas estructuras son: madera,



guadua, acero, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado. Es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material, ya que lo común es emplear distintos elementos (Pérez y Cortés, 2007).

Los materiales para la construcción de los invernaderos pueden ser muy variados. Para los marcos de la estructura se puede usar madera, guadua, acero galvanizado, aluminio, PVC o mixtos. Generalmente se usa la guadua, ya que es un material disponible en la mayoría de las regiones, económico, resistente y durable si se le realiza un tratamiento de inmunización (Figura 1.17); el acero galvanizado es algo más costoso pero es resistente, duradero y además permite que la estructura pueda ser trasladada cuando se requiera (Jaramillo *et al.*, 2007).



**Figura 1.17. Invernadero construido con guadua**

Según Castilla (1997), la variabilidad de materiales empleados en la estructura de los invernaderos nace de la amplia gama de materiales disponibles a nivel local en las distintas áreas geográficas.

La madera es un material ampliamente usado en los invernaderos de plástico. La geometría más apta para la construcción con madera es el invernadero de geometría recta tipo capilla (a dos aguas). La madera debe ser tratada para permitir una longevidad máxima de 15 años. Para la fijación de la lámina plástica sería deseable evitar el empleo de clavos o alambres que la perforen, lo que no siempre es fácil.

El empleo mixto de madera y tubos de acero no es frecuente, empleándose los tubos preferiblemente en la cubierta, sobre todo si es curva. A la par, los elementos estructurales metálicos son más adecuados que los de madera para



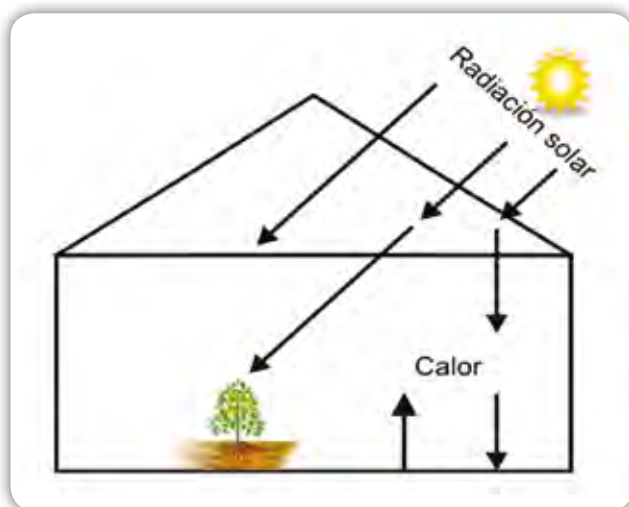
el caso de invernaderos de cubierta curva. Debe evitarse el contacto del metal con el film para limitar su envejecimiento prematuro por calentamiento, lo que puede conseguirse pintando o recubriendo los elementos metálicos.

Igualmente, el empleo de alambre como material de estructura no es frecuente, limitándose su empleo al invernadero tipo parral. En algunos casos, se usa más como elemento estructural que como auxiliar (de fijación de la lámina plástica, por ejemplo).

### **Material de Cobertura**

En general, el material que recubre la estructura debe ser transparente para asegurar que las plantas tengan suficiente luz para su crecimiento, de la cual una parte es utilizada en el proceso de fotosíntesis y el resto se convierte en calor, produciendo el famoso efecto invernadero (Figura 1.18). La cantidad y calidad de la luz solar, transmitida por el material que cubre el techo del invernadero, son factores que determinarán finalmente la calidad y el rendimiento del cultivo.

A excepción de las zonas climáticas con inviernos rigurosos en donde el material de cubierta es cristal o plástico rígido, el material más empleado es el plástico flexible.



**Figura 1.18. Acumulación interior de calor por el efecto invernadero**

Cuando una superficie está aislada del exterior por medio de una infraestructura transparente, un nuevo clima se crea en el interior. El nivel de la radiación interna es inferior al nivel de la radiación externa, dependiendo del tipo de



material, de la inclinación del sol y de la nitidez de la superficie transparente (Jaramillo *et al.*, 2007). Los materiales comúnmente utilizados para cubrir los invernaderos son el polietileno, el vidrio y el polipropileno.

Según Castilla (1997), un buen material para el cerramiento de invernaderos debe cumplir las siguientes condiciones:

- Ser de empleo económico, lo que no quiere decir que sea el más barato.
- Tener una duración acorde a sus características.
- Tener la máxima transmisividad a la radiación solar, especialmente en el rango espectral de la radiación fotosintéticamente activa (PAR).
- Tener una reducida transmisividad a la radiación infrarroja larga.
- Tener un coeficiente de conductividad térmico “K” lo más bajo posible, que limite su enfriamiento.
- No retener el polvo y residuos que puedan limitar sus buenas características iniciales de transparencia.
- No generar condensaciones de agua en forma de gota gruesa en su cara interior, que puedan gotear sobre el cultivo; por el contrario, la formación de gotas finísimas (o de capa fina) es deseable porque mejora sus propiedades térmicas y se desliza sin gotear por la cubierta (en caso de una pendiente adecuada).
- Presentar una adecuada resistencia a la abrasión, lo que es importante en áreas donde sean previsibles vientos que transportan arena.

Obviamente no existe un material ideal que reúna todas las características deseables, siendo necesaria una valoración local en cada caso para la elección del idóneo, a veces limitada por la exigencia de una determinada estructura para el material elegido.

En cuanto a la transmisividad, es necesaria la caracterización fotosintética y térmica de los materiales de cubierta de invernadero para una favorable elección, orientada a maximizar la radiación solar dentro del invernadero y a conseguir un adecuado efecto invernadero (si es lo que persigue) y una baja conductividad térmica.

**Polietileno:** Hoy en día el uso del polietileno es el más extendido debido a características tales como los costos, la versatilidad y el peso (Figura 1.19);



además que puede ser fabricado en diferentes espesores. Usualmente se utilizan plásticos de calibre seis con una vida útil que puede ir de los 18 a los 24 meses (Shany, 2007; Martínez, 2001).



**Figura 1.19. Película plástica de polietileno**

El polietileno es un plástico flexible, con una buena transparencia, resistencia, peso liviano y costo relativamente bajo, incluso de fácil manipulación y capacidad para soportar diversas condiciones climáticas.

En cuanto a los plásticos utilizados para invernaderos, estos deben tener tres propiedades: mecánicas, térmicas y ópticas.

Las propiedades **mecánicas** se refieren a la resistencia al impacto y la rasgadura, y a la concentración y tipo de bloqueador UV; este último es el más importante entre las propiedades mecánicas de un plástico, ya que provee a la lámina durabilidad, resistencia al envejecimiento por radiación y previene su degradación.

Las propiedades **térmicas** se logran mediante aditivos especiales agregados al polietileno durante su fabricación, que aumentan la capacidad del material para retener el calor (rayos infrarrojos) que trata de escapar del interior del invernadero. El indicador a tener en cuenta en este sentido es llamado **termicidad del polietileno**, y se refiere a la cantidad de calor que el material es capaz de retener para lograr el efecto invernadero, generalmente expresado en porcentaje (%). Por ejemplo, una termicidad del 50% quiere decir que el polieti-



leno retiene el cincuenta por ciento del calor que trata de escapar (Shany, 2007; Jaramillo, 2007).

Dicho calor está representado por los rayos infrarrojos, que son reflejados hacia el interior pero que tratarán de escapar nuevamente hasta hacerlo en su totalidad, es decir, la termicidad lo único que logra es aumentar el tiempo en que escapan los rayos infrarrojos pero no evita que se enfríe el invernadero después de un tiempo determinado. Lógicamente, esto se hace pensando en conservar energía durante las horas de la noche (Shany, 2007).

Los polietilenos llamados térmicos, obtenidos por medio de aditivos a base de silicatos de magnesio o de aluminio y que contienen estabilizantes de UV, dan mayor protección térmica al ser parcialmente opacos a la radiación calorífica o IR larga. En la preparación de estos materiales, la formulación acertada de las proporciones de aditivos es enormemente importante (Martínez, 2001).

Los aditivos térmicos en dosis elevadas reducen la duración de la lámina y la transmisión de la radiación solar, por lo cual no es posible agregarlos en cantidades suficientes para conseguir la opacidad total a los rayos IR largos. Las láminas de copolímero de Etileno Vinil Acetato (EVA) poseen también propiedades térmicas, o sea de menor transparencia a la radiación calorífica, pero conservando su alta transmisión al resto de las longitudes de onda (UV, visible de IR corta) (Martínez, 2001).

Sus inconvenientes, tales como la fijación de polvo y el estiramiento no recuperable, son los causantes de que no se difundan tanto como cabría esperar por sus buenas cualidades de transparencia a la luz y de aislamiento térmico. Del mismo modo que con el polietileno térmico, no se puede conseguir con el EVA una total opacidad de los rayos IR largos, puesto que al aumentar la proporción del acetato de vinilo se reduce la resistencia mecánica de la lámina y se aumenta su elasticidad. La proporción normal del acetato de vinilo en el EVA es del 14%, y el máximo del 18%. Por encima de estas cifras la resistencia mecánica se reduce mucho a causa del descenso del punto de reblandecimiento (Martínez, 2001).

Las propiedades **ópticas** son las que se refieren al paso de la luz a través del material, y tienen una influencia decisiva sobre la producción, calidad del fruto, balance energético en el invernadero y el comportamiento tanto de plagas como de enfermedades.

Estas propiedades se clasifican de acuerdo con la influencia sobre los diferentes campos de radiación (Jaramillo *et al.*, 2007):

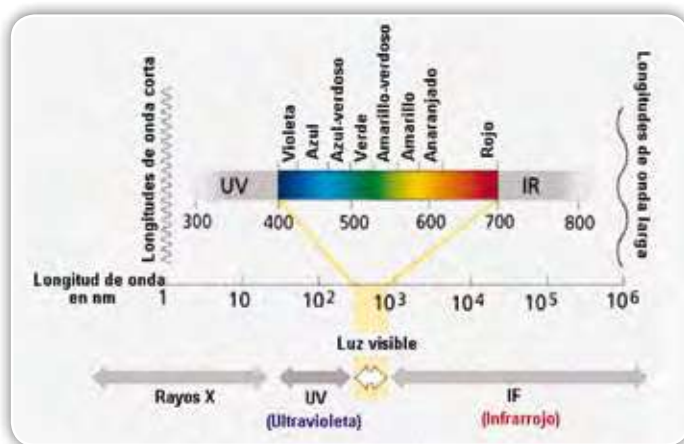


**Transmisión de luz total (luz visible):** se refiere a la cantidad de luz visible que el polietileno deja pasar hacia el interior del invernadero. La luz tiene forma de ondas, las cuales se miden en nanómetros ( $1 \text{ nanómetro (nm)} = 1 \times 10^{-9}$  metros). La luz visible tiene tamaños de onda entre 400 y 700 nm aproximadamente; dentro de ella se encuentra la luz fotosintéticamente activa, es decir, la luz que las plantas utilizan en su proceso de fotosíntesis, por eso es importante saber si el polietileno deja pasar una cantidad importante de luz o no, pues esta es requerida para el desarrollo óptimo de las plantas.

La transmisión de luz total se mide en porcentaje (%) y representa la cantidad de luz que traspasa el polietileno; por ejemplo, una transmisividad del 85% significa que el polietileno deja pasar el 85% de la luz que viene del sol y refleja el otro 15%.

**Transmisión de luz difusa:** este factor es importante en la producción de tomate bajo invernadero, donde hay un alto grado de sombrío entre las plantas. La alta difusión de la radiación ayuda a incrementar la eficiencia fotosintética en las partes en que no llega la luz directa del sol. Esta se mide en porcentaje (%); por ejemplo, una transmisión de luz difusa del 20% significa que de la luz total que traspasa el polietileno el 20% es luz difusa y el otro 80% es luz directa.

La parte del espectro, la cual es beneficiosa e imprescindible para los procesos biológicos vitales, es la luz visible (37% de la energía de la luz solar). La radiación UV (0,65%) y la radiación FR (Rojo lejano) y NIR (Infrarroja) cercana (62,4%), contribuyen principalmente al aumento de calor en invernadero durante el día (Figura 1.20).



**Figura 1.20. Espectro de la luz visible**



Es así como se califica una radiación generalmente negativa. Al incidir esta radiación sobre cuerpos oscuros (como por ejemplo, el suelo o las plantas) es absorbida, convirtiéndose en radiación de calor que es reflejada. Este calor se acumula dentro del invernadero. En la mayoría de los lugares del mundo no hay necesidad de incrementar la temperatura durante el día; al contrario, el problema siempre es cómo liberarse de los excesos de calor y de humedad. De aquí se puede concluir que una de las metas del material de cobertura, es filtrar y bloquear la máxima cantidad de radiación dañina y transferir la máxima radiación productiva.

- Para muchos cultivos es muy importante este último dato, el cual indica la cantidad de la luz disponible para el cultivo durante una época, un factor que influye mucho sobre los procesos como la floración, la fructificación, el color, la calidad de los frutos y el rendimiento final del cultivo. En países tropicales es conocido que la cantidad de luz solar efectiva es limitada debido a la alta nubosidad durante muchos días del año, y por eso es importante seleccionar películas de alta calidad para la cobertura de los invernaderos.
- Para saber cuál es la radiación de luz efectiva para el cultivo, hay que medirla dentro del invernadero a 2/3 de la altura de la planta.
- Para saber cuál es la efectividad de transparencia de la cobertura plástica del techo, hay que comparar la radiación interna con la radiación solar fuera del invernadero.

Hoy en día, la tecnología de la plasticultura nos permite no solamente manejar el control climático del invernadero sino también otros aspectos agrotécnicos, como se describirá a continuación.

**Aditivos especiales:** ciertos aditivos sobre el plástico tienen una influencia positiva sobre las plantas debido a efectos secundarios:

**Bloqueador UV:** este tipo de plástico tiene la capacidad de bloquear y filtrar la radiación ultravioleta del sol. Existen diferentes grados de bloqueo según la calidad química de la película; o sea, según la concentración y tipo de aditivos bloqueadores de UV en la película. De la misma manera, existen en la industria plástica diferentes tipos de productos que son bloqueadores UV. Antiguamente era común el uso de los metales, como el níquel, los que conferían a la película el típico color verde-amarillo. Hoy en día se los califica como cancerígenos, y por eso no son recomendables para el uso como coberturas de invernaderos.



Los materiales bloqueadores de UV modernos no confieren el color amarillo a la película, sino un color lechoso transparente. En los plásticos convencionales del tipo UV, el grado de la resistencia no es más de 30%.

En general, el plástico UV tiene mejor durabilidad que aquellos que no tienen esta resistencia. Podemos decir que cuanto mayor es el grado de resistencia, mayor será la durabilidad de la película. Esto se explica de la siguiente manera: la radiación UV del sol quiebra las conexiones de las moléculas lagar C=C del polietileno y causa la cristalización del plástico. La consecuencia es que la película pierde su calidad elástica. Se puede determinar que cuando la película pierde 50% de su capacidad elástica hay que cambiarla, pues terminó su vida útil.

Los plásticos UV de buena calidad tienen una vida útil en el campo de dos a tres años, dependiendo de la intensidad de la radiación solar, la temperatura y los productos químicos que se usan en el invernadero; además, son aptos para usar en cualquier región y condición climática. Son recomendables para la mayoría de los cultivos (Shany, 2007).

**Anti-vector:** estos plásticos tienen la capacidad de filtrar toda la radiación UV. La última innovación es que a través de esta propiedad se interviene en el comportamiento de los insectos (plagas) anulando su capacidad visual y reduciendo así su incidencia en el invernadero.

En una serie de investigaciones realizadas en los últimos años en varios institutos en Israel, se descubrió que los insectos ven y se orientan en el espacio usando, de cierta manera, la radiación ultravioleta. Este comportamiento fue aprovechado por la industria plástica en beneficio del manejo integrado de plagas. En invernaderos donde la cobertura es de tipo 'Anti-vector', los insectos plagas evitan acercarse, y si entran al invernadero, su actividad es prácticamente nula. En muchos ensayos llevados a cabo en Israel se demostró que con esta herramienta –la cual puede ser incorporada en la estrategia del MIP– bajo estos plásticos la incidencia de plagas trasmisoras de virus tipo mosca blanca, áfidos y trips, disminuye casi totalmente.

Los 'Anti-vector' controlan también ciertas enfermedades fúngicas tipo *Botrytis*. Según los ensayos realizados en Israel, en cultivos de hierbas aromáticas (albahaca, menta) se puede demostrar que estos hongos son incapaces de producir esporas cuando se elimina la radiación ultravioleta.

Igualmente, en cultivos de rosas rosadas estos plásticos tipo 'Anti-vector' contribuyen a bajar el síntoma de "flor negra" (Shany, 2007).



**IR:** son películas que contienen el aditivo bloqueador de la radiación infrarroja y que reflejan la radiación de onda larga emitida durante la noche por el suelo y las plantas, manteniendo así el calor del invernadero.

Las películas son muy aptas para usar en zonas frías, donde se requiere aumentar la temperatura durante la noche. A pesar de requerir medios adicionales en zonas muy frías (como por ejemplo, calentadores), estos plásticos son importantes, pues permiten el ahorro de energía y bajan el costo de la calefacción. Un punto interesante a tener en cuenta es que los plásticos IR tienen la capacidad de elevar la temperatura dentro del invernadero en alrededor de 3 °C en la noche, pero no juegan un papel importante en la elevación de temperatura dentro del invernadero durante el día. La diferencia en temperatura durante el día, comparado con un plástico regular, es de máximo 0,5 °C.

Hay que recalcar que estos plásticos de tipo IR no son aptos para usar en zonas cálidas, donde no se necesita calefacción en la noche (Shany, 2007).

**Difuso:** estas películas provocan una difusión del 60% de la radiación solar transmitida. Presenta ventajas principalmente en cultivos tutorados. En el caso de los plásticos regulares (los cuales influyen poco sobre la radiación directa), una gran parte de la luz solar es bloqueada por los ápices de las plantas, mientras que las partes más bajas de las plantas, que aún están en producción, se mantienen en sombras y sufren de deficiencia de luz fotosintética. Cuando la radiación es difusa, los rayos solares logran penetrar hasta las partes más bajas de las plantas obteniéndose una mayor producción. En plásticos regulares, solamente el 30% de la radiación transmitida es difusa (Shany, 2007).

**Anti-fog o Anti-goteo:** son películas de polietileno que en su capa interna contienen el aditivo 'Anti-drip', el cual reduce la tensión superficial de la gota, previniendo la condensación en forma de gota sobre el plástico y consecuentemente el goteo sobre las plantas, reduciendo la incidencia de enfermedades al desarrollarse condiciones de humedad. La transmisión de luz es más eficiente cuando no hay condensación sobre la película plástica.

Sobre películas con esta propiedad, las gotas de agua que se condensan durante la noche reciben una forma achatada –en vez de redonda– evitando el goteo sobre el cultivo. Las gotas de agua resbalan hacia los laterales de la nave y de allí drenan fuera del invernadero. En invernaderos que no tienen plásticos anti-goteo, el goteo de agua es un gran provocador de enfermedades del follaje. Con el uso de estos plásticos se pueden prevenir muchas de estas enfermedades.



Otra ventaja del anti-goteo es su mayor transparencia, favoreciendo, por lo tanto, una mejor penetración de luz. En un plástico regular, las gotas de agua que se condensan sobre la película, principalmente en las horas de la mañana, reducen en gran parte la radiación solar que llega a las plantas (Shany, 2007).

**Anti-dust o antipolvo:** este aditivo previene la acumulación de polvo sobre la parte superior de la película de plástico de tal manera que la penetración de la luz dentro del invernadero no es reducida, evitando el lavado del plástico para limpiar el polvo acumulado sobre la cubierta.

Es una película que en su capa superior tiene baja carga eléctrica y, consecuentemente, no atrae el polvo. El polvo por ser una arcilla también lleva una carga eléctrica, y tiene la tendencia de acumularse sobre los techos de plástico reduciendo la penetración de la luz solar. En ciertas áreas, este polvo produce hasta un 50% de sombra. Indudablemente, esta sombra afecta en forma negativa al cultivo en el invernadero (Shany, 2007).

**Combinación de propiedades:** hoy en día, dada la alta tecnología aplicada a la fabricación de láminas de polietileno, es posible exigir a la industria un plástico que posea todas las propiedades arriba mencionadas en una sola película. Todo depende, por supuesto, de las necesidades del cultivo. Esta tecnología, llamada 'extrusión en capas', utiliza una maquinaria moderna que inyecta los diferentes productos, siendo el producto final de una sola película. Cada capa contiene un diferente agregado. Cuando se coloca la película encima del invernadero, esta cumplirá con un determinado objetivo (Shany, 2007).

En la Figura 1.21 se demuestra un 'corte' esquemático de una película compuesta de polietileno.



**Figura 1.21. Diferentes capas de aditivos en una cubierta plástica (Shany, 2007)**

**Determinación de la calidad del plástico:** existen ciertos criterios para determinar la calidad de una película:

- El espesor. Para cobertura de invernaderos el espesor mínimo debe ser de 120 - 150 micrones (0,12 - 0,15mm). Cuanto mayor es su espesor, mayor su resistencia y duración. Sin embargo, si la película es de una buena calidad no es necesario utilizar un espesor mayor a los 150 micrones.
- La resistencia física (mecánica) se mide en laboratorios. Existen estándares internacionales que definen dicha propiedad. Según el estándar americano/israelí es 250 gr/0,15 mm (la resistencia depende del espesor del plástico). La película debe ser a la vez elástica y resistente al corte, y su elasticidad se mide a través de su capacidad de responder a la tensión. Una película nueva tiene que poder extenderse de 5 a 7 veces de su largo original.
- La calidad óptica determina el nivel de transferencia (T) de la película. En una película de buena calidad, la cantidad de la radiación visible transmitida debe ser de por lo menos 85% de la radiación total que llegue a la película.

$$T = I / I_0$$

T = 85%  
I = Radiación transmitida  
I<sub>0</sub> = Radiación total

- La resistencia fotoquímica establece la resistencia de la película a la descomposición por la radiación ultravioleta. Esta propiedad depende de la concentración del grado UV en la película y de su pureza. Es así como la resistencia fotoquímica determina la vida útil de la película y su calidad agrotécnica. Por otro lado, la concentración del producto UV se mide en laboratorios mediante análisis químicos y fotométricos; a su vez, la resistencia UV de la película depende también de su espesor y de su pureza. En el proceso de la producción de la película, esta puede contaminarse con diferentes materiales o con burbujas de aire. Es allí, en esos puntos “sucios”, donde comienza la oxidación y la descomposición de la película, estimulada por la energía de la radiación UV (Shany, 2007).

**Mantenimiento del plástico:** con el objetivo de alargar la vida útil del plástico (ya colocado encima del invernadero) y aprovechar mejor sus cualidades aerotécnicas, hay que seguir ciertas reglas y principios de mantenimiento:



1. Colocación correcta de la película. La película debe ser colocada del lado correcto. La parte del 'anti-polvo' (si es que hay) debe colocarse hacia arriba (fuera), y el 'anti-goteo' hacia abajo (adentro).
2. Ajuste de la película. Si se esperan vientos fuertes, debe ajustarse el plástico con cintas gruesas de lona colocadas por encima del mismo en forma diagonal.
3. Blanqueado (pintura agrícola especial). Deben pintarse de blanco todas las barras metálicas de la estructura que tienen contacto con el plástico, ya que con el calor del sol estas se calientan y funden el polietileno. Además, deben revestirse los extremos de las barras y tablas con alguna tela o con trozos de plástico para evitar el rasgado de la película.
4. Lavado de los techos. Los techos deben lavarse como mínimo cada seis meses, a fin de extraer el polvo acumulado (la capa de polvo reduce la penetración de la luz y el potencial productivo del cultivo). Usando plásticos regulares y en zonas polvorientas, el lavado debe realizarse una vez al mes, usando plástico anti-polvo cada tres meses.
5. Uso de productos para fumigación a base de azufre. Estos productos afectan negativamente al polietileno y causan su rápida destrucción. Las películas del tipo UV son más resistentes.
6. Reemplazo de la película. Cada tipo de polietileno tiene una determinada vida útil, la cual depende de su calidad, espesor, condiciones climáticas regionales y manejo agrotécnico en el invernadero. El uso frecuente de productos químicos volátiles, especialmente aquellos a base de azufre, causan una rápida destrucción del polietileno. Después de uno o dos años, la película empieza a perder sus características, su transparencia disminuye, su estabilidad UV se reduce y así también sus otras cualidades. En tal caso, la película ya no sirve desde el punto de vista agrotécnico, el cultivo empieza a sufrir y es el momento adecuado para reemplazarla. Generalmente, se determina este momento cuando la transparencia de la película se reduce en un 30% de su capacidad inicial; por ejemplo, si la capacidad inicial de transparencia de la película nueva es de 80% de la radiación solar, cuando la transparencia baja a 50% hay que cambiar la película (Shany, 2007).

### Características estructurales

En primer lugar, la estructura del invernadero debe estar diseñada de manera tal que aproveche al máximo la entrada de luz y favorezca la ventilación al in-



terior, al tiempo que resiste el embate de los vientos fuertes. Seguidamente, es necesaria la instalación de cortinas enrollables sobre cada pared para posibilitar la ventilación. Las cortinas laterales deben ser divididas en dos o más secciones para facilitar su manejo (Figura 1.22).



**Figura 1.22. Ventanas para ventilación**

Por otra parte, se recomienda tener doble entrada para el conveniente movimiento del producto. Cada invernadero debe tener una puerta o estructura para cerrar la entrada, evitando en la noche el ingreso de aire frío que desplace el aire caliente al interior del invernadero (Figura 1.23).



**Figura 1.23. Doble entrada al invernadero**



En invernaderos que no tengan problemas de ventilación se pueden instalar vigas horizontales para la ubicación de mallas que permitan sellar completamente la estructura, impidiendo así la entrada de insectos (Figura 1.24).



**Figura 1.24. Malla anti-insectos**

Ahora bien, el invernadero debería estar preparado para la instalación de equipos para el control del clima, como ventiladores para calentamiento y circulación del aire, equipos para aplicación de plaguicidas, pantallas térmicas y otros.

Es importante colocar vigas o postes perpendiculares a los surcos del cultivo para la instalación del sistema de tutorado. El alambre debe ir de poste a poste a lo largo del cultivo, y los postes deben de ir en cada extremo del invernadero y no estar soportados en la estructura del mismo. Finalmente, el alambre del tutorado que va paralelo a los surcos del cultivo debe ser de acero blando galvanizado y tener un diámetro de 3 a 3,5 mm.

### **Características de un invernadero para cultivar tomate**

Según Zeidan (2005), un invernadero para cultivar tomate debe tener las siguientes particularidades:

1. Un invernadero para cultivar tomate debe estar diseñado para soportar una carga vertical de  $35 \text{ kg/m}^2$ .
2. Lo ideal es que el invernadero sea diseñado y autorizado por un ingeniero.



3. Es conveniente utilizar materiales de construcción durables y resistentes.
4. La dirección de los invernaderos debe ser de norte a sur para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrero en las plantas a través del día.
5. Si el invernadero no tiene aberturas en el techo, la longitud estaría limitada de 36 a 40 metros para favorecer la aireación.
6. La altura del tutorado requerida para producir tomate es como mínimo de 2,50 m.
7. Es adecuado que la distancia entre invernaderos sea de al menos 6 m.
8. Un invernadero, aparte de soportar velocidad de viento hasta 150 km/h, debería tener una vida útil de mínimo 10 años.
9. Es recomendable instalar tensores alrededor del invernadero para reforzar su resistencia a vientos fuertes.
10. Los invernaderos deben ser construidos con una pendiente de 0,5% a 1,0% tanto lineal como lateral para el eficiente drenaje de las lluvias.
11. Es fundamental tener una entrada accesible para la circulación del equipo y conveniente remoción y transporte de fruto.

### Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero

- Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
- Maximizar la fotosíntesis de las plantas brindando las condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
- Asegurar la calidad y tamaño del fruto mediante una adecuada fertilización y poda.
- Facilitar el consumo de agua.
- Mantener el microclima de las hojas.
- Realizar periódicamente análisis físicoquímicos del suelo y análisis químico del agua de riego.
- Eliminar restos de vegetales del cultivo anterior y malas hierbas.
- Usar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.



- Utilizar densidades de siembra adecuadas para conseguir una buena ventilación e iluminación de las plantas.
- Eliminar plantas enfermas o partes de ellas.
- Realizar podas oportunas.
- Fertilización equilibrada de acuerdo con las necesidades del cultivo.
- Efectuar rotación de cultivos.
- Limpiar y desinfectar las herramientas de trabajo.
- Limpiar y desinfectar el invernadero, si es posible, antes de iniciar un nuevo ciclo.
- Usar ventilación adecuada para evitar el exceso de humedad.
- Evitar el goteo de agua de condensación de los techos.
- Practicar un adecuado mantenimiento al invernadero.
- Aplicar un principio de manejo integrado de plagas y enfermedades, combinando métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
- Controlar los costos de producción.

(Jaramillo *et al.*, 2007)

### ***Cómo alcanzar las metas***

- Analizando las condiciones y necesidades de la zona.
- Con una debida planeación agronómica.
- Llevando registros de todas las labores de producción.
- Haciendo planeación de las operaciones.
- Especificando cómo se hace cada trabajo.
- Entrenando todo el personal.
- Estando preparados con procedimientos de emergencias.

(Jaramillo *et al.*, 2007)



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa Dos Reis, N. V. (2000). *VI Curso Internacional de Produção de Hortaliças*. Brasília – DF: Embrapa. 27 p.
- Castilla, N. (1997). *Bioproductividad de las Hortalizas en Cultivo Protegido*. Extracto de la conferencia presentada en el 'Foro Internacional de Cultivo Protegido'. Botocató-Sao Paulo-Brasil. 9 p.
- Jaramillo, Jorge. (2007). Agricultura Protegida, una Alternativa para la Horticultura. En: Frutas y Hortalizas. *Revista de la Asociación Hortofrutícola de Colombia, Asohofrucol*, (5): nov-dic 2007: 38-41.
- Jaramillo, Jorge; Rodríguez, Viviana; Guzmán, Miryam; Zapata, Miguel y Rengifo, Teresita. (2007). *Manual técnico BPA en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Colombia: Corpoica, FAO-MANA. Primera edición. 314 p.
- López G. J.; Salinas A, J.A. (2000). *Climatización Invernaderos. Efectos Ambientales y Tecnología en el Sistema de Cultivo Forzado*. P. 67-85.
- Makishima, Nozomu y Alves C., Osmar. (1998). *Cultivo protegido do tomateiro. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças*. Brasília, DF. 18 p.
- Martínez, P. F. (2001). *Materiales plásticos para cubierta de invernadero*. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Agencia Española de Cooperación Internacional. 15 p.
- Pérez R., Hernando y De Paul C., Cortés. (2007). *Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero*. Bogotá: Trabajo de Grado Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería y Automatización Electrónica. 86 p.
- Sganzerla, E. (1987). *Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos*. Brasil: Porto Alegre. Petroquímica Triunfo. 297 p.
- Shany, M. (2007). *Tecnología de producción bajo cobertura*. Israel: Edición Ing. Agr. Evelyn Rosenthal. 69 p.
- URL [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.htm)
- Wittwer S., H. y Castilla, Nicolás. (1995). *Protected Cultivation of Horticultural Crops Worldwide*.
- Zeidan, O. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Israel: Mas-hav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. 99 p.





# CAPÍTULO 2 III

## CONTROL CLIMÁTICO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>2</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>3</sup>  
Juan Felipe Restrepo<sup>4</sup>

Las condiciones climáticas locales son determinantes del microclima generado dentro de un invernadero y de su manejo futuro, por lo que su conocimiento previo es necesario al construirlo. El clima de una zona está condicionado por los intercambios radiactivos entre el sol y la tierra. Los elementos más importantes del clima para los invernaderos son: la radiación solar, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, y las precipitaciones.

El crecimiento y desarrollo de los cultivos está influenciado por el clima, donde los procesos de fotosíntesis, respiración, división y expansión celular, y toma de nutrientes y agua, se ven modificados principalmente por la temperatura, luminosidad, humedad, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) (López *et al.*, 2001).

A su vez, estos factores están íntimamente relacionados entre sí y actúan sobre el crecimiento vegetativo (Figura 2.1) posibilitando la absorción por raíces y hojas de las soluciones del suelo, en condiciones de humedad óptima y

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

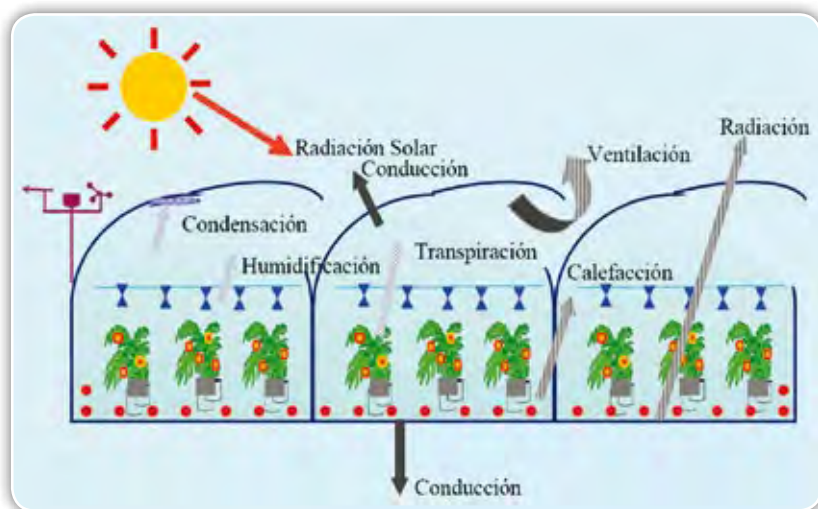
2. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto:pagui18@gmail.com)

4. Ingeniero Agrícola. MSc. Director técnico Inverca Colombia. [frestrepo@centroaceros.com](mailto:frestrepo@centroaceros.com)



temperatura controlada; favoreciendo la producción de elementos orgánicos por medio de la fotosíntesis; permitiendo la transpiración del vapor de agua excedente en la planta cuando la humedad no es excesiva y la temperatura es la apropiada; y facilitando la respiración óptima del vegetal en un medio provisto de oxígeno y valores normales de  $\text{CO}_2$ , temperatura y humedad relativa (Ferrato y Panelo, 2003).



**Figura 2.1. Incidencia de factores climáticos sobre las plantas dentro de un invernadero.** Fuente: Inverca

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de ellos incide sobre el resto.

Generalmente, las condiciones ambientales de los invernaderos no climatizados distan de ser las óptimas para el normal desarrollo de los cultivos. En ellos, la transmisividad es baja, especialmente en días nublados y lluviosos. Los sistemas de ventilación son ineficientes para mantener unos niveles térmicos e higrométricos aceptables debido, principalmente, a la ausencia o escasez de ventanas cenitales. La deficiente ventilación contribuye a reducir los niveles de  $\text{CO}_2$ , con incidencia negativa sobre la producción (Castilla, 1998).

Cuando las condiciones ambientales dentro del invernadero son adversas para el normal desarrollo del cultivo, se debe acudir al control climático (Figura 2.2) (Jaramillo *et al.*, 2007).





**Figura 2.2. Efecto invernadero y control climático**

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero (sistema de calefacción, ventilación y el suministro de fertilización carbónica) buscando mantener los niveles adecuados de radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub>, para así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo (Figura 2.3).



**Figura 2.3. Equipos de control climático dentro del invernadero**



## ▶ VENTAJAS DEL CONTROL CLIMÁTICO

- Mejora el estado fisiológico de la planta.
- Reduce las enfermedades.
- Reduce los desórdenes fisiológicos.
- Incrementa la producción.
- Adelanta la producción.
- Favorece tanto el manejo integrado del cultivo como el manejo integrado de plagas y enfermedades.
- Es más cómodo para el agricultor.

<http://www.fundacioncajamar.es/estacion/agrdatos/Seminarios/20081029/PresentacionControlClimatico.pdf>.

### Temperatura

Normalmente durante el día la temperatura en el invernadero es mayor que en el exterior, pero durante la noche, en la que no existe aporte de radiación solar, el suelo se comporta como un cuerpo negro y emite energía en forma de calor hacia el exterior. Esto es lo que se conoce como 'efecto invernadero'. En la medida en que el material de cubierta del invernadero sea más o menos impermeable a la radiación, esta se reflejará de nuevo hacia el suelo y la temperatura del interior será mayor o menor durante la noche. Cada especie vegetal en las etapas de su ciclo biológico necesita para su desarrollo normal un rango óptimo de temperaturas.

El balance de energía de un invernadero pasivo depende de los aportes o ganancias y de las pérdidas de calor que tenga el sistema (Caldari, 2007; Castilla, 1998).

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Tabla 2.1). Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada.

En el cultivo de tomate, las temperaturas mayores de 32 °C en el día y 22 °C en la noche, o temperaturas por debajo de los 18 °C en el día y de 10 °C en la noche son consideradas perjudiciales para la planta de tomate e interfieren en una adecuada floración y en el proceso de llenado de frutos (Zeidan, 2005).



**Tabla 2.1. Exigencias de temperatura para algunas especies hortícolas**

	Tomate	Pimentón	Berenjena	Pepino	Melón	Sandía
<b>T° mínima letal</b>	0 - 2	(-1)	0	(-1)	0 - 1	0
<b>T° mínima biológica</b>	10 - 12	10 - 12	10 - 12	10 - 12	13 - 15	11 - 13
<b>T° óptima</b>	13 - 16	16 - 18	17 - 22	18 - 18	18 - 21	17 - 20
<b>T° máxima biológica</b>	21 - 27	23 - 27	22 - 27	20 - 25	25 - 30	23 - 28
<b>T° máxima letal</b>	33 - 38	33 - 35	43 - 53	31 - 35	33 - 37	33 - 37

La temperatura en el interior del invernadero depende de la radiación solar incidente, comprendida en una banda entre 200 y 4.000 nm. El aumento de la temperatura en el interior del invernadero se origina cuando el infrarrojo largo, proveniente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, emiten radiación de longitud más larga, y tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero (Caldari, 2007).

El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, calentando y enfriando. La conducción es producida por el movimiento del calor a través de los materiales de cubierta del invernadero; la convección tiene lugar debido al movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero; y la infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire fresco del exterior a través de las juntas de la estructura y la radiación, por el movimiento del calor a través de la zona transparente (Caldari, 2007).

Las temperaturas superiores o inferiores al rango óptimo originan estrés térmico sobre la planta e inciden sobre los procesos metabólicos y la producción de materia seca, razón por la que afectan la productividad de los cultivos. La duración temporal y la intensidad del estrés térmico marcan la posibilidad de restablecer la actividad metabólica al nivel inicial, después de volver a unas condiciones más favorables. En unos casos puede producirse una recuperación parcial, en otros se pierde definitivamente esta opción (Castilla, 1998).

Cuando la temperatura desciende por debajo de los 10 - 12 °C, las especies termófilas, entre las que podemos considerar la mayoría de las hortalizas que se cultivan bajo protección, presentan las siguientes alteraciones (Lorenzo, 2001):



- Reducción del crecimiento; especialmente de la elongación, la expansión foliar y, en consecuencia, de la radiación absorbida por el cultivo.
- Disminución de la tasa de asimilación neta.
- Depresión de la respiración.
- Reducción del transporte y distribución de asimilados.
- Disminución de la absorción de agua y sales minerales debido a: aumento de la viscosidad del agua, aumento de la resistencia del tejido de la planta por la disminución de permeabilidad de la membrana celular, reducción de la absorción y acumulación activa de iones, y disminución del crecimiento de la raíz.
- Cambios anatómicos y morfológicos (tendencia a desarrollar hojas más anchas y cortas, reducción de la longitud del pecíolo, aumento del grosor de la hoja y disminución del área foliar específica).
- Pérdida de fertilidad.
- Envejecimiento precoz del tejido fotosintético por necrosis celular.

Los niveles de temperatura que maximizan la producción se sitúan entre 16 y 20 °C para el periodo nocturno, y 22 y 30 °C para el diurno; no obstante, normalmente divergen del óptimo económico debido a los elevados consumos de energía que ellos suponen, haciéndose necesario gestionar el aporte de calor mediante estrategias de manejo climático (Lorenzo, 2001).

El aporte de calor en el interior del invernadero mediante sistemas de calefacción permite el control de la temperatura durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos, como resultado, posibilita programar la producción de fruto. El objetivo final será el control de la temperatura de forma dinámica buscando optimizar el aporte de calor al invernadero, lo que significa maximizar continuamente la diferencia entre la tasa de producción y el consumo energético, modificando la temperatura en función del resultado económico (López *et al.*, 2000).

## **Radiación**

La radiación solar es la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas y el principal insumo de bioproductividad vegetal. La parte de la radiación solar que es útil para la fotosíntesis de las plantas es designada como “Radiación Fotosintéticamente Activa” o PAR (iniciales de la expresión en inglés). Normalmente denominamos luz a la parte de la radiación solar que es visible para el ojo humano (Castilla, 2001).

Durante el día, una parte de la radiación total que incide sobre la cubierta del invernadero se pierde por reflexión y otra es absorbida por el material de



cubierta. El resto pasa al interior, donde una fracción de la misma es absorbida por la vegetación, por el suelo y por los componentes estructurales del invernadero, y otra es reflejada por los mismos elementos; de esta última, una parte se pierde saliendo a la atmósfera exterior y otra queda retenida en el invernadero. Entonces, la energía total ganada se destina al calentamiento de los elementos estructurales y de cubierta, de la vegetación y del suelo, y además al sostenimiento de los procesos de evaporación y fotosíntesis. Las pérdidas de radiación por reflexión dependen del ángulo de incidencia de los rayos solares con relación a la cubierta, el índice de refracción del material de cubierta y la longitud de onda de las radiaciones (Ferrato y Panelo, 2003).

La fracción de radiación solar global transmitida dentro de un invernadero es designada como transmisividad global del invernadero. Dicha transmisividad es función, entre otros factores, de las condiciones climáticas (principalmente nubosidad, que determina la proporción de radiación directa y difusa), la posición del sol en el firmamento (dependiendo de la fecha y hora del día y de la latitud del lugar), la geometría de la cubierta del invernadero y su orientación (este-oeste, norte-sur), el material de cerramiento (características ópticas y radiométricas, estado de limpieza, condensación de agua en el interior) y de los elementos estructurales y equipos del invernadero que limitan al sombrear la radiación dentro del invernadero (Bot, 1983 y Zabeltitz, 1998 - citados por Lorenzo, 2001).

La transmisividad a la radiación solar directa variará en función del ángulo de incidencia (que forman el rayo solar y la perpendicular a la cubierta del invernadero), siendo la transmisividad mayor cuanto menor sea dicho ángulo; es decir, cuanto más perpendicularmente incida la radiación sobre la cubierta del invernadero (Bot, 1983 - citado por Lorenzo, 2001).

Las pérdidas de radiación por absorción varían con cada material de cubierta en función del espesor y de los componentes de su formulación. Durante el día, también importa el poder de dispersión (difusión) de la luz del material de cubierta. Durante la noche, desde el invernadero se emite radiación infrarroja de onda larga. Cuanto más opaco a la radiación de onda larga sea el material de cubierta, menor será la pérdida por radiación emitida a la atmósfera exterior. El diseño de la estructura y la orientación, junto con el material de cubierta, son los factores que más influyen en el microclima que se genera. La vertiente que mira a la dirección del sol a mediodía, debe ofrecer la mayor perpendicularidad a los rayos solares. Igualmente, la cubierta debe transmitir la máxima radiación solar durante el día y durante la noche debe presentar opacidad máxima a la radiación



infrarroja de onda larga procedente del suelo, de la vegetación y de la estructura del invernadero. Para seleccionar adecuadamente un material de cubierta, es preciso conocer sus propiedades físicas, químicas y ópticas (Ferrato y Panelo, 2003; Castilla, 2001).

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la humedad relativa y el  $\text{CO}_2$  para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores (Pérez y Cortés, 2007).

## Luz

Es un factor imprescindible para llevar adelante una serie de procesos fisiológicos en las plantas; siendo el más importante de todos la fotosíntesis. Los pigmentos vegetales involucrados en este proceso son las antocianinas (azul, roja y púrpura en color), los carotenoides (naranjas y amarillos en color) que absorben 450 - 500 nm (azul y verde) y que pueden cambiar energía con la clorofila para ayudar en la fotosíntesis; y los fitocromos, que absorben la luz roja (660 nm) y la luz roja extrema (730 nm), siendo responsables por la fotomorfogénesis y por las respuestas de fotoperiodismo. Las hojas absorben eficazmente la luz en las longitudes de onda de las regiones del azul (400 - 500 nm) y rojo (500 - 600 nm) del espectro de radiación solar. Los fitocromos, fotorreceptores de las plantas, tienen su máxima sensibilidad en las regiones del rojo (R) y rojo lejano (RL) del espectro. Baja relación R:RL causa una reducción en la proporción de fitocromos que están en la forma activa, y esta reducción estimula la elongación del tallo. La alta relación R:RL favorece la fotosíntesis y, por tanto, hay mayor producción de azúcares y materia seca, estimulando el crecimiento. Las longitudes de onda que las plantas utilizan son llamadas de luz fotosintéticamente activa o PAR (400 a 700 nm, cerca de 45% a 50% de la radiación global).

La luz actúa sobre la asimilación de carbono, la temperatura de las hojas y en el balance hídrico, y además en el crecimiento de órganos y tejidos, principalmente en el desarrollo de tallos, expansión de hojas y en la curvatura de tallos; interviene también en la germinación de semillas y en la floración. La luz y la temperatura están directamente correlacionadas. A mayores niveles de luz hay mayor temperatura, y a mayores niveles de temperatura hay mayor transpiración y consumo de agua. Así mismo, a mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la humedad relativa (HR) y el gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.



La calidad de la luz varía ligeramente en la naturaleza, principalmente de acuerdo con la localización de la producción o invernadero. Esta tiene influencia en la tasa de fotosíntesis. A mayor altitud, las plantas están más expuestas a longitudes de las fracciones azul y ultravioleta del espectro de radiación, mientras a nivel del mar, la luz es en parte filtrada y su calidad disminuida. Plantas que son cultivadas en una condición o influencia de mucha sombra reciben abundante luz de las fracciones azul y roja, y tienen su crecimiento perjudicado, ya que crecen más largas y delgadas debido a una tasa fotosintética más baja. Por su parte, intensidades de luz muy altas pueden reducir el crecimiento por resultado de un 'estrés hídrico' (Caldari, 2007).

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicos por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc.; el vapor de agua, por la difusión atmosférica por la partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua; y la reflexión de las nubes, por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de ella (Caldari, 2007).

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa (HR) es la masa de agua en unidad de volumen o en unidad de masa de aire y es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta (Castilla, 1998).

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para desarrollarse en perfectas condiciones: en el tomate, el pimentón y la berenjena la humedad relativa óptima está sobre el 50% - 65%; en el melón, entre el 60% - 70%; en el calabacín, entre el 65% - 80% y en el pepino entre el 70% - 90%.

La humedad del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, por lo que pueden deshidratarse, además de los comunes problemas del mal cuajado de los frutos.



Para que la humedad relativa se encuentre lo más cerca posible de lo óptimo, el agricultor debe ayudarse del higrómetro. El exceso puede reducirse mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, llenando recipientes de agua y pulverizando agua en el ambiente. En estos casos, la ventilación cenital en invernaderos con longitud superior a 40 cm es muy recomendable, tanto para el control de la temperatura como de la HR (Pérez y Cortés, 2007).

## **CO<sub>2</sub> en Invernaderos**

Uno de los factores determinantes de la producción de cultivos protegidos es la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera del invernadero. El carbono es un elemento fundamental para la vida, ya que comprende alrededor del 40% - 50% de la materia seca de los organismos vivos, y lo adquieren las plantas del ambiente en forma del CO<sub>2</sub> tomado del aire (Lorenzo, 2001). Dicho CO<sub>2</sub> entra a las plantas por los poros (estomas) de las hojas cuando este es asimilado por los carbohidratos y otras sustancias de la planta (Bakker, Bot, Challa y Van De Braak, 1995).

Los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> en un invernadero son usualmente diferentes a los de afuera y están sujetos a una concentración fluctuante (Lorenzo, 2001). En invernaderos es comúnmente observado que la concentración de CO<sub>2</sub> disminuye por debajo del nivel ambiental, lo que también es llamado 'agotamiento', el cual es causado por el dióxido de carbono tomado por el cultivo y la insuficiencia de flujo del mismo (ninguna fuente y poco aire para refrescar); esto se remedia mediante el aporte externo de aire por ventilación o alguna fuente artificial de CO<sub>2</sub> (Figura 2.4). En el caso de agotamiento del CO<sub>2</sub>, el intercambio de aire implica flujo de este (Bakker *et al.*, 1995).

El agotamiento de dióxido de carbono se incrementa cuando la tasa de asimilación neta del cultivo es elevada (alta radiación, dosel vegetal cerrado) y la renovación del aire en el interior de las estructuras es baja (baja velocidad del viento en el exterior) (Lorenzo, 2001).

La incorporación de mallas anti-insectos en las ventanas del invernadero para proteger los cultivos de plagas y enfermedades reducen considerablemente la tasa de ventilación del invernadero; estas barreras físicas dificultan el intercambio de aire interior-exterior y la renovación de CO<sub>2</sub>. La ventilación natural en muchos casos resulta insuficiente para restablecer la concentración del dióxido en el interior de las estructuras de cultivo, especialmente cuando se producen altas tasas de asimilación (Lorenzo, 2001), siendo necesaria la utilización de ventilación forzada.





**Figura 2.4. Sistema de aplicación de CO<sub>2</sub>**

La elevación adicional de la concentración de CO<sub>2</sub> se intenta a menudo solamente cuando la tasa de ventilación no es adecuada. El nivel óptimo es cerca de dos a tres veces el nivel ambiente, 350 ppm; y el método más simple y económico de reducir el agotamiento del CO<sub>2</sub> es aumentar el intercambio de aire.

El nivel de dióxido de carbono que se puede mantener en un invernadero por el enriquecimiento depende de varios términos en su balance, la tasa de la fuente, la tasa de intercambio con el exterior, su asimilación por el cultivo y la producción de este por la degradación de material orgánico.

Este gas de la atmósfera también se puede controlar en el ambiente de los invernaderos. La disminución de la concentración de CO<sub>2</sub> depende del número de renovaciones que se realicen de la atmósfera confinada y de la actividad fotosintética. El contenido de CO<sub>2</sub> por la noche es alto debido a la respiración de las plantas, pero no causa preocupación; en las primeras horas de luz solar es cuando la concentración es mayor. En las horas del mediodía y posteriores, la concentración disminuye (Bakker *et al.*, 1995).

Los niveles aconsejados de CO<sub>2</sub> dependen de la especie o variedad cultivada, así como de la radiación solar, la ventilación, la temperatura y la humedad. El óptimo de asimilación está entre los 18 y 23 °C de temperatura, descendiendo por encima de los 23 a 24 °C. Respecto a la luminosidad y humedad, cada especie vegetal tiene un óptimo distinto (Pérez y Cortés, 2007).

### **Conducción/convección**

A lo largo del día, el suelo acumula energía (por conducción) que restituye en gran parte durante la noche.



En la estructura y las cubiertas exteriores los intercambios con el ambiente exterior son principalmente por convección. La transferencia de calor por conducción es escasa a través del material de cubierta y puede ser mayor cuando es una estructura metálica. Las pérdidas por convección aumentan con la velocidad del aire exterior y la consiguiente turbulencia del aire exterior e interior.

Las roturas de la cubierta facilitan fugas por convección del aire cálido y húmedo del invernadero (Ferrato y Panelo, 2003); por su parte, las pérdidas por conducción/convección y fugas se pueden reducir notablemente con la utilización de cortinas laterales.

### **Condensación/evaporación**

Si el contenido de vapor de agua en el invernadero es constante, entonces la humedad relativa aumenta al bajar la temperatura y disminuye al subir la temperatura del aire. Un aspecto positivo a destacar es que durante la noche el vapor de agua que se condensa sobre la superficie interna fría de la cubierta cede calor sensible al invernadero; el aspecto negativo es que en condiciones de humedad relativa elevada se favorece la condensación en el interior del invernadero, lo que facilita el desarrollo de enfermedades criptogámicas (Ferrato y Panelo, 2003).

### **Evapotranspiración**

La evaporación del agua desde el suelo más la transpiración de las plantas se realizan tomando energía del medio; así mismo la disminución de la radiación puede reducir la transpiración de las plantas. Durante el día, la elevación de la temperatura puede disminuir la humedad interior provocando estrés hídrico en el cultivo. Cuando la transpiración es intensa, puede haber una concentración de sales en los puntos donde se realiza la fotosíntesis y quedar disminuida esta función (Ferrato y Panelo, 2003).

## **DIFERENTES MANERAS DE CONTROLAR EL MICROCLIMA DE UN INVERNADERO**

### **Aprovechamiento del calor natural**

**La construcción:** en zonas frías y donde es necesario mantener el calor en el invernadero, la construcción debe poder cerrarse herméticamente. Las aberturas se cubren con cortinas que pueden abrirse en el día y cerrarse durante la noche. Generalmente hay que cerrar las cortinas en la tarde (algo como dos



horas antes de que caiga el sol). Esta modalidad permite mantener el calor (energía) del día para la noche. En días fríos, se pueden dejar las cortinas cerradas todo el tiempo, pero hay que cuidarse de la humedad; en la mañana, si se espera un día soleado, es mejor abrir las cortinas temprano, de tal manera que favorezca la aireación y la penetración de CO<sub>2</sub> al invernadero (Shany, 2007).

**La altura del invernadero:** en invernaderos que son más altos no solamente la aireación es mejor, sino también, como ya hemos mencionado, el microclima general es más templado; es decir, menos caluroso durante el día y a la vez menos frío por la noche. La explicación es que existe un volumen más grande de aire captado dentro del invernadero y que este cuerpo de aire necesita más tiempo para calentarse durante el día, pero también se enfría más lentamente durante la noche. Teniendo en cuenta el mismo concepto, en un invernadero alto no hay que invertir más energía para la calefacción, pues la diferencia entre la temperatura que existe dentro de la construcción y la que requiere el cultivo es menor (Shany, 2007).

En noches de heladas, generalmente noches despejadas en las cuales se presenta el fenómeno de inversión térmica, si no hay calefacción la temperatura dentro de la construcción (especialmente en construcciones pequeñas y bajas) puede ser menor que la exterior, por la falta de movimiento de aire dentro del invernadero. Si la construcción está ubicada en el lugar bajo, el cultivo está destinado a ser más afectado por las heladas (el aire frío se acumula en sitios bajos). Esta es otra razón para construir invernaderos de mayor altura y ubicación en sitios más altos (Shany, 2007).

**Tipo del plástico de la cobertura:** en zonas frías donde es importante mantener calor en la noche, hay que usar únicamente plástico de tipo IR (bloqueador de la radiación infrarroja). Este plástico tiene la capacidad de bloquear la radiación infrarroja (calor) y evitar su escape del invernadero; incluso, en invernaderos calefaccionados se ahorra energía si se usa plástico del tipo IR.

### Aireación y ventilación

La ventilación es un aspecto fundamental a tener en cuenta para el óptimo desarrollo del cultivo, por ello es muy importante tanto expulsar el aire caliente como hacer que circule dentro del recinto, sobre todo a la hora de evitar plagas y enfermedades. De una correcta ventilación puede depender el éxito de un cultivo, por eso la importancia de su manejo de acuerdo con las condiciones del clima exterior y con las necesidades de los cultivos (Shany, 2007).



Entre los problemas más graves que se presentan dentro de los invernaderos están la acumulación de calor y la acumulación de humedad. La alta humedad relativa es, sin lugar a dudas, el factor principal que favorece la aparición de enfermedades del follaje y de los frutos (Shany, 2007). La escasa ventilación es responsable de los excesos térmicos del invernadero durante el día y la ausencia de ventilación cenital dificulta la renovación de aire para reducir la temperatura interior (Castilla, 1998).

La aireación del invernadero tiene como meta, además de bajar la temperatura, bajar la humedad dentro del invernadero. Las horas más importantes para esta actividad son las de la mañana, cuando sale el sol y comienza la evapotranspiración. A estas horas, el aire está todavía frío y su humedad relativa dentro de la construcción puede llegar al 100%. Ya en áreas templadas, donde hay gran diferencia entre las temperaturas de la noche y del día, la humedad en el invernadero es muy alta también en la noche. Esta tendencia ocurre especialmente en invernaderos calefaccionados. En tales condiciones, es necesario ventilar también en la noche. Muchas veces existe cierto ‘antagonismo’ entre la necesidad de aireación y la de calefacción; sin embargo, hay que airear aún si se pierden algunos grados de temperatura en ciertos momentos. El daño por alta humedad puede ser más grave, en cambio, los grados “perdidos” de temperatura se recuperan rápidamente (Shany, 2007).

### ***Métodos de aireación***

- Según características del invernadero:

- La ubicación. Mediante una buena ubicación se puede conseguir una buena aireación del invernadero y a menudo ahorrar la necesidad de invertir en aireación artificial. Para este propósito, siempre es importante ubicar el invernadero en un lugar alto, libre de obstáculos y expuesto a la ventilación natural.
- La altura. Una mayor altura permite una mejor aireación y al mismo tiempo temperaturas más bajas durante el día.
- La longitud máxima del invernadero (dada por el número de naves o túneles). No debe superar los 32 m si no tiene algún tipo de ventilación cenital ni una adecuada ventilación lateral. Cuando la longitud de las naves es mayor, es indispensable agregar ventiladores internos y extractores que aseguren un adecuado recambio del aire.



- Instalación de cortinas. En cualquier tipo de invernadero deben incluirse cortinas móviles y aberturas fijas (ventanas), si es que no hay problemas de muy bajas temperaturas durante la noche; en este caso, se requiere sellar bien el invernadero y colocar un sistema de calefacción.
- Aberturas del techo. En zonas cálidas y tropicales son recomendables las construcciones que tienen aberturas (ventanas cenitales) también en el techo. De estas aberturas verticales sale el mayor volumen del aire caliente del invernadero, ya que este siempre sube. Además, a nivel de la abertura el movimiento del viento fuera del invernadero produce un efecto Venturi, que aspira el aire cálido hacia afuera de la construcción. En este tipo de construcción se permite una longitud de la nave mayor de 32 m, siempre asegurando una altura mínima de 4 o 5 m de la columna, y ojalá la incorporación de ventiladores.

En muchas ocasiones es suficiente hacer uso de los métodos arriba mencionados, sin ser necesaria una mayor inversión en un sistema mecánico de aireación (Shany, 2007).

- Ventilación. Consiste en la renovación de aire dentro del invernadero, actuando así sobre la temperatura, humedad relativa, el contenido de CO<sub>2</sub> y el oxígeno que hay dentro del mismo. La ventilación puede ser natural o forzada.

Dentro de los factores que intervienen en la formación del microclima al interior de un invernadero, es quizás la ventilación el aspecto más discutido y en el que más atención prestan los especialistas involucrados en la tecnología de producción bajo condiciones controladas.

La ventilación afecta, en primer lugar, la temperatura interna. Todos los fenómenos fisiológicos están fuertemente influenciados por este factor. De igual modo, es casi siempre la principal variable climática que se contempla a la hora de implantar un cultivo en una zona determinada. Los invernaderos necesitan evacuar el exceso de calor que se produce en los momentos de alta insolación. La ausencia de ventilación cenital dificulta la renovación de aire para reducir la temperatura interior (Castilla, 1998).

En segundo lugar, la falta de ventilación incide también negativamente en la composición del aire interior, principalmente al producirse déficit en la concentración de CO<sub>2</sub>. Es común que los agricultores que usan cubiertas o invernaderos suelen pensar en la ventilación siempre en función de la temperatura, algunas



veces de la humedad relativa, pero poca o ninguna atención prestan al hecho de que la ventilación también tiene una importancia relevante en el nivel de concentración de dióxido de carbono del aire del invernadero. Bajo invernadero, la tasa de asimilación de dióxido de carbono de un vegetal desarrollado puede alcanzar 3 g por hora y por metro cuadrado de suelo. Una elevada actividad fotosintética provoca una caída de concentración de CO<sub>2</sub> del aire que debe compensarse con una entrada de aire del exterior a través de la acción de la ventilación (Alarcón, 2000).

La falta de ventilación, sobre todo en los momentos de más bajas temperaturas, provoca excesos de humedad (el tercer factor climático), favoreciendo la condensación al interior de las cubiertas y el goteo sobre cultivos; por esto también se crean ambientes óptimos para la proliferación de enfermedades fungosas asociadas a altas humedades relativas y presencia de agua libre (Alarcón, 2000).

La ventilación en el invernadero puede ser de forma natural o ventilación mecánica o forzada (Alarcón, 2000).

**Ventilación natural.** La ventilación es denominada 'natural' cuando son solamente las fuerzas exteriores naturales las que actúan sobre el intercambio del aire interior con el aire exterior. El flujo de aire tiene como fuerza motriz la diferencia de presión que se establece entre ambos lados de la ventana. Esta diferencia de presión tiene su origen en dos procesos diferentes: la influencia del viento (presión dinámica) y la influencia de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, que genera una diferencia de densidad y, por consiguiente, de presión.

La ventilación natural se basa en la disposición en las paredes (laterales) y en el techo del invernadero (cenitales) de un sistema de ventanas que permite la aparición de una serie de corrientes de aire, las cuales contribuyen a disminuir las temperaturas elevadas y a reducir el nivel higrométrico.

Una ventana cenital de una determinada superficie resulta, a efectos de aireación, hasta ocho veces más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie. Normalmente, las ventanas deben ocupar entre un 18% y un 22% de la superficie de los invernaderos, teniendo en cuenta que con anchuras superiores a los 20 m será imprescindible disponer de ventilación cenital que mejore la aireación lateral.

La ventana cenital puede ser fija, batiente o enrollable; la fija es la más usada por su bajo costo, pero permite poca área de ventilación (Figura 2.5).





**Figura 2.5. Ventana cenital fija**

Por otro lado, la ventana cenital batiente tiene un mecanismo de apertura electrónica y automática, recomendada en cultivos que no toleran la exposición directa al sol, y permiten mantener un porcentaje de apertura a pesar de la lluvia (Figura 2.6).



**Figura 2.6. Ventana cenital batiente**

La ventana cenital enrollable permite maximizar el aprovechamiento de la luz solar (Figura 2.7). Otorga mayor porcentaje de área de ventilación. Se recomienda combinar con ventilaciones cenitales fijas, porque estas se deben cerrar en su totalidad en caso de lluvia.





**Figura 2.7. Ventana cenital enrollable**

El objetivo de las ventanas laterales y frontales es permitir el ingreso de aire nuevo al invernadero, donde el mecanismo de operación puede ser descendente o ascendente. Estas se pueden operar manualmente o mecánicamente (Figuras 2.8 y 2.9).



**Figura 2.8. Ventana lateral descendente**



**Figura 2.9. Ventana lateral enrollable**

Las tasas de ventilación recomendadas internacionalmente están entre 0,75 y 1 renovaciones por minuto, de acuerdo con la Asae (1991). Por regla general, una ventilación eficiente exige que se diseñe el invernadero con una superficie total de apertura de las ventanas de 0,20 a 0,25 veces la superficie del suelo (Alarcón, 2000).

En el caso colombiano, las diferentes formas de cubiertas utilizadas para los cultivos de flores y hortalizas generalmente no satisfacen las necesidades de ventilación. Esto se debe a que en su gran mayoría este tipo de estructuras se ha diseñado teniendo como principal parámetro de selección el precio, descuidando de plano las características térmicas, de transmisión de luz y de ventilación.



En las estructuras de guadua, por ejemplo, en la mayoría de los casos el área destinada a ventilación con respecto al área cubierta no supera el 12%; en casos como las cubiertas espaciales no supera el 10%; y nuestras estructuras tradicionales normalmente no se acercan siquiera a los valores mínimos establecidos por las normas internacionales al respecto (20% a 25%).

Es por esto que muchas veces las cubiertas son un limitante para alcanzar mayores niveles de productividad, y en vez de ser una solución se convierten en un problema, tal como tratar de bajar temperatura colocando pantallas de sombreado (limitando la entrada de luz) o regando en exceso (generando ambientes para el establecimiento de enfermedades).

### ***Sugerencias para mejorar la ventilación natural***

- Lo primero que debe considerarse a la hora de la implementación de un invernadero es cómo está relacionado su diseño con los factores preponderantes en el microclima que se creará al interior de este.
- La altura es importante, debe ser lo más homogénea posible, en general una altura promedio de 4 m, lo que ayuda a generar buenas inercias térmicas y a mejorar el efecto térmico de la ventilación.
- Las ventanas deben presentar la menor resistencia posible al paso del aire. En este sentido, las ventanas cenitales deben ser en lo posible mecanizadas, para que no cumplan solo con el objetivo de evacuar aire caliente, sino que también sirvan de entrada para corrientes de aire que aumenten la eficiencia del recambio.
- Si se tienen únicamente ventanas fijas, puede ser conveniente construir las ventanas de las naves de los extremos orientadas siempre hacia el exterior, de manera que venga el viento en un sentido u otro y la primera ventana siempre esté de cara al viento. Esta consideración debe tenerse en cuenta en zonas donde las velocidades del viento no superen los 30 km/hr, para evitar daños a la estructura y al material de cubierta.
- En el caso de las ventanas mecanizadas, la mejor opción de ventilación son las ventanas cenitales enrollables, pues con ellas se alcanza casi un 43% de área destinada a ventilación con respecto al área cubierta, y genera recambios cercanos a los de los recomendados por los estándares internacionales. Debe tenerse en cuenta si el cultivo admite la libre exposición a la luz del sol.



- En lo posible se deben evitar las mallas anti-insectos, ya que limitan en gran medida la ventilación si no se cuenta con un sistema de ventilación forzada.
- Para el caso de cultivos en los que el paso directo de la luz solar sea un limitante, la mejor opción son las ventanas batientes que generan alrededor de un 25% a 30% de área destinada a ventilación, permitiendo aperturas mínimas incluso en caso de presencia de lluvia.
- Adquirir invernaderos durables donde se pueda comenzar el proyecto productivo con sistemas de ventilación convencionales y que a su vez permita hacer modificaciones y mejoras tecnológicas a medida que avanza el tiempo, es decir, invernaderos que permitan hacer inversión en nuevas tecnologías encaminadas a mejorar el proceso productivo.

La ventilación natural en los invernaderos es entonces la característica básica para gestionar el clima ideal de nuestros cultivos, y no se debe tratar como un tema secundario si se quieren alcanzar niveles máximos de eficiencia.

### Herramientas de control climático

Existen unos equipos o herramientas con los que se pueden manipular las condiciones climáticas dentro del invernadero, cuya función principal es aumentar o disminuir la temperatura y la humedad relativa, y equilibrar el nivel de gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ).

**Ventilación forzada** . Los sistemas de ventilación forzada establecen una corriente de aire mediante ventiladores extractores o recirculadores, en donde se extrae aire caliente del invernadero y el volumen extraído es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior para reducir la temperatura y la humedad relativa.

Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura idéntica a la del exterior, pero su control es más preciso que el que se logra con la ventilación pasiva (Figura 2.10) ([www.abcagro.com](http://www.abcagro.com)). Para obtener un reemplazo eficiente del aire cálido y húmedo por aire fresco y más seco, la velocidad mínima de la entrada de este debe ser de 1,6 m/s (se refiere al aire que entra por el lado opuesto de los ventiladores).

El volumen de aire que hay que cambiar para mantener una diferencia máxima de 3 °C entre la temperatura de afuera y la del interior del invernadero, es





**Figura 2.10. Extractor de aire caliente**

de  $160 \text{ m}^3$  por  $\text{m}^2$  por hora. Esto se logra mediante el uso de ventiladores industriales de 48" de diámetro, debiendo colocarse como mínimo un ventilador por cada  $250 \text{ m}^2$ . Los ventiladores se instalan en la pared del invernadero siguiendo la dirección del viento natural. La función de los ventiladores es únicamente extraer aire del invernadero y nunca empujar aire para adentro, por eso se llaman "extractores de aire". Es importante mencionar que estos extractores tampoco pueden extraer el aire de una construcción cuya longitud sea mayor de 32 m (construcciones con ventiladores no deben superar la longitud de 32 m).

En invernaderos controlados por computación, el computador puede operar los ventiladores automáticamente según el programa ingresado.

Otro aspecto fundamental relacionado con la aireación del invernadero, especialmente en zonas frías donde las construcciones están cerradas herméticamente, es el suministro de  $\text{CO}_2$  al cultivo. La concentración de este elemento es esencial para el proceso de la fotosíntesis en las plantas y desciende rápidamente en invernaderos cerrados.

En relación con la operación de los ventiladores, es importante mencionar que mientras estos están funcionando deben cerrarse las cortinas dejando una sola pequeña abertura de 25 cm; en caso contrario, los ventiladores atraen el aire únicamente del lugar más cercano a su ubicación y no se consigue la aireación de todo el invernadero. Si hay aberturas en el techo también deben cerrarse (con cortinas de plástico), al tiempo que los ventiladores están en marcha.

Considerando el aspecto fitosanitario del cultivo, lo mejor es colocar en la pared externa (donde está ubicado el ventilador) una cortina de malla mosquite-



ra o un ducto de sellamiento, a fin de evitar la entrada de insectos pequeños por esta abertura cuando el ventilador no está en actividad (esta malla juega cierto papel de resistencia a la corriente de aire). Una solución técnica es instalar junto con el ventilador una cortina de plástico, que automáticamente se abre cuando el ventilador está funcionando y se cierra en cuanto termina su operación.

También se pueden instalar ventiladores secundarios (Figura 2.11) dentro del invernadero colocados a la altura de las columnas (una altura aproximada de 3 m por encima del suelo). Estos ventiladores que son más pequeños (36”), ayudan a empujar el aire a lo largo de la construcción bajando la humedad y secando el agua acumulada sobre las plantas (según la ley física, a una dada humedad relativa el aire será más seco si está en movimiento). Estos ventiladores secundarios no son suficientes para airear el invernadero, pero son buenos como complemento adicional de los extractores principales. Tienen además otra función, que es la distribución de los productos químicos vaporizados (método de vaporización) en el espacio del invernadero.

Donde hay aberturas en el techo generalmente no se instalan extractores de aire sino ventiladores internos (Shany, 2007).



**Figura 2.11. Ventilador para facilitar la circulación del aire**

La función de los ventiladores en el invernadero es principalmente extraer el exceso de calor y humedad fuera de la construcción; en cambio, no son eficientes para bajar la temperatura del invernadero, especialmente cuando la temperatura afuera también es alta. En zonas secas y cálidas, y en cultivos sensibles a altas temperaturas, hay que refrescar el espacio del invernadero con técnicas adicionales. Existen varios métodos para este propósito, los cuales se describirán a continuación:



**Sombreado.** En cultivos que no son exigentes al suministro de la luz o que en una etapa de su desarrollo permiten menor iluminación (por ejemplo, el pimentón en etapa de maduración) se puede sombrear la construcción con un zarán negro colocado encima del plástico (de 30% a 40% de sombra) o usar la cortina térmica del techo con el mismo objetivo (Figura 2.12). Esta cortina, hecha de un zarán combinado de polietileno y aluminio, se coloca dentro del invernadero a la altura de las columnas (4 cm) evitando la pérdida de calor durante la noche (Shany, 2007).



**Figura 2.12. Sombreado externo en pimentón**

Así como una razón adicional para sombrear cultivos es reducir la intensidad de la radiación solar con el propósito de evitar las quemaduras del sol sobre los frutos, otra manera de sombrear el cultivo y bajar la temperatura es pintar los techos plásticos de los invernaderos con una pintura blanca agrícola, produciendo alrededor de 28% de sombra (Figura 2.13). En países tropicales donde la nubosidad es común y la radiación solar es baja no es muy recomendable usar este método de sombreado porque se reduce aún más el suministro de la luz a los cultivos.



**Figura 2.13. Plásticos con pintura blanca en la superficie**



**Microaspersores.** Una manera más eficiente para bajar temperaturas es el uso de los microaspersores (Figura 2.14).



**Figura 2.14. Microaspersor**

Su principio es convertir calor efectivo a calor potencial (otro tipo de energía) a través de la evaporación del agua. La desventaja es que producen gotas relativamente grandes, las cuales pueden, en algunas ocasiones, mojar el follaje del cultivo y provocar enfermedades. De la misma forma, el rápido secado de las gotas puede dejar manchas de sal, las cuales causan quemaduras. Si la fuente del agua es muy buena y se opera el sistema durante algunos minutos cada vez, es posible evitar estos problemas y recibir buenos resultados, especialmente cuando se los opera junto con los ventiladores o los extractores de aire, ayudando a un rápido secado del agua y a un mejor enfriamiento del aire.

Una limitación del sistema es cuando hay que operarlo con mayor frecuencia (agregar más agua al espacio del invernadero) para sobrellevar altas temperaturas; en este caso, hay peligro de que el follaje del cultivo también se moje. Es preferible el empleo de *foggers*, que bajo el mismo principio y con menores cantidades de agua libre y menor tamaño de gota tienen un gran efecto en el control de la temperatura en momentos de baja humedad relativa, aunque el sistema de microaspersores es más barato y sencillo.

**Nebulización (*foggers*).** Consiste en distribuir en el aire un gran número de partículas de agua líquida de tamaño próximo a 10 micras (Figura 2.15). De-



bido al escaso tamaño de las partículas, su velocidad de caída es muy pequeña, por lo que permanecen suspendidas en el aire del invernadero el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar a los cultivos (Martínez, 2001).



**Figura 2.15. Nebulización**

Se basa en el mismo principio descrito para los microaspersores, pero estos producen por sobre el follaje del cultivo una nube de gotas muy finas (micrones) que se evaporan antes de llegar a mojar las plantas (Figura 2.16). Al evaporarse, absorben energía del aire disminuyendo así la temperatura del invernadero. Una parte esencial del sistema son las aberturas del techo y los extractores de aire para permitir un eficiente reemplazo de aire dentro de la construcción y un rápido secado del agua (el movimiento del aire es desde las aberturas del techo –entrada– hacia los extractores –salida–) (Martínez, 2001).



**Figura 2.16. Microaspersor para nebulización**



Los nebulizadores se colocan a una altura de 4 m (1 m por encima del follaje del cultivo), y es suficiente una hilera por galpón. Funcionan de manera intercalada, según la temperatura del invernadero (por ejemplo, 30 segundos cada 15 minutos). Se puede conectar el sistema a un controlador de riego, a la computadora del invernadero o a un simple *timer* de tipo 'galcón'.

Existe una fórmula que permite calcular el volumen de agua que debe suministrarse para bajar la temperatura del invernadero, fórmula que es complicada y poco práctica para el manejo diario del invernadero. Un factor importante a tener en cuenta es que, mientras más seco esté el aire fuera y dentro del invernadero, más fácil y eficiente será el proceso de la reducción de la temperatura, pues más agua se podrá agregar al aire sin elevar demasiado la humedad relativa (según la física de la psicometría). Esto significa que en condiciones tropicales será más complicado el manejo de la temperatura del invernadero.

Ahora bien, el sistema de nebulizadores es complicado y caro, ya que se requiere de la instalación de sistemas de alta presión (por encima de 1.000 PSI) o de la instalación de un compresor (sistema de desplazamiento de aire donde se asegura el pequeño diámetro de la gota) y de la necesidad de usar agua pura (tratada) con el fin de evitar el taponamiento de los orificios finos de los inyectores de agua (algunos micrones de diámetro). No obstante, es hoy en día uno de los sistemas más eficientes para disminuir la temperatura del invernadero.

Para el buen funcionamiento de nebulizadores o microaspersores, es conveniente que existan aberturas en el techo del invernadero y extractores de aire (Shany, 2007).

**Colchón húmedo.** Se trata de una pantalla de material poroso que se satura de agua por medio de un equipo de riego (Figura 2.17). La pantalla se sitúa a lo largo de todo el lateral o un frontal del invernadero. En el extremo opuesto se instalan ventiladores eléctricos. El aire pasa a través de la pantalla porosa, absorbe humedad y baja su temperatura. Posteriormente, es expulsado por los ventiladores.

Los ventiladores son una parte esencial del sistema. Mientras estos están en funcionamiento fuerzan el ingreso del aire desde la pared opuesta; por eso, se recomienda no tener aberturas en el techo o mantenerlas (así como las laterales) permanentemente cerradas mientras el sistema esté en marcha.





**Figura 2.17. Colchón húmedo**

El colchón actúa como un radiador y es el sistema más eficaz pero a la vez el más costoso. Requiere suministros permanentes de agua de buena calidad y se justifica únicamente en cultivos especiales y de alto valor. Para la evaluación económica deben tomarse en consideración dos puntos: por un lado, para abaratar costos se evalúa colocar el colchón en la pared más corta de la construcción; por otro, hay que tomar en cuenta que no es recomendable una distancia mayor de 32 m dentro de los extractores del aire del colchón.

El colchón húmedo es un sistema muy adecuado para zonas áridas y secas, no así para zonas tropicales, ya que aumenta humedad al ambiente de la construcción justamente donde es necesario bajarla.

El funcionamiento del colchón y los ventiladores tiene que estar sincronizado. Los ventiladores comienzan a operarse algunos minutos antes que el colchón (el funcionamiento del colchón sin los ventiladores no tiene sentido). Esta operación también puede ser controlada automáticamente por el controlador computarizado. Si el control es por temperatura, se puede programar el inicio de la operación de los ventiladores a 28 °C, mientras la del colchón se puede programar a 30 °C (Shany, 2007).

**Calefacción.** En zonas frías o áreas donde parte del año o parte del día las temperaturas son bajas, deben usarse diferentes medios para mantener y aumentar el calor del invernadero. Muchos cultivos son exigentes a ciertos valores de temperatura para su crecimiento, cuaje y producción, tal como las solanáceas (pimentón, tomate, berenjena) y las cucurbitáceas (melón, pepino, zapallo). Las temperaturas menores afectan el cultivo. Según la necesidad del cultivo y las condiciones climáticas de la región, debe escogerse el método más adecuado de calefacción.



En muchas ocasiones, un diseño racional de la construcción y la selección correcta de los materiales de cobertura son suficientes para aprovechar el calor natural del invernadero, sin necesidad de tener que instalar aparatos adicionales. En otros casos, cuando la diferencia entre la temperatura externa y la que requiere el cultivo es más grande, hay necesidad de aumentar la temperatura con medios adicionales de calefacción. Aquí, un diseño adecuado y uso apropiado de materiales pueden ahorrar mucha energía y evitar gastos exagerados (Shany, 2007).

**Las mangas de polietileno.** Este sencillo y económico método se compone de mangas de polietileno transparente llenas con agua y cerradas en sus extremos. El diámetro de las mangas es de 40 cm y deben estar distribuidas en toda el área del invernadero a lo largo de las hileras del cultivo. En general, se coloca una manga por cada 4 camas. El principio es que el agua en las mangas absorbe calor durante el día, el cual se libera durante la noche, elevando así la temperatura del invernadero. Al día siguiente, el agua en las mangas comienza nuevamente a absorber calor bajando la temperatura dentro de la construcción. Dicho principio es como de un 'radiador-contenedor de energía'. El plástico de las mangas debe ser transparente, pues el calentamiento principal del agua durante el día es a través de la radiación solar.

## Sistemas de calefacción

**Sistemas de calefacción de tipo convectivo.** Son sistemas en los que el elemento conductor del calor es el aire. Debido a su poca inercia, proporcionan un aumento rápido de la temperatura del aire, enfriándose de igual forma al dejar de actuar. Generan importantes gradientes térmicos y pérdidas de calor al ir localizados, normalmente, sobre el cultivo (López *et al.*, 2001; Martínez, 2001).

Entre los sistemas convectivos, los más utilizados son: aerotermos (Figura 2.18), generadores de aire caliente de combustión indirecta y generadores de aire caliente de combustión directa. Dichos sistemas proporcionan un aumento rápido de la temperatura del aire, enfriándose igualmente cuando dejan de actuar; del mismo modo generan importantes gradientes térmicos y pérdidas de calor al ir localizados normalmente sobre el cultivo. El costo de la instalación es inferior al de los sistemas por agua caliente. Tienen una vida útil corta (López *et al.*, 2000).

Los sistemas de calefacción de tipo convectivo tienen la ventaja de ser de menor inversión económica y mayor versatilidad al poder usarse como sistema



de ventilación, con el consiguiente beneficio para el control de enfermedades. Como inconveniente puede citarse que proporcionan una deficiente distribución del calor, creando a veces turbulencias internas que ocasionan pérdidas caloríficas (menor inercia térmica y uniformidad).

Entre los mencionados sistemas, los generadores de aire caliente de combustión indirecta y de combustión directa son los más utilizados. En los generadores de aire caliente de combustión indirecta, mediante un cambiador de calor se separan los gases de combustión expulsándolos al exterior e introduciendo únicamente aire caliente al invernadero. Dado que parte del calor es expulsado con los gases de combustión, el rendimiento de estas máquinas suele estar entre el 80% y el 90%.

Por su parte, en los generadores de aire caliente de combustión directa, tanto el aire caliente como los gases de combustión son incorporados al invernadero, proporcionando un aporte de calor y CO<sub>2</sub> (ideal para favorecer la función clorofílica de las plantas). El combustible a utilizar debe contener el menor número posible de elementos tóxicos, siendo el propano y el gas natural los más recomendados. Es importante controlar los niveles de los gases de combustión para evitar problemas a personas y plantas (López *et al.*, 2001)



**Figura 2.18. Sistema de calefacción por aire caliente**

**Sistemas de calefacción por convección y radiación.** La transferencia de calor se realiza a través de tuberías aéreas (Figura 2.19) o dispuestas en el medio de cultivo (Figura 2.20) por donde circula agua caliente, con la ventaja de poder trabajar a altas temperaturas (hasta 90 °C) o bajas temperaturas (entre 30 a 50 °C) en función del material utilizado, plástico o metal.



Estos sistemas modifican la temperatura del aire al calentarse por convección al contacto con los tubos y la de los objetos (suelo, planta, cubierta del invernadero, etc.) que se encuentran a su alrededor por intercambio radiactivo.

La distribución del calor es más uniforme que en los sistemas por aire al situar las tuberías cerca del cultivo y mantener unos gradientes térmicos bajos.

Desde un punto de vista físico, uno de los objetivos de la calefacción del suelo es utilizar, indirectamente, la superficie de intercambio con el aire que ofrece el suelo del invernadero, ya que esta es superior a la de los sistemas de calefacción aéreos. Desde una caldera central se aporta calor al suelo a través de tuberías enterradas, circulando el agua a temperatura inferior a 40 °C, siendo la distribución del calor uniforme y proporcionando mayor eficiencia que los sistemas por aire caliente. El elevado costo inicial y la dificultad para realizar labores en el suelo (al ir enterradas las tuberías a menos de 50 cm) han limitado el desarrollo de estos sistemas (López *et al.*, 2000).



**Figura 2.19. Tubería aérea de conducción de agua caliente para generar calor**



**Figura 2.20. Sistema de calefacción por agua caliente a través de tubería en el piso**



La utilización de las tuberías metálicas aéreas permite la incorporación de carros para prácticas culturales y aplicación de productos fitosanitarios, encaminados hacia una mayor eficiencia en el trabajo (López *et al.*, 2000).

**Pantallas térmicas.** Se puede definir una pantalla como un elemento que, extendido a modo de cubierta sobre los cultivos, tiene como principal función ser capaz de variar el balance radiactivo tanto desde el punto de vista fotosintético como calorífico (Shany, 2007). El uso de pantallas térmicas busca el calor almacenado durante el día en las plantas y el suelo para que no se pierda en la noche (Figura 2.21). Así, las pantallas térmicas se pueden emplear para distintos fines:

a) Protección exterior contra:

- El exceso de radiación con acción directa (UV) sobre las plantas y quemaduras.
- El exceso de temperatura (rojo, IR cercano).
- Secundariamente contra granizo, viento, pájaros (Shany, 2007; [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com), 2003b; Cooman y Ubaque, 2006).

b) Protección interior:

- Protección térmica y reduce los gastos de energía requeridos para la calefacción.
- Secundariamente controla la humedad ambiental y la condensación.



**Figura 2.21. Pantalla térmica**

El efecto de las pantallas, como en el de la doble pared, se basa en la reducción de los intercambios radiantes y los de conducción-convección, pero también se alteran los intercambios de calor sensible y latente entre las plantas, el suelo, el aire, la estructura y la evapotranspiración.



Los efectos sobre los intercambios radiantes dependen de las características de transmisividad, emisividad y reflectividad de la pantalla para la radiación infrarroja larga. Si la transmisividad y emisividad son pequeñas, como es el caso de las pantallas metalizadas y con tratamientos especiales, se puede obtener gran reducción (60%) de pérdidas radiantes. Si la transmisividad o la emisividad son grandes, se obtiene una reducción pequeña de las pérdidas radiantes. Los efectos sobre los intercambios por conducción y convección dependen de la permeabilidad al aire (Shany, 2007).

### **Efectos de las pantallas**

Los efectos de las pantallas térmicas se pueden resumir así:

- Aumento de la temperatura del aire de 1 a 2 °C.
- Aumento de la temperatura de la hoja, debido a que es mayor la temperatura superficial de la pantalla que la del material de cubierta.
- Aumento de la humedad del aire (10% - 15%). Riesgo de condensación por encima de la pantalla.
- Reducción de la temperatura de la cubierta exterior, que produce descenso de pérdidas por convección con el aire libre y menor sensibilidad térmica del invernadero al viento.

### **Propiedades exigibles a una pantalla**

- Baja transmitancia de la radiación IR.
- Alta reflexión al IR.
- Mínima convección hacia arriba.

### **Propiedades convenientes**

- Transparencia.
- Flexibilidad.
- Reflexión de la luz.
- Resistencia mecánica.
- Transmisión de la humedad.
- Duración frente al efecto climático.

Hay dos grupos de materiales: láminas de plástico y fibras textiles o acrílicas.

### **Propiedades de las láminas de plástico**

- Resistencia al agua.
- No dejan pasar la humedad.
- Elevan la humedad del aire interno.
- Existe el riesgo de condensación sobre la cara interna de la pantalla y en la parte alta del cultivo.



- Alta transmitancia a la radiación IR (excepto las láminas metalizadas).
- No son utilizables para sombreado (excepto la lámina blanca).
- La lámina transparente puede permanecer extendida durante el día.
- Son baratas.
- Deben renovarse con frecuencia.
- Pueden metalizarse.

### Propiedades de las pantallas de fibras y tejidos

- No resisten al agua.
- Dejan pasar la humedad.
- Elevan poco la humedad del aire.
- Tienen poco riesgo de condensación sobre ellas o el cultivo.
- Tienen baja transmitancia.
- Son útiles para sombreado.
- Deben plegarse durante el día.
- Son costosas.
- Son más duraderas.
- Son difíciles de metalizar.

Las pantallas pueden ahorrar entre un 15% y un 35% de gasto en energía; sin embargo, la pérdida de luz que provocan es superior a un 5%, y esto en condiciones de poca luz puede repercutir con un 5% o más de reducción del crecimiento. La rentabilidad de la inversión aumenta cuando puede usarse también en tiempo caluroso como material de sombreado (Martínez, 2001).

### Tipos de pantallas térmicas

Existen varios tipos de pantallas térmicas (Valera, 2003; Cooman y Ubaque, 2006):

**Pantalla térmica hermética.** Está destinada fundamentalmente a reducir la pérdida de calor en el invernadero. El ahorro de energía durante la calefacción es significativo, debido a que dentro de la pantalla existen franjas de material reflectante.

**Pantalla térmica de fibras de aluminio para el ahorro de energía dentro del invernadero en invierno.** Su principal función es la conservación de calor dentro del invernadero. En un sistema de calefacción por medio de agua cuanto mayor sea el nivel de sombreado más elevada será la efectividad de conservación del calor por parte de la pantalla. En la parte inferior de la pantalla no se produce condensación, ya que la placa respira.



**Pantalla sombreadora para reducir la carga de calor en el invernadero durante el verano.** Cuando la radiación solar es intensa, la pantalla impide que la radiación directa dañe las plantas e impide que el suelo y objetos de colores oscuros acumulen energía calorífica. Como consecuencia de ello, la temperatura dentro del invernadero desciende y la humedad relativa aumenta; por ende, la combinación de estos factores mejora las condiciones microclimáticas dentro del invernadero.

En invernaderos con aberturas en el techo, esta pantalla permite que el aire caliente que sube desde el entorno de las plantas salga al exterior. En un invernadero que posee sistema de aspersión o lecho húmedo para aumentar la humedad el aire caliente pasa a través de la pantalla y por debajo de esta corre aire húmedo y fresco hacia las plantas.

**Penetración de luz difusa.** Las franjas transparentes de la pantalla dejan pasar la luz solar directa, en tanto que las franjas brillantes devuelven la luz que se refleja en ellas desde el interior del invernadero hacia las plantas. Por ejemplo, una pantalla 60% hermética permite pasar un 40% de la luz directa pero solo el 50% de la luz difusa, la cual queda disponible para el proceso de fotosíntesis.

**Pantalla térmica abierta.** Es utilizada principalmente para la reducción de carga calórica dentro de los invernaderos.

**Pantalla térmica para el ahorro de energía durante el verano.** La pantalla abierta detiene la radiación infrarroja y la devuelve hacia las plantas, conservando así el calor que necesitan. La efectividad de la pantalla es mayor mediante un sistema de calefacción por medio de agua que por aire. No hay ingreso ni difusión de enfermedades micóticas en las hojas, ya que no hay condensación por debajo de la pantalla. Se puede dejar toda la noche sin crear excesos de humedad (Valera, 2003).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bakker, J. C.; Bot, G. P. A.; Challa, H. y Van De Braak, N. J. (1995). *Greenhouse Climate Control an integrated approach*. Wageningen. 275 p.
- Caldari, J. P. (2007). *Manejo de la luz en los invernaderos, los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas*. Brasil: Ciba Especialidades Químicas Ltda. I Simposio Internacional de Invernaderos (México). 5 p. En: [http://www.ciba.com/pf/docMDMS.asp?targetlibrary=CHBS\\_PA\\_MAD&docnumber=8758](http://www.ciba.com/pf/docMDMS.asp?targetlibrary=CHBS_PA_MAD&docnumber=8758).
- Castilla, N. (1998). *Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados*. En: *Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización*. España: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Fiapa. Caja Rural de Almería. P. 163-175.
- Castilla, N. (2001). *La radiación solar en invernadero en la costa mediterránea española. Incorporación de Tecnología al Invernadero Mediterráneo*. Almería. 68 p.
- Cooman, A y Ubaque, H. (2006). *Evaluación del efecto de pantallas térmicas sobre la temperatura mínima del invernadero*. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales.
- Ferrato, J. A. y Panelo, M. S. (2003). *Climatización de invernaderos*. Revista IDIA XXI. Año II, No. 14. Edición INTA. P. 160-163.
- Gómez, C.M. *Presentación Introducción al control de clima en invernaderos*. En: <http://www.fundacioncajamar.es/estacion/agrdatos/Seminarios/20081029/PresentacionControlClimatico.pdf>.
- Jaramillo, N.J.; Rodríguez, V.; Guzmán, M.; Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico BPA en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Colombia: Corpoica – FAO. MANA (1 ed.). 314 p.
- López, J.C.; Lorenzo, P.; Castilla, N.; Pérez, P.J.; Montero, J.I.; Baeza, E.; Antón A.; Fernández M. D. Baille, A. y González, R.M. (2001). *Incorporación de Tecnología al Invernadero Mediterráneo*. Almería, España: Estación Experimental Las Palmerillas de Cajamar. 68 p.
- López, J.C.; Lorenzo, P.; Medrano, Sánchez-Guerrero, M.C.; Pérez, J.; Puerto, H.M. y Arco, M. (2000). *Calefacción de invernaderos en el sudeste español (resultados experimentales para cultivos de pepino y judía)*. Edita: Caja Rural de Almería. 54 p.
- López, J. C. (2000). *Sistemas de calefacción*. En: *Calefacción de invernaderos en el sudeste español (resultados experimentales para cultivos de pepino y judía)*. Edita: Caja Rural de Almería. 54 p.
- Lorenzo, M. P. (2001). *Influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de los cultivos*. En: *Calefacción de invernaderos en el sudeste español (resultados experimentales para cultivos de pepino y judía)*. Edita: Caja Rural de Almería. 54 p.
- Lorenzo, M. P. (2001). *Enriquecimiento carbónico. Incorporación de Tecnología al Invernadero Mediterráneo*. Almería. 68 p.



- Martínez, P. F. (2001). *Control Climático en Cultivo Protegido. Curso de Formación de Formadores en Horticultura Protegida y Semiprotegida*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Agencia Española de Cooperación Internacional. 37 p.
- Pérez R., Hernando y De Paul C., Cortés. (2007). *Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero*. Bogotá D.C. Trabajo de Grado Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería y Automatización Electrónica. 86 p.
- Shany, Meir. (2007). *Tecnología de producción bajo cobertura*. Israel: Ministerio de relaciones exteriores. Centro de Cooperación internacional. Mashav. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Cinadco. 69 p.
- Valera, D. L. (2003). *Control climático de invernaderos*. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería. 615 p.
- Zeidan, O. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Israel. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. 99 p.
- URL [http://www.abcagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico\\_2.asp#5.2.%20VENTILACIÓN](http://www.abcagro.com/industria_auxiliar/control_climatico_2.asp#5.2.%20VENTILACIÓN)
- URL [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico2.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico2.htm).



# CAPÍTULO 3 III

## GENERALIDADES DEL CULTIVO

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Germán David Sánchez León<sup>2</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>3</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>4</sup>  
Miguel Ángel Zapata Cuartas<sup>5</sup>  
Miryam Guzmán Arroyave<sup>6</sup>

### ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El tomate es originario de América del Sur, de la Región Andina (Chile, Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia), existiendo en esta zona la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres; pero su domesticación se inició en el sur de México y Norte de Guatemala, llegando luego a Europa en el siglo XVI e inicios del siglo XVII, cultivándose en jardines de Italia, Inglaterra, España y Francia, donde fue inicialmente utilizado como planta ornamental por la belleza y color de sus frutos. A finales del siglo XVIII, el tomate empezó a ser producido como un cultivo comestible (Zeidan, 2005). Las formas silvestres del ‘tomate cereza’, *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (Catie, 1990), originarias del Perú, migraron a través de Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre. En la lengua Nahuatl de México era llamado *tomatl*, que sin lugar a dudas dio origen al actual nombre del tomate.

El tomate alcanzó un estado avanzado de evolución en México y Perú, antes de ser llevado a Europa y Asia en el año 1550 como planta ornamental. Los

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniero Agrónomo. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. [gsanchez@corpoica.org.co](mailto:gsanchez@corpoica.org.co)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

4. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto:pagui18@gmail.com)

5. Tecnólogo Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [miguelzapatac@gmail.com](mailto:miguelzapatac@gmail.com)

6. Tecnóloga Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [mguzman@corpoica.org.co](mailto:mguzman@corpoica.org.co)



herbarios europeos muestran descripciones y grabados de tomate solamente a partir de la segunda mitad del siglo XVI; además, las informaciones revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México (Flores, 1986).

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió probablemente a través de España, entre 1523 (año de la Conquista de México) y 1524, cuando aparecieron las primeras descripciones publicadas por el italiano Pier Andrea Mattioli; es de anotar que esta planta en principio se consideró como venenosa, seguramente por ser miembro de la familia de las solanáceas, e inclusive se le atribuyeron propiedades afrodisíacas, razón por la que se le dio el nombre de ‘manzana del amor’ o ‘pomodoro’, término que originó el actual nombre italiano *pomodoro* (la razón de este nombre es que, sin duda alguna, los primeros cultivadores italianos producían frutos de color amarillo). Los italianos entonces fueron los primeros en cultivar el tomate y quizás los primeros que lo utilizaron en la alimentación humana a mediados del siglo XVIII (Lobo y Jaramillo, 1983; Flores, 1986).

El tomate, después de haber llegado a Inglaterra, fue llevado a los Estados Unidos alrededor del año 1711; allí también fue cultivado como ornamental. El consumo de tomate como fuente de alimento ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos, y a partir de esta fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico (CATIE, 1990).

Solo a partir del siglo XIX es cuando adquiere gran importancia económica a nivel mundial, hasta llegar a ser, junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo (Catie, 1990). Para el año 1828, se encuentra en un catálogo la primera variedad comercial (Flores, 1986), y en 1900 surge la primera variedad mejorada, denominada ‘ponderosa’, la cual fue utilizada para la obtención de la mayoría de las variedades americanas actuales –junto con los materiales colectados en la región de origen– durante las décadas de 1920 y 1930.

Actualmente, el tomate ocupa un papel preponderante en la economía agrícola mundial de muchos países, siendo la hortaliza más sembrada del mundo y un producto esencial en la alimentación de varias regiones, cuyo consumo juega un papel importante en la gastronomía. Los principales países productores son China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Brasil y México, los cuales contribuyen con cerca del 70% de la producción mundial. En Colombia, está disperso por todo el país, cultivándose en 18 departamentos; sin



embargo, cerca del 80% de la producción está concentrada en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Valle, Caldas, Huila, Risaralda y Antioquia (Jaramillo *et al.*, 2006).

## ► CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicon L. esculentum* es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas. El género *Lycopersicon* se sitúa en el siguiente contexto taxonómico (Tabla 3.1):

**Tabla 3.1. Descripción taxonómica del tomate**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Lycopersicon</i>
<b>Especie</b>	<i>Esculentum</i>
<b>Nombre binomial</b>	<i>Lycopersicon esculentum</i>
<b>Descriptor</b>	Miller (1788)

Los tomates cultivados se agrupan dentro del subgénero *Eulycopersicon*, o sea aquel en el cual los frutos cambian de color verde a rojo cuando maduran. Las otras especies están incluidas dentro del subgénero *Eriopersicon*, en el cual los frutos permanecen verdes cuando están maduros. Las especies de este subgénero tienen valor desde el punto de vista de formación de nuevas variedades, ya que se les ha utilizado como fuente de resistencia a muchas enfermedades causadas por patógenos y agentes fisiológicos (Jaramillo y Lobo, 1984). Entre dichas especies se distinguen *Lycopersicon peruvianum*, *L. hirsutum*, *L. cheesmani*, *glandulosum* (Jaramillo y Lobo, 1984; Flores, 1986).



## ▶ VALOR NUTRICIONAL Y MEDICINAL

El tomate es rica fuente de vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, C, E y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (Jaramillo *et al.*, 2006) (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2. Composición nutricional del tomate por 100 gramos de parte comestible**

MACRONUTRIENTES (gramos)									
% PARTE COMESTIBLE	KILOCALORÍAS	AGUA	PROTEÍNAS	GRASA TOTAL	ÁCIDOS GRASOS POLIINSAT.	CARBOHIDRATOS	FIBRA CRUDA	FIBRA DIETARIA INS.	CENIZA
91	19	94,0	0,9	0,2	0,1	4,3	0,5	0,8	0,6

MICRONUTRIENTES																
MINERALES (mg)							VITAMINAS (mg)									
Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Zn	Cu	Mn	RETINOL A	TIAMINA B1	RIBOFLAVINA B2	NIACINA B3	ÁCIDO PANTOTÉNIC B5	PIRIDOXINA B6	ÁCIDO FÓLICO B9	ÁCIDO ASCÓRBICO C
7	23	0,5	8	207	11	0,1	0,1	0,1	1,133	0,1	0,1	0,6	0,3	0,1	9	18

Fuente: Tabla de Composición de Alimentos CAN

El tomate es rico en licopeno, pigmento que le proporciona su característico color rojo, sustancia que también se encuentra en las sandías, las zanahorias, los albaricoques y los pomelos, con la diferencia de que el tomate es el que mayor proporción tiene de este pigmento, hasta el punto de proporcionar el 90% del necesario para el organismo (Jaramillo *et al.*, 2007).

El licopeno es el más potente de los antioxidantes: se ha demostrado que este componente puede prevenir e incluso combatir el cáncer debido a que protege las células de los efectos de la oxidación; se libera sobre todo al cocinarse, razón por la cual es bueno comerse el tomate en salsa y en lo posible acompañado con aceite o queso (porque así se absorbe mejor). Además, posee el antioxidante glutatión, que ayuda a depurar los productos tóxicos e impide la acumulación de materiales pesados en el organismo (Jaramillo y Atehortúa, 2002).

El consumo de tomate estimula el sistema inmune, lo cual ayuda a detener las enfermedades degenerativas. Es recomendado para el manejo de enfermeda-



des como reumatismo, gota, arteriosclerosis, parálisis, úlceras del estómago, tuberculosis, diabetes, estreñimiento, colitis, males de la garganta y el oído; también disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de boca, páncreas, cuello uterino, próstata, pulmón y estómago. Esta hortaliza es un conocido remineralizante y desintoxicante; aparte de las toxinas que expulsa debido a su efecto diurético, también se encarga de eliminar el ácido úrico y de reducir el colesterol (Jaramillo *et al.*, 2007).

El tomate se puede consumir en fresco o transformado, ya sea como ingrediente de sopas, pastas, salsas o condimentos; sin embargo, las características de color y sabor lo hacen mucho más atractivo para el consumo en fresco. En Colombia se consume en fresco en casi todos los platos, incluyéndolo de una manera directa o indirecta en la ensalada y hasta en el guiso.

El sabor de los tomates está influenciado por los componentes del fruto. Su fruto está compuesto principalmente por agua (los sólidos constituyen únicamente de un 5 a un 7% del fruto). Cerca del 50% de los sólidos son azúcares, principalmente fructosa y glucosa, y cerca del 12% son ácidos orgánicos (ácido málico y ácido cítrico). El fruto del tomate incluye otros componentes en pequeñas cantidades, tales como minerales (K, Ca, Mg, P), proteínas, sustancias pépticas, pigmentos, aminoácidos, vitaminas, ácido ascórbico y polifenoles. Todos estos compuestos afectan su sabor y aroma, e igualmente pueden estar influenciados por las características genéticas de la variedad y por las prácticas agronómicas empleadas en su producción (Zeidan, 2005).

## MORFOLOGÍA

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva anualmente. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y según el hábito de crecimiento las variedades se dividen en determinadas (Figura 3.1) e indeterminadas (Figura 3.2). En las variedades determinadas su crecimiento es limitado, lo contrario que en las indeterminadas, donde es ilimitado. Las variedades de hábito determinado son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas; poseen inflorescencias apicales. Las variedades de hábito indeterminado tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos, presentan la yema terminal del tallo vegetativa y hay de tres o más hojas entre cada inflorescencia a lo largo del



tallo. Las variedades de tomate para agroindustria son por lo general de hábito determinado, con frutos en forma de pera o ciruela, redondos, alargados acozonados o cilíndricos. Las variedades de tomate para mesa y tipo chonto y cherry tienen por lo general hábito indeterminado, y las plantas necesitan de tutores que conduzcan su crecimiento (Flores, 1986; CATIE, 1990; Martínez, 2001; Zeidan, 2005). Bajo invernadero en el país generalmente se cultivan las variedades de crecimiento indeterminado.



**Figura 3.1. Tomate de crecimiento determinado**



**Figura 3.2. Tomate de crecimiento indeterminado**

El tipo de ramificación de la planta es simpódico; el tallo principal forma de seis a doce hojas, que crecen lateralmente antes que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El desarrollo subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual produce un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. Los siguientes segmentos del tallo se desarrollan de forma similar, produciendo una inflorescencia cada tres hojas a partir de la primera que aparece tras la quinta a séptima hoja (Flores, 1986).

### **Raíz**

El sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Internamente, tienen bien diferenciadas tres zonas: la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes, especializados en tomar agua y nutrientes; el córtex; y el cilindro central o vascular, donde se sitúa el xilema. La mayor parte de las raíces ocupan los primeros 20 a 25 cm del suelo (Flores, 1986).



### **Tallo**

El tallo principal de la planta de tomate tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias (Zeidan, 2005); además, tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. Los tallos y ramas son de consistencia herbácea, por lo cual la planta no se sostiene por sí sola, siendo necesario el empleo de tutores para su cultivo, particularmente en las variedades indeterminadas (Jaramillo y Lobo, 1984).

### **Hojas**

La planta presenta hojas compuestas, imparipinadas, con un folíolo terminal y de ocho a nueve folíolos laterales, los cuales generalmente son peciolados, lobulados, con borde dentado y recubiertos de pelos glandulares (Figura 3.3). Las hojas compuestas se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna (Jaramillo y Lobo, 1984; Flores, 1986; Zeidan, 2005).

### **Flores**

Las flores del tomate son perfectas o hermafroditas, regulares e hipóginas y constan de 5 o más sépalos y de 6 o más pétalos (Figura 3.4). Tienen un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que lo encierra, conformación que favorece la autopolinización.

El pistilo está compuesto de un ovario, de un estilo largo, simple y levemente engrosado. El ovario tiene entre dos y 20 óvulos, formados de acuerdo con la variedad y que reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples, ramificados, que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores, dependiendo de la variedad cultivada y de las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño, como Cherry, puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (1



**Figura 3.3. Hoja de una planta de tomate**



a 2 cm de diámetro). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 - 3 hojas.

Cuando se inicia la floración y las temperaturas son muy altas, se pueden presentar pocas flores por inflorescencia, lo contrario a cuando las temperaturas son bajas, pues pueden presentarse más flores por inflorescencia (Flores, 1986; Zeidan, 2005). Las flores presentan una zona de abscisión en la parte media del pedicelo, la cual se reconoce fácilmente, ya que se observa un abultamiento. De no formarse el fruto, la flor se desprende en esta zona y cae. En una misma inflorescencia se encuentran diferentes estados de desarrollo de las flores; es decir, flores sin abrir, en antesis o completamente abiertas y flores fecundadas. Normalmente, en un racimo abren una a dos flores por día. Las variedades de fruto grande presentan menor número de flores por inflorescencia que las que producen frutos más pequeños, como en el caso del tipo Cherry. En la planta, el cuajamiento de los frutos ocurre de abajo hacia arriba, o sea de las inflorescencias inferiores a las superiores (Jaramillo y Lobo, 1984).



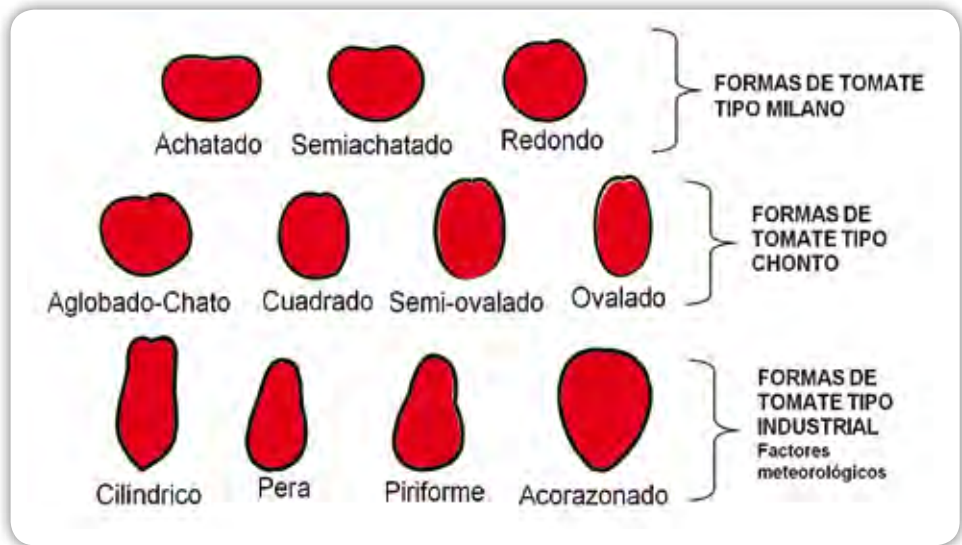
**Figura 3.4. Flor del tomate**

El proceso de floración se puede ver afectado por la temperatura, la radiación solar, el balance nutricional, el estrés hídrico en el suelo, la humedad relativa ambiental, la competencia con otros órganos de la planta y los tratamientos con reguladores de crecimiento, entre otros factores. De acuerdo con lo anterior, estas condiciones inducirán floraciones tardías o precoces, con mayor o menor número de flores y por ende mayores o menores rendimientos y calidad de los frutos (Martínez, 2001).



## Frutos

El fruto del tomate se denomina **baya** y presenta diferentes tamaños, formas (Figura 3.5), color, consistencia y composición, según el tipo de tomate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares (Figuras 3.6 y 3.7). En los lóculos se forman las semillas. Los frutos uniloculares son escasos, y los maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos; su maduración puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos estos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno. Es importante al momento de elegir una variedad determinar si el mercado acepta esta característica (Jaramillo y Lobo, 1984; Flores, 1986; Zeidan, 2005).



**Figura 3.5. Diferentes formas de los frutos de tomate (IPGR, 1996; Semillas Royal Sluis, 1999).**

El fruto del tomate está unido al pedúnculo a través de una articulación en la que se encuentra un punto de abscisión; algunas variedades no tienen este punto de abscisión, por lo que son definidas como variedades tipo *'jointless'*. Dichas variedades se usan principalmente para procesamiento, ya que se requiere que el fruto se separe fácilmente del cáliz (Zeidan, 2005).

Para la comercialización de frutos tipo Milano o ensalada, los frutos se recolectan con una porción de cáliz, mientras que en los tipos Chonto la presencia





**Figura 3.6. Frutos tetraloculares**



**Figura 3.7. Fruto plurilocular**

de este es indeseable. El tamaño del fruto y la calidad del mismo están genéticamente condicionados por la variedad, el número de semillas, su posición en el racimo, la posición del racimo en la planta y las prácticas culturales realizadas en el cultivo (como podas, fertilización, etc). Los frutos tipo Cherry pesan entre 8 hasta 20 g, y variedades de frutos grandes desde 180 a 250 g (Zeidan, 2005).

El tomate es un fruto climatérico; cuando se inicia el proceso de maduración, la respiración se incrementa, así como la producción de etileno, lo que conlleva al ablandamiento de la pared celular y a un incremento de azúcares.

### **Semillas**

La semilla del tomate es pequeña, generalmente de forma lenticular y con un diámetro de 3 a 5 mm. Puede ser de forma globular, ovalada, achatada o casi redonda, ligeramente elongada, plana, arriñonada, triangular y con la base puntiaguda; y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos (Figura 3.8). El embrión a su vez está constituido por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. Las semillas dentro del lóculo en sus últimas etapas de desarrollo aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Figura 3.9) (Jaramillo y Lobo, 1984; Flores, 1986; Zeidan, 2005). En un fruto se pueden encontrar entre 100 y 300 semillas dependiendo, proporcionalmente, del tamaño del fruto. Un gramo de semillas contiene entre 300 a 400 unidades.

La semilla de tomate puede presentar latencia, la cual puede romperse por exposición a la luz, con tratamientos alternos de bajas y altas temperaturas o remojándolas en una solución de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) (Jaramillo y Lobo, 1984).





**Figura 3.8. Detalle de las semillas del tomate**



**Figura 3.9. Semillas de tomate dentro de la pulpa del fruto**

## ▶ TIPOS DE TOMATE

Los tomates se agrupan en diferentes categorías según su uso (consumo en fresco e industria) y de acuerdo con la forma externa de los frutos. Generalmente se tienen cuatro tipos: Milano, Chonto, Cherry e Industrial.

### **Tomate tipo Milano**

Los tomates tipo Milano son los más grandes, de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y un peso promedio de entre 200 y 400 g; se utilizan principalmente en ensaladas, en forma de rodajas, y se consumen



maduros o verdes, siendo más preferidos los verdes (principalmente por los restaurantes). Este tipo de tomate tiene un mayor valor comercial y mejor palatabilidad; su presentación comercial es con el cáliz adherido al fruto (Figura 3.10).



**Figura 3.10. Tomate tipo Milano**

Dentro de los milanos se ubican los tomates arriñonados o acostillados, consumidos en mayor cantidad antes de entrar los materiales milanos mejorados larga vida. La mayoría de tipos arriñonados provienen de antiguas variedades Marmande, variedades de polinización abierta muy apreciadas en ensaladas por sus características organolépticas, especialmente por su sabor y alto contenido de azúcares. La limitante es su baja productividad y susceptibilidad a enfermedades. En nuestro país es muy común encontrar tomates de forma arriñonada, que se conocen comúnmente como tomates tipo 'riñón' y se consumen preferentemente en verde (Figura 3.11).



**Figura 3.11. Tomates arriñonados**



### **Tipo fresco larga vida**

Este es un tipo de tomate que se distingue por haber sido mejorado específicamente para una más prolongada conservación, o larga vida en poscosecha. Ha sido obtenido a través de cruzamientos con mutantes de maduración lenta (con el gen *rin*) o por medios de ingeniería genética que introducen al germoplasma genes antisentido que causan una maduración lenta. Estos cultivares se usan en cultivos para frutos de consumo en fresco, al aire libre o en invernaderos, y sus frutos son similares a otros, excepto en su larga vida útil en poscosecha y en su gran dureza (Zeidan, 2005).

### **Tomate tipo Chonto**

Estos tomates son de forma redonda u ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos; se consumen en fresco y son utilizados en la preparación de guisos, pastas, ensaladas y encurtidos. Los frutos tienen un peso promedio de 70 a 220 g (Figura 3.12).



**Figura 3.12. Tomate tipo Chonto**

### **Tomate tipo Cherry**

El tipo Cherry originalmente procede de la domesticación de la especie *L. pinelifolium*. Comercialmente se empezó a introducir en Europa a mediados del siglo XX para sustituir el tomate troceado en ensaladas (previamente preparadas para los aviones y restaurantes). Hay formas tipo pera, bombillo o redonda, así



como de colores amarillo, rojo, naranja o morado. Posee frutos de tamaño muy pequeño (entre 18 a 30 mm de diámetro) (Zeidan, 2005) y con un peso promedio de 10 g. Se agrupa en ramilletes de 15 o más frutos. Su consumo preferentemente es en fresco, como pasabocas, en cócteles y para decorar platos (Figura 3.13).



**Figura 3.13. Tomate tipo Cherry**

### **Tomates en racimo**

Son variedades tipo Cherry con frutos medianos que tienen la particularidad de que todos en el mismo racimo llegan al estado maduro al mismo tiempo, lo que permite su cosecha total cortándolos como un racimo de uvas y no cosechándolos en forma individual, como en las variedades tradicionales (Figuras 3.14 y 3.15). Este tipo proviene de la costumbre cultural italiana que practicada desde hace muchos años, donde el ama de casa colgaba en la cocina el ramillete de tomate e iba utilizando los frutos de arriba hacia abajo buscando los más maduros, tal y como los iba consumiendo. El número de frutos por racimo varía entre 6 a 9, según la variedad. Los tomates en racimo son un producto exótico, dando un valor agregado que mejora la forma de presentación comercial de los frutos; su consumo puede ser en fresco o para decoración de platos. Las variedades útiles para el cultivo de tomate en racimo deben tener un tallo y un cáliz que puedan permanecer verdes el mayor tiempo posible para mostrar frescura, como si el racimo hubiese sido recién cosechado, y con el fin de evitar que los frutos no se desprendan fácilmente del racimo durante el transporte (Zeidan, 2005).





**Figura 3.14. Tomates en racimo**



**3.15. Tomates tipo Cherry en racimo**

### **Tomate tipo Industrial**

Una de las grandes formas de consumo del tomate es la industria en sus múltiples presentaciones. Los tomates tipo Industrial se caracterizan por tener gran cantidad de sólidos solubles que los hacen atractivos para su procesamiento, principalmente en la producción de salsas, pastas, zumos, purés, trocitos o cubitos, deshidratados, en polvo o pelados. Se encuentran diferentes formas, desde redondos hasta piriformes, y son de un color rojo intenso (Figura 3.16).



**Figura 3.16. Planta y fruto del tomate tipo Industrial**

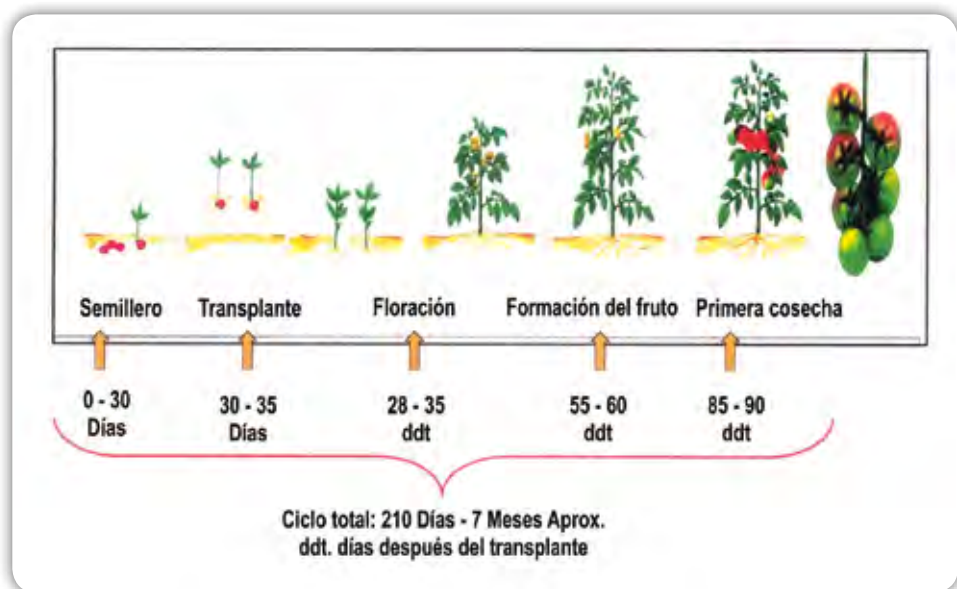
## **FENOLOGÍA DEL CULTIVO**

La fase de desarrollo vegetativo de la planta comprende cuatro subetapas que se inician desde la siembra en semillero, seguida de la germinación; posteriormente la formación de tres a cuatro hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo, con una duración aproximada de 30 a 35 días del trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia.



Una vez florece la planta se inicia la fase reproductiva, que incluye la etapa de floración que se inicia a los 25 - 30 días después del trasplante, desde la formación del fruto y su llenado hasta la madurez para su cosecha, entre los 85 a 100 días después del trasplante. La etapa reproductiva tiene una duración cercana a los 180 días. El ciclo total del cultivo es de aproximadamente siete meses cuando el cultivo se lleva a diez racimos (Figura 3.17).

- Fase juvenil: desde la semilla hasta las primeras hojas y flores (semillero a trasplante).
- Fase vegetativa: desde las 6 a 8 hojas hasta el inicio de la floración (periodos críticos: iniciación y crecimiento del primer racimo).
- Fase de floración a prerrecolección del primer racimo:
  - Aumenta la carga de frutos continuamente
  - El tallo se prolonga cada tres hojas
  - Cuajado y llenado de frutos
  - La maduración del primer racimo coincide con la floración del 7-10 racimo
- Fase maduración y recolección de frutos: se presenta carga máxima de frutos en la planta, un equilibrio frutos/vegetación y un ritmo regular de desarrollo de racimos y hojas.
- Fase posterior a recolección del segundo racimo: floración 9 - 12 racimo (cultivares indeterminados). Se presenta un ritmo regular de desarrollo de racimos. (Martínez P. F., 2001).



**Figura 3.17. Fases fenológicas de un cultivo de tomate**



## **MATERIALES DE TOMATE PARA LA PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO**

La producción de tomate bajo invernadero se basa principalmente en la siembra de híbridos, los cuales son desarrollados por grupos de fitomejoradores vinculados con empresas multinacionales. Las semillas de estos materiales son vendidas en su mayoría por casas importadoras y distribuidoras de semillas. Entre las ventajas que presentan dichas semillas híbridas se destacan su alto vigor, buena uniformidad, alta producción, excelente calidad y tolerancia a algunas enfermedades.

El productor –con el fin de garantizar el éxito en el cultivo– debe comprar semillas certificadas, con registro ICA, que sean producidas por compañías acreditadas y que estén apropiadamente empacadas; además, para asegurar la calidad de lo que está comprando, la etiqueta debe incluir las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla, incluyendo una evaluación que describa su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar.

La elección de un híbrido o variedad depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor. El material a sembrar será aquel que reúna todas las exigencias de cada agente de la cadena de producción. El productor selecciona un material de alto rendimiento, de buena apariencia, buen precio, adaptado a sus condiciones agroecológicas, con tolerancia a enfermedades (considerando los antecedentes fitosanitarios del área donde se cultivará), lo que asegura –si se da un manejo agronómico adecuado– altas producciones y menor uso de pesticidas para el manejo de plagas y enfermedades, con una vida poscosecha adecuada para resistir el manipuleo y soportar el transporte a los centros de comercialización.

Para los comercializadores y distribuidores del producto la apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida en estante son los factores más importantes. Por otra parte, los consumidores consideran de buena calidad un tomate con excelente apariencia, firme, de color y maduración uniforme, de buen sabor, buen precio y con una mayor duración en poscosecha.

A continuación se hace una descripción de los materiales de tomate más utilizados para su siembra bajo condiciones protegidas o de invernadero que son promocionados por diferentes casas comerciales:



## 1. Tomates tipo Chonto

### **Híbrido Torrano**

La planta del híbrido Torrano (Figura 3.18) se caracteriza por su buen vigor y tamaño, presentando tallos fuertes y entrenudos medios que permiten una formación de racimos más concentrada y muy bien ventilados. Es un material de crecimiento indeterminado, de larga vida estructural. El fruto es del tipo Chonto, de muy buen tamaño y peso (140 a 160 g). En Colombia se siembra en los departamentos de Quindío, Santander, Caldas y Antioquia. Es precoz y se adapta a zonas de producción de clima frío y medio (1.700 a 2.500 msnm); igualmente es tolerante a bajas temperaturas y resistente a enfermedades como *Alternaria*, nematodos, virus del mosaico, *Verticillium* o *Fusarium* 1 y 2. Al madurar su color es rojo y presenta textura firme (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.18. Híbrido Torrano**

### **Híbrido Calima**

Material de crecimiento indeterminado, muy precoz; se adapta a climas cálidos y medios, presentando plantas vigorosas, con hojas verde oscuro y frutos grandes (150 a 190 g), rojos, muy firmes y brillantes. Resistente al virus del mosaico del tabaco (TMV), nematodos, *Verticillium* y *Fusarium* 1 y 2 (Figura 3.19) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.19. Híbrido Calima**

### **Híbrido Tinto**

Tomate tipo Río Grande, de crecimiento determinado, precocidad media, de plantas muy vigorosas y con buena cobertura (Figura 3.20). Presenta racimos con 4 a 6 frutos de buen tamaño (150 y 190 g), muy consistentes, de forma ovalada, color rojo intenso brillante y excelente poscosecha. Posee resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* 1, 2 y 3, virus del mosaico del tabaco (TMV), virus de la cuchara (TYLCV) y *spotted wild* (SW) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.20. Híbrido Tinto**

### **Híbrido Comunero**

Tomate de crecimiento determinado y frutos grandes (150 a 90 g), firmes, de buen color y alto rendimiento (Figura 3.21). Resistente a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium*, *Stemphylium*, virus mosaico del tabaco (TMV) y peca bacteriana *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.21. Híbrido Comunero**

### **Híbrido Chicamocho**

Tomate de frutos grandes y firmes (Figura 3.22), de buen color y alto rendimiento. Resistente a *Fusarium* 2, *Verticillium*, *Stemphylium*, virus mosaico del tabaco (TMV) y peca bacteriana *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.22. Híbrido Chicamocho**



### **Híbrido Tequila**

Tomate tipo Chonto que presenta plantas vigorosas, de crecimiento indeterminado y frutos firmes y grandes (130 g), triloculares, bien formados, de color rojo, muy brillantes y con excelente duración poscosecha (Figura 3.23). Resistencia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, nematodos y *Cadosporium* (Semillas Vilmorin, 2009).



**Figura 3.23. Híbrido Tequila**

### **Híbrido Chévere**

Tomate tipo Chonto, de plantas vigorosas, crecimiento indeterminado, con frutos triloculares de más de 160 g (Figura 3.24), uniformes, de color rojo intenso y brillantes. Frutos extra firmes, con excelente duración poscosecha. Presenta resistencia a enfermedades tales como virus del mosaico del tabaco (TMV), *Verticillium*, *Fusarium oxysporum* raza 1 y 2, *Fusarium radicans* y nematodos (Semillas Vilmorin, 2009).



**Figura 3.24. Híbrido Chévere**

### **Híbrido Surya**

Planta de vigor medio, de crecimiento determinado. Frutos tipo pera, triloculares, firmes, grandes (120 g), con excelente brillo, muy uniformes, de color rojo intenso, con excelente duración poscosecha (Figura 3.25). Presenta cosechas concentradas y resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* 2 y nematodos (Semillas Vilmorin, 2009).



**Figura 3.25. Híbrido Surya**

### **Híbrido Cumanday**

Tomate de crecimiento indeterminado, muy vigoroso, con plantas medianamente compactas, con entrenudos medianos. Hojas de muy buen tamaño, de folíolos grandes y buena cobertura. Frutos de buen tamaño (6,0 y 6,5 cm de diámetro y 180 a 190 g de peso). De forma cordiforme a cuadrado, buen cierre pistilar, a veces hendido. Buen color y brillo. Racimos con 5 a 6 tomates (Figura 3.26). Resistente a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium*, nematodos y virus del mosaico del tabaco (TMV) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.26. Híbrido Cumanday**

### **Híbrido Bonus**

Tomate tipo Chonto, de crecimiento indeterminado, que se adapta bien a condiciones de clima cafetero y cálido, con ciclo de 90 a 110 días después de trasplante. Frutos cuadrados, de 150 a 180 g (Figura 3.27). Posee resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, nematodos, *Stemphylium*, peca bacterial *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, virus mosaico del tomate (ToMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.27. Híbrido Bonus**

### **Híbrido Andino**

Tomate de hábito de crecimiento indeterminado, con plantas abiertas y vigorosas, y hojas grandes, abiertas ligeramente inclinadas hacia abajo; entrenudos relativamente largos que, en combinación con las hojas, generan una relativa buena cobertura; racimos de 5 a 7 tomates, muy bien distribuidos en el raquis; frutos oblongos, muy firmes, bien aceptados en el mercado, de muy buen color y brillo en la maduración (Figura 3.28). Posee un buen cierre pistilar y presenta en ocasiones tomates apezonados. Tamaño de los frutos intermedios de muy buen peso (140



**Figura 3.28. Híbrido Andino**



a 170 g). Resistente a *Verticillium*, *Fusarium* 0 y 1, virus mosaico del tabaco (TMV), peca bacterial *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y nematodos (Impulse semillas, 2009).

### **Híbrido Santa Clara**

Son plantas de crecimiento indeterminado tipo Chonto, producen frutos de color rojo intenso, de buen brillo, uniformes y de buen peso (190 g) (Figura 3.29). Se siembra en Cundinamarca, Boyacá, Huila y Tolima. Es resistente al aborto floral y a enfermedades causadas por *Verticillium* 1, *Fusarium* 1 y 2, marchitez bacterial, *Stemphylium* y nematodos (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.29. Híbrido Santa Clara**

### **Híbrido Kyndío Colombia**

Es un tomate de hábito indeterminado, tipo Chonto, con alto rendimiento y excelente uniformidad, gran vigor, tamaño y tolerancia a bajas temperaturas; además tiene un tallo fuerte y entrenudos cortos, lo cual permite una formación de racimos más concentrada y uniforme. El fruto es de muy buen tamaño y peso (140 a 160 g) (Figura 3.30). Al madurar su interior es rojo, de textura suave y jugosa. Se cultiva en Cundinamarca. Es resistente a *Verticillium* y *Fusarium* 1 y 2, nematodos, peca bacterial y *Stemphylium* (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.30. Híbrido Kyndío Colombia**

### **Híbrido Atala**

Tipo saladette (Chonto ligeramente elongado), de hábito de crecimiento indeterminado, para siembra a campo abierto o bajo invernadero (Figura 3.31). Tolerancia a virus de la cuchara (TYLCV), resistente al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2 y nematodos. Peso pro-

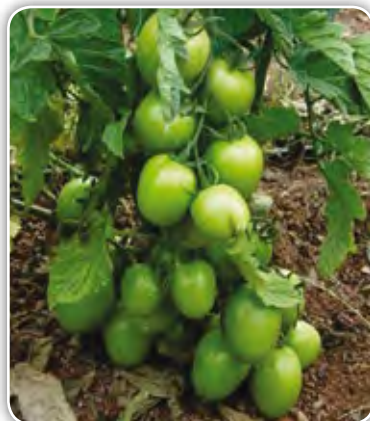


**Figura 3.31. Híbrido Atala**

medio de frutos: 160 g. Se cultiva a campo abierto en Garzón, Pitalito (Huila), Restrepo y Darién (Valle), Miranda (Cauca), Mesa de los Santos (Santander) y bajo invernadero en Valle de Tenza (Boyacá) (Semillas Clause Tezier, 2009).

### **Híbrido Boshara**

Tipo saladette (Chonto oval alargado), con hábito de crecimiento indeterminado, vigoroso para siembra a campo abierto o bajo invernadero, con alta tolerancia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium oxysporum lycopersici* razas 1 y 2, *F. oxysporum radicum* y nematodos. Alta productividad, racimos hasta de 16 frutos de primera calidad, excelente poscosecha y peso promedio de 130 g (Figura 3.32). Se cultiva a campo abierto y bajo invernadero en Tenza y Villa de Leyva (Boyacá), Dagua y Palmira (Valle) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.32. Híbrido Boshara**

### **Híbrido Pacal**

Tipo saladette (Chonto ligeramente elongado) con hábito de crecimiento indeterminado. Planta de maduración precoz, apta para siembra a campo abierto o bajo invernadero, con alta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), y tolerancia intermedia a virus de la cuchara (TYLCV); *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2 y nematodos. Con excelente calidad, de frutos firmes y grandes y excelente poscosecha, peso promedio de frutos 170 g (Figura 3.33). Se cultiva en campo abierto y bajo invernadero en Villa de Leyva y Valle de Tenza (Boyacá), Funza y Fusagasugá (Cundinamarca) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.33. Híbrido pacal**

### **Híbrido Colibrí**

Tipo saladette con hábito de crecimiento indeterminado, para siembra a campo abierto o bajo invernadero y alta tolerancia al virus del



**Figura 3.34. Híbrido Colibrí**



mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium oxysporum lycopersici* 1, 2 y 3, *F. oxysporum radicans* y nematodos. Excelente calidad de frutos, con un peso promedio de 180 g y muy buena poscosecha (Figura 3.34). Se cultiva bajo invernadero en el Eje Cafetero y Rionegro (Antioquia), y Socorro (Santander) (Semillas Clause Tezier, 2009).

### **Híbrido Sandokan**

Plantas vigorosas, crecimiento determinado. Frutos con peso entre los 150 a 170 g (Figura 3.35). Se cultiva en zonas templadas y cálidas que van desde los 0 a 1.800 msnm, principalmente en Santander. Es tolerante a TSWV, *Verticillium*, *Fusarium*, nematodos y *Pseudomonas syringae* (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.35. Híbrido Sandokan**

### **Híbrido San Isidro**

Planta vigorosa, de crecimiento determinado, follaje medio, con buena cobertura. Sus frutos son uniformes (150 a 170 g) (Figura 3.36). Se cultiva en zonas templadas y cálidas que van desde los 0 a los 1.800 msnm. Se siembra principalmente en Santander a campo abierto o en invernadero. Es tolerante a *Verticillium*, *Fusarium*, nematodos y *Pseudomonas syringae* (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.36. Híbrido San Isidro**

### **Híbrido Bachué**

Planta de crecimiento indeterminado; se recomienda para cultivo en invernadero o a campo abierto. Racimos con 5 a 7 frutos que poseen una pared gruesa, excelente cierre pistilar y maduración uniforme; así mismo un muy buen sabor y excelente poscosecha, con peso entre 140 a 180 g (Figura 3.37). Bachué se adapta desde los 1.000 a 2.000 msnm y tiene una planta con resistencia alta al virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del torrado (ToTV), *Fusarium oxysporum lycopersici* razas 1 y 2, *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae* y nematodos (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*) (Coelagro, 2009).



**Figura 3.37. Híbrido Bachué**

### **Híbrido Gem 604**

Planta de crecimiento indeterminado, de alta productividad, follaje medio, entrenudos cortos, frutos uniformes con peso promedio de 180 a 200 g, excelente color y sabor (Figura 3.38). Resistencia a *Verticillium albo-atrum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* razas 1 y 2, virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV) y nematodos (Agroindustria de Semillas, 2009).



**Figura 3.38. Híbrido Gem 604**

### **Híbrido Carina**

Planta compacta de entrenudos cortos, alta productividad, peso promedio de frutos entre 160 y 200 g, moderada resistencia a geminivirus TY (Figura 3.39) (Semprecol, 2010).



**Figura 3.39. Híbrido Carina**

## **2. Tomates tipo Milano**

### **Híbrido Granitio**

Material de crecimiento indeterminado, con frutos denominados ‘larga vida’ por su gran durabilidad en poscosecha; presenta plantas de buen vigor, de porte bajo, con entrenudos cortos y frutos con buena firmeza y peso (160 a 220 g). Sus frutos poseen paredes gruesas –que le proporcionan una excelente firmeza y lo hacen ideal para el transporte– y un excelente cierre pistilar (Figura 3.40). Se cultiva en la sabana de Bogotá por su tolerancia al frío. Resistente a nematodos, *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2 y virus del mosaico del tomate (ToMV); tolerante a *blotchy ripening* y *cracking* (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.40. Híbrido Granitio**



### **Híbrido B-52**

Material de tomate híbrido indeterminado, larga vida, que conserva un excelente calibre y firmeza en sus racimos superiores. Presenta frutos con pesos entre 180 a 220 g, muy uniformes y lisos que en su madurez son de un color rojo intenso brillante (Figura 3.41). Por su rusticidad, tiene mayor tolerancia a suelos salinos y no presenta hombro verde. Posee plantas vigorosas de porte medio, con buena cobertura. Se adapta muy bien entre los 1.300 a 2.100 msnm con preferencia en zonas de muy buena luminosidad. Tolerante a *Verticillium* 1, *Fusarium* 1 y 2, virus del encrespamiento foliar amarillo del tomate (TYLCV), virus del mosaico del tomate (ToMV) y *Alternaria* (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.41. Híbrido B-52**

### **Híbrido Astona**

Híbrido tipo Milano larga vida, de crecimiento indeterminado, apto para invernadero o campo abierto; presenta plantas vigorosas, con excelentes rendimientos, frutos grandes, de buen peso (180 a 200 g), de forma globosa, algo achatados, de excelente sabor y color, maduración normal, de corteza y pulpa dura, buen llenado; al partir en tajada no se deforma (Figura 3.42). Tiene buena resistencia a los cambios extremos de temperatura, excelente cuaje del fruto en zonas frías y zonas calientes. Inicia producción de los 70 a 100 días. Resistente a la raza 1 de *Verticillium* (*Verticillium dahliae*), razas 1 y 2 de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*), nematodos (*Meloidogyne incognita* y *M. Javanica*) y virus mosaico del tabaco (TMV) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.42. Híbrido Astona**

### **Híbrido Esmeralda**

Plantas de crecimiento indeterminado, de vigor medio, compactas, de hojas delgadas y buena cobertura; frutos larga vida, redondos, achatados y muy densos, con pesos entre 190 a 220 g (Figura 3.43). Con resistencia a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium* 1, virus mosaico del tabaco (TMV) y nematodos (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.43. Híbrido Esmeralda**

### **Híbrido Rubí**

Plantas de vigor medio, compactas, de hojas delgadas, con buena cobertura. Frutos larga vida, redondos, achatados, muy densos y con pesos entre 190 a 220 g (Figura 3.44). Tiene resistencia a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium* 1, virus mosaico del tabaco (TMV) y nematodos (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.44. Híbrido Rubí**

### **Híbrido Aurora**

Híbrido tipo Milano larga vida; utilizado tanto bajo invernadero como a campo abierto; en clima frío bajo cobertura resiste bien las bajas temperaturas. Es una planta de crecimiento indeterminado, con hojas grandes y de buen cubrimiento y de frutos grandes, globosos, algo achatados, con un peso de 220 a 270 g y de buen color. Inicia producción de los 70 a los 100 días. El diámetro promedio del fruto es de 7,6 cm, y su longitud promedio es de 6,0 cm (Figura 3.45). El porcentaje de frutos de primera es de 91%, de segunda 8% y de tercera 1%. Resistente a raza 1 de *Verticillium* (*Verticillium dahliae*), razas 1 y 2 de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*), virus del mosaico del tabaco (TMV) y nematodos (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.45. Híbrido Aurora**

### **Híbrido Sofía**

Material de tomate híbrido de crecimiento indeterminado, tipo larga vida, que garantiza frutos de mayor firmeza, con mayor aguante en poscosecha (Figura 3.46). Su planta es vigorosa, con óptima protección de frutos al golpe de sol (230 y 250 g) y se siembra en los municipios de Boyacá (Villa de Leyva, Santa Sofía, Samacá y el Valle de Tenza).

Presenta tolerancia a *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, nematodos y virus del mosaico del tabaco (TMV) (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.46. Híbrido Sofía**



### **Híbrido Marimba**

Tomate larga vida. Plantas vigorosas, abiertas, de buena cobertura, con frutos redondos, achatados y firmes (Figura 3.47), con pesos entre 200 y 220 g. Resistente a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium* 1 y 2, virus del mosaico del tabaco y madurez manchada (*blotchy ripening*) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.47. Híbrido Marimba**

### **Híbrido Magnate**

Plantas vigorosas, compactas, con buena cobertura y frutos de 250 a 350 g, globosos, de excelente color y sabor (Figura 3.48). De muy buen comportamiento en el Valle del Cauca, Huila y Santander. Presenta resistencia a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium* 1 y 2, *Stemphylium*, nematodos y virus del mosaico del tabaco (TMV) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.48. Híbrido Magnate**

### **Híbrido Supermagnate**

Tomate tipo larga vida, de plantas vigorosas con hábito de crecimiento determinado, altas, compactas, de buena cobertura y frutos de 250 a 300 g, con racimos con 4 a 6 frutos, globosos (Figura 3.49). De muy buen comportamiento en el Valle del Cauca, Huila y Santander. Presenta resistencia a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium* 1, virus mosaico del tabaco (TMV), virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV) (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.49. Híbrido Supermagnate**

### **Híbrido Ingrid**

Plantas vigorosas, compactas, crecimiento determinado de buena cobertura, con frutos globosos y algo achatados, de buen tamaño, con pesos entre 250 a 280 g (Figura 3.50). Resistente a *Fusarium* 1 y 2, *Verticillium*, virus mosaico del tabaco (TMV), geminivirus TY, virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV) y nematodos (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.50. Híbrido Ingrid**

### **Híbrido Rebeca**

Híbrido tipo Milano larga vida, de plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad; de crecimiento indeterminado, entrenudos cortos, frutos sabrosos y uniformes de color rojo intenso, con un peso promedio de 180 a 220 g, un diámetro promedio de 5,2 cm y una longitud promedio de 5,1 cm (Figura 3.51). Es resistente a raza 1 de *Verticillium dahliae*, razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum*, y raza 1 del virus del mosaico del tomate (ToMV). Ideal para transporte a larga distancia. Inicia cosecha de los 90 a 100 días (Semprecol, 2008).



**Figura 3.51. Híbrido Rebeca**

### **Híbrido Sheila**

Híbrido tipo Milano larga vida, plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad, de crecimiento indeterminado, entrenudos cortos, con frutos sabrosos y uniformes de color rojo intenso y un peso promedio de 165 g. Diámetro del fruto 5,6 cm en promedio, longitud promedio de fruto 5,6 cm (Figura 3.52). Es resistente a raza 1 de *Verticillium dahliae*, razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum* y raza 1 del virus del mosaico del tomate (ToMV). Ideal para transporte a larga distancia, se adapta a alturas desde el nivel del mar hasta 1.800 m. Inicia cosecha de los 90 a los 100 días (Semprecol, 2008).



**Figura 3.52. Híbrido Sheila**



### **Híbrido Jennifer**

Tomate tipo larga vida, muy firme, con frutos de gran tamaño, entre los 240 a 260 g, de excelente color y sabor (Figura 3.53). Resistente a nematodos, *Verticillium 1*, *Fusarium 1 y 2*, y virus del mosaico del tomate (ToMV) (Semprecol, 2010).



**Figura 3.53. Híbrido Jennifer**

### **Híbrido Michelle**

Tomate larga vida, con frutos de gran tamaño (220 a 240 g) y muy firmes, de excelente color y sabor (Figura 3.54). Resistente a *Verticillium*, *Fusarium 1 y 2*, nematodos, virus del mosaico del tomate (ToMV) y virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV) (Semprecol, 2010).



**Figura 3.54. Híbrido Michelle**

### **Híbrido Reyna**

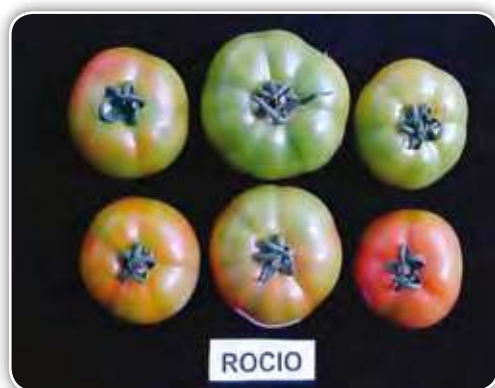
Larga vida, ideal para invernadero o campo abierto, con buena resistencia a bajas temperaturas. De crecimiento indeterminado. Posee frutos de 200 a 250 g y forma globosa, achatada, con tres a cuatro lóculos, de paredes gruesas, muy firmes y de buen color. El diámetro del fruto es de 8,7 cm aproximadamente y la longitud promedio de fruto es de 6,8 cm (Figura 3.55). Cuenta con un porcentaje de frutos de primera del 93%, de segunda 6% y de tercera 1%. Es tolerante al virus del mosaico del tomate (ToMV), razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* y nematodos (Impulse semillas, 2009).



**Figura 3.55. Híbrido Reyna**

### **Híbrido Rocío**

Planta con vigor mediano a alto, de entrenudos cortos y muy precoces. Alto rendimiento. Fruto con calibre grande (280 a 300 g), de excelente color y firmeza destacada; tipo larga vida (Figura 3.56). Resistente al virus del mosaico del tabaco (TMV), razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum*, raza 1 de *Verticillium dahliae* y nematodos (Semillas Rogers, 2009).



**Figura 3.56. Híbrido Rocío**

### **Híbrido Monalisa**

Híbrido tipo Milano larga vida; de plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad. De crecimiento indeterminado y con frutos uniformes, de color rojo intenso a la maduración con un diámetro de 6,4 cm, una longitud promedio de 5,9 cm y un peso entre 180 y 220 g (Figura 3.57). Resistente a raza 1 de *Verticillium dahliae*, razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum*, y raza 1 del virus del mosaico del tabaco (TMV). Inicia cosecha de los 90 a los 100 días (Semprecol, 2008).



**Figura 3.57. Híbrido Monalisa**

### **Híbrido Titán**

Material tipo larga vida, de frutos con peso promedio de 178 g, de sabor excelente y color rojo intenso (Figura 3.58). Resistente a la raza 1 de *Verticillium* y la raza 1 de *Fusarium* (Semprecol, 2008).



**Figura 3.58. Híbrido Titán**



### **Híbrido Pietro**

Tomate Milano de crecimiento indeterminado, ligeramente redondeado, de excelente firmeza y entrenudos cortos; mantiene calibre extra hasta el 8° racimo. Peso promedio de frutos, 250 g (Figura 3.59). Presenta alta tolerancia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* y tolerancia intermedia a *Stemphylium solani*. Se cultiva bajo invernadero en Tinjacá, Sutamarchán, Villa de Leyva, Santa Sofía y Valle de Tenza (Boyacá); en Rosal del Monte, Nariño, Chachagüí, Buesaco y La Florida (Nariño); y en Timbío, El Tambo y Piendamó (Cauca) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.59. Híbrido Pietro**

### **Híbrido Syta**

Milano, de crecimiento indeterminado y frutos ligeramente achatados, de excelente firmeza, tipo larga vida, buena calidad, con excelente brillo y color, buena fecundación a bajas temperaturas y un peso promedio de 220 g (Figura 3.60). Presenta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* razas 1 y 2, *Cladosporium* A, B, C, D, E, y nematodos. Se cultiva bajo invernadero en las zonas altas de La Capilla y Sutatenza (Boyacá) y en La Laguna (Nariño) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.60. Híbrido Syta**

### **Híbrido Viviana**

Tomate Milano, de hábito de crecimiento indeterminado, tipo larga vida, con frutos ligeramente achatados, de excelente firmeza y buena calidad, con sabor y color, y un peso promedio de 210 g (Figura 3.61). Planta compacta y rústica que presenta alta tolerancia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium oxysporum lycopersici* 1 y 2, *F. oxysporum radicans* y nematodos. Se cultiva bajo invernadero en Valle de Tenza (Boyacá) y Montenegro (Quindío) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.61. Híbrido Viviana**

### **Híbrido Campeón**

De hábito de crecimiento indeterminado, frutos ligeramente achatados, de buena calidad y excelente firmeza estructural, con un peso promedio de 210 g; planta compacta, con alta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, y nematodos (Figura 3.62). Se cultiva bajo invernadero en Valle de Tenza (Boyacá); El Tambo y Timbío (Cauca); y Buesaquillo y Buesaco (Nariño) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.62. Híbrido Campeón**

### **Híbrido Alambra**

Tomate Milano de hábito de crecimiento indeterminado, ligeramente redondeado, de excelente firmeza, larga vida y excelente color y sabor, y peso promedio de frutos 210 g (Figura 3.63). Tiene alta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* A, B, C, D, E y nematodos. Se cultiva bajo invernadero o campo abierto en Tinjacá, Sutamarchán, Villa de Leyva, Santa Sofía y Valle de Tenza (Boyacá); y en Villa Moreno (Nariño) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.63. Híbrido Alambra**

### **Híbrido Lorely**

Milano de hábito de crecimiento indeterminado, ligeramente redondeado y excelente firmeza (Figura 3.64). Tiene un peso promedio de frutos 230 g; con alta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium*, *Stemphylium* y tolerancia intermedia al virus de la cuchara (TYLCV). Se cultiva bajo invernadero en Tinjacá, Sutamarchán, Villa de Leyva, Santa Sofía y Valle de Tenza (Boyacá); en Villa Moreno, Chachagüí, Buesaco y La Florida (Nariño); en Timbío, El Tambo, Piendamó (Cauca); y en Fusagasugá (Cundinamarca) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.64. Híbrido Lorely**



### **Híbrido Mirely**

Tomate saladette (elongado) (Figura 3.65), doble propósito (proceso y mercado fresco), hábito de crecimiento indeterminado, excelentes grados Brix y color, alto contenido de sólidos, y con alta tolerancia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, *Stemphylium*, y tolerancia intermedia al virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV) y virus de la cuchara (TYLCV). Peso promedio de frutos: 150 g. Se cultiva en Palmira (Valle) y en Girón, Socorro y Mesa de los Santos (Santander) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.65. Híbrido Mirely**

### **Híbrido Casandra**

Planta vigorosa de crecimiento indeterminado. Ideal para sembrar en invernadero. Presenta frutos grandes (250 g), multiloculares, brillantes y de coloración intensa, muy firmes y con buena duración poscosecha (Figura 3.66). De alta productividad. Se puede cosechar pintón o verde y se cultiva en Santander, Valle del Cauca y Cundinamarca (en Ubaté). Resistencia a enfermedades *Verticillium*, *Fusarium* 0 y 1, nematodos, virus del mosaico del tomate (ToMV), TYLCV y virus del bronceado del tomate (TSWV) (Semillas Vilmorin, 2009).



**Figura 3.66. Híbrido Casandra**

### **Híbrido Indaba**

Planta robusta de crecimiento indeterminado, altamente productiva; con frutos de gran calibre, bien formados (grandes, brillantes y multiloculares de 240 g en promedio), muy firmes y con buena duración poscosecha; ideal para sembrar en invernadero o campo abierto (Figura 3.67). Alta productividad y gran cantidad de tomates selectos. Se cultiva en el Valle del Cauca y Boyacá. Resistencia a enfermedades: *Verticillium*, *Fusarium oxysporum* raza 0 y 1, nematodos y virus del mosaico del tomate (ToMV) (Semillas Vilmorin, 2009).



**Figura 3.67. Híbrido Indaba**

### **Híbrido Cuerdo**

De crecimiento indeterminado, planta resistente y de frutos uniformes (180 a 200 g) (Figura 3.68). Se cultiva en zonas desde los 1.400 a los 2.200 msnm en los departamentos de Boyacá y en la sabana de Bogotá. Resistencia a virus del mosaico del tabaco (TMV), *Verticillium*, *Fusarium* y nematodos. Se siembra en invernadero (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.68. Híbrido Cuerdo**

### **Híbrido Alborán**

Planta vigorosa, de follaje compacto y frutos uniformes (160 - 180 g) (Figura 3.69). Se cultiva en zonas desde los 1.800 a los 2.700 msnm. Apto para la sabana de Bogotá. Resistencia a virus del mosaico del tabaco (TMV), *Verticillium*, *Fusarium oxysporum* y *Stemphylium* (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.69. Híbrido Alborán**

### **Híbrido Beverly**

Planta resistente, de follaje medio, con buena cobertura y frutos uniformes, con un peso entre 160 y 180 g (Figura 3.70). Se cultiva en zonas desde los 1.800 a los 2.700 msnm. Apto para cultivo bajo invernadero en la sabana de Bogotá, Cundinamarca (Sumapaz) y Santander. Presenta resistencia al virus del mosaico del tomate (ToMV), virus de la marchitez del tomate (TSWV) *Verticillium*, *Cladosporium*, *Fusarium oxysporum* y *Stemphylium* (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.70. Híbrido Beverly**



### **Híbrido Yacalo**

De follaje medio y frutos achatados, con pesos entre 200 y 220 g (Figura 3.71). Esta planta robusta se cultiva en zonas que van desde los 1.600 a los 2.400 msnm (en Santander). Posee resistencia al virus del mosaico del tabaco (TMV), *Verticillium*, *Cladosporium*, *Fusarium oxysporum* y nematodos (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.71. Híbrido Yacalo**

### **Híbrido Valouro**

Planta vigorosa, de follaje compacto y buena cobertura con frutos semiglobosos (180 a 200 g) (Figura 3.72). Se cultiva en zonas que van desde los 1.600 a los 2.400 msnm, en la región de Ubaté (Cundinamarca). Se desarrolla bien en invernadero y presenta resistencia al virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del bronceado del tomate (TSWV), virus de la cuchara (TYLCV), *Verticillium*, *Fusarium* y nematodos (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.72. Híbrido Valouro**

### **Híbrido Adrale**

Planta de buen vigor, follaje medio, con frutos uniformes, de forma globosa y un peso entre los 200 a 220 g (Figura 3.73). Se cultiva en zonas desde los 1.600 a los 2.400 msnm, en las regiones del Cauca, Cundinamarca, Boyacá y Santander. Es resistente a virus del mosaico del tabaco (TMV), *Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium* y nematodos (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.73. Híbrido Adrale**

### **Híbrido Cibellia**

Planta de crecimiento indeterminado, vigorosa, entrenudos cortos y flores grandes, frutos uniformes (entre 170 y 180 g) (Figura 3.74). Se cultiva en zonas desde los 1.400 a los 1.800 msnm. Apto para cultivo bajo invernadero en la sabana de Bogotá, Cundinamarca (Sumapaz) y Santander. Resistencia a virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Cladosporium*, *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici* razas 1 y 2, y nematodos (Agroindustrial de Semillas, 2009).



**Figura 3.74. Híbrido Cibellia**

### **Híbrido Tybet**

Híbrido de crecimiento indeterminado, recomendado para cultivo en invernadero. Presenta racimos de 5 a 7 frutos. Sus frutos están entre 160 y 220 g, de pared gruesa, excelente cierre pistilar, maduración uniforme, muy buen sabor y color rojo en su maduración (Figura 3.75). Excelente en poscosecha. Planta con resistencia alta al virus del mosaico del tabaco, *Fusarium oxysporum lycopersici* razas 1 y 2, *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, nematodos (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*) y resistencia intermedia al virus de la cuchara (TYLCV) (Semillas Coelagro, 2009).



**Figura 3.75. Híbrido Tybet**

### **Híbrido Ichiban**

Planta de entrenudos cortos, recomendada para cultivo en invernadero. Híbrido con alto porcentaje de frutos con un peso promedio de 250 g, sin hombros, de excelente color verde, con paredes gruesas, de maduración uniforme, coloración homogénea y excelente poscosecha (Figura 3.76). Presenta alta resistencia al virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del torrado (ToTV), *Fusarium oxysporum lycopersici* razas 0 y 2, *Fulvia fulvum*, *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, nematodos (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*) y resistencia intermedia a Raíz corchosa (Semillas Coelagro, 2009).



**Figura 3.75. Híbrido Tybet**



### 3. Tomates tipo Cherry

#### **Híbrido Regy**

Tomate tipo cóctel, de crecimiento indeterminado, con frutos redondos, de excelente sabor y color, y con un peso promedio de 25 g (Figura 3.77). Se cultiva bajo invernadero en la sabana de Bogotá, Girón (Santander) y Palmira (Valle). Tiene alta tolerancia a *cracking*, virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium*, *Fusarium* 1 y 2, nematodos, y tolerancia intermedia a virus de la cuchara (TYLCV) (Semillas Clause Tezier, 2009).



**Figura 3.77. Híbrido Regy**

#### **Híbrido Red Candy**

Tomate tipo Cherry en forma de perita, altamente productivo, de excelente color rojo y peso promedio 20 g (Figura 3.78). Con alta tolerancia al virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticillium* y *Fusarium* 1. Se cultiva en Palmira (Valle); y Girón, Socorro y Mesa de los Santos (Santander) (Semillas Harris Moran, 2008).



**Figura 3.78. Híbrido Red Candy**

### **Híbrido Moscatel**

Tomate Cherry, de plantas vigorosas, con frutos uniformes y redondos (Figura 3.79), que pesan entre 10 y 12 g. Se cultiva en zonas desde los 1.000 a los 2.600 msnm. Pueden ser sembrados en invernadero. Presenta resistencia al virus del mosaico del tabaco (TMV), virus de la marchitez del tomate (TSWV), virus de la cuchara (TYLCV), *Verticillium*, *Cladosporium*, *Fusarium oxysporum* y nematodos (Agroindustrial de Semillas, 2009).

### **Híbrido Baby Tom**

Tipo Cherry, redondo e indeterminado, que se adapta a altitudes entre los 1.000 y los 2.200 msnm a campo abierto y de 2.300 a 2.700 bajo cubierta (Figura 3.80). Requiere temperaturas mínimas de 14 °C y máximas de 25 °C. Tiene una planta vigorosa que produce largos y uniformes racimos de tomatitos de muy buen sabor; con fruto firme de peso medio (entre 12 y 14 g) de color rojo brillante y maduración uniforme del racimo. No. de frutos por racimo: de 18 a 20. Se recomienda manejarlo a 5 tallos y con distancias de 1,20 m entre surcos y 0,50 m entre plantas. Resistencia y/o tolerancia a enfermedades como *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 1 y 2, nematodos, virus del mosaico del tomate (ToMV) y virus de la cuchara (TYLC) (Semillas Arroyave, 2009).



**Figura 3.79. Híbrido Moscatel**



**Figura 3.80. Híbrido Baby Tom**



**Tabla 3.3 Características de los principales materiales de tomate sembrados en Colombia (información suministrada por los importadores de semilla)**

TIPO DE TOMATE	HÍBRIDO	IMPORTADOR	TIPO DE CRECIMIENTO	CLIMA	PESO PROMEDIO FRUTO (g)	FORMA FRUTO	RESISTENCIAS
TOMATES MILANO	REYNA F1	IMPULSEMILLAS	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	200 - 250	GLOBOSO ACHATADO	Fusarium 1 y 2, Verticillium 1 y 2, virus mosaico del tomate (ToMV) y nematodos.
	MONALISA	SEMPRECOL	INDETERMINADO	FRÍO	180 - 220	GLOBOSO ACHATADO	Verticillium, Fusarium 1 y 2, virus del mosaico del tabaco (TMV).
	ROCÍO	ROGERS	INDETERMINADO	MEDIO Y FRÍO	280 - 300		Virus del mosaico del tabaco (TMV), Fusarium 1 y 2, Verticillium y nematodos.
	TITÁN	SEMPRECOL	INDETERMINADO		178		Verticillium y Fusarium 1.
	INDABA	SEMILLAS DEL TRÓPICO	INDETERMINADO	MEDIO	240		Verticillium, Fusarium, nematodos y virus del mosaico del tomate (ToMV).
	AURORA F1	IMPULSEMILLAS	INDETERMINADO	MEDIO	220 - 270	GLOBOSO ACHATADO	Fusarium 1 y 2, Verticillium 1, virus del mosaico del tabaco (TMV) y nematodos.
	CASANDRA	SEMILLAS DEL TRÓPICO	INDETERMINADO	MEDIO	250		Verticillium, Fusarium 0 y 1, nematodos, virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV) y virus del bronqueado o peste negra del tomate (TSWV).
	LORELY F1	CLAUSETEZIER	INDETERMINADO	MEDIO	230	REDONDEADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), Verticillium, Fusarium, Stemphylium y virus de la cuchara (TYLCV).
	PIETRO F1	CLAUSETEZIER	INDETERMINADO	MEDIO	250	REDONDEADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), Verticillium, Fusarium, Stemphylium solani.
	ALAMBRA F1	CLAUSETEZIER	INDETERMINADO	MEDIO	210	LIGERAMENTE REDONDEADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), Verticillium, Fusarium, Cladosporium A, B, C, D, E y nematodos.
	CAMPEÓN F1	CLAUSETEZIER	INDETERMINADO	MEDIO	210	REDONDO ACHATADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), Verticillium, Fusarium 1 y 2, y nematodos.
VIVIANA F1	CLAUSETEZIER	INDETERMINADO	MEDIO	210	REDONDO ACHATADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), Verticillium, Fusarium oxysporum lycopersici 1 y 2, F. oxysporum radialis y nematodos.	



<b>TOMATES MILANO</b>						
<b>SYTA F1</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO	220	REDONDO ACHATADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Verticillium</i> , <i>Cladosporium</i> A, B, C, D, E y nematodos.
<b>HIB HÍBRIDO B-52</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	MEDIO	180 - 220		<i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, Virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV), virus del mosaico del tomate (ToMV) y <i>Alternaria</i> .
<b>JENNIFER</b>	<b>SEMPRECOL</b>	INDETERMINADO		240 - 260		Nematodos, <i>Verticillium</i> 1, <i>Fusarium</i> 1 y 2, y virus del mosaico del tomate (ToMV).
<b>MICHELLE</b>	<b>SEMPRECOL</b>	INDETERMINADO		220 - 240		<i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2 y nematodos.
<b>SHEILA F1</b>	<b>SEMPRECOL</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CALIDO	165	ACHATADO	<i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, y virus del mosaico del tomate (ToMV).
<b>REBECA</b>	<b>SEMPRECOL</b>	INDETERMINADO	MEDIO	180 - 220	ACHATADO	<i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, y virus del mosaico del tomate (ToMV).
<b>CUERIDO</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	180 - 200		Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> y nematodos.
<b>YACALO</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	200 - 220	ACHATADOS	Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> y nematodos.
<b>VALOURO</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	180 - 200	SEMIGLOBOSO	Virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV), virus del enrollamiento o de la de la cuchara (TYLCV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> y nematodos.
<b>ADRALE</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	200 - 220	GLOBOSO	Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> y <i>Cladosporium</i> .
<b>CIBELLIA</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	160 - 180		Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> razas 1 y 2, y nematodos.





TOMATES MILANO						
<b>BEVERLY</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y FRÍO	160 - 180		Virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV), <i>Verticillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Stemphylium</i> .
<b>ALBORÁN</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	160 - 180	GLOBOSO	Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Stemphylium</i> .
<b>GRANITIO</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	MEDIO	160 - 220	SEMIACHATADO	Nematodos, <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, virus del mosaico del tabaco (TMV), madurez manchada del fruto ( <i>blotchy ripening</i> ) y rajamiento del fruto ( <i>cracking</i> ).
<b>SOFÍA</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	MEDIO	230 - 250		<i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, nematodos y virus del mosaico del tabaco (TMV).
<b>MARIMBA F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	200 - 220	REDONDO ACHATADO	<i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Verticillium</i> 1 y 2, y madurez manchada del fruto ( <i>blotchy ripening</i> ).
<b>ASTONA F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	180 - 200	GLOBOSO ACHATADO	<i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Fusarium crown and root rot</i> (pudrición de la corona), <i>Verticillium</i> 1, virus mosaico del tabaco (TMV) y nematodos.
<b>RUBÍ F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	190 - 220	REDONDO ACHATADO	<i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Verticillium</i> 1 y 2, virus mosaico del tabaco (TMV), virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV) y nematodos.
<b>MIRELY</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CALIDO	150	ELONGADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Stemphylium</i> , tolerancia intermedia al virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV) y virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV).
<b>ESMERALDA</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	190 - 220	REDONDO ACHATADO	<i>Fusarium</i> 1 y 2, <i>Verticillium</i> 1 y 2, virus del mosaico del tabaco (TMV) y nematodos.
<b>TYBET F1</b>	<b>COELAGRO</b>	INDETERMINADO	MEDIO	160 - 220	REDONDO ACHATADO	Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> razas 1 y 2, <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Verticillium dahliae</i> y nematodos ( <i>Meloidogyne arenaria</i> , <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> ).

TOMATES MILANO		<b>ICHIBAN F1</b>	<b>COELAGRO</b>	INDETERMINADO	MEDIO	250	REDONDO ACHATADO	Virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del torrado (ToTV), <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> razas 1 y 2, <i>Fubia</i> , <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Verticillium dahliae</i> , nematodos ( <i>Meloidogyne arenaria</i> , <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> ) y resistencia intermedia a raíz corchosa.
		<b>MAGNATE F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO	250 - 350	GLOBOSO ACHATADO	<i>Fusarium 1y 2</i> , <i>Verticillium 1 y 2</i> , <i>Stemphylium</i> , nematodos y virus del mosaico del tabaco (TMV).
		<b>SUPER MAGNATE F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO	250 - 300	GLOBOSO ACHATADO	<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium 1</i> , virus mosaico del tabaco (TMV) y virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV).
		<b>ÍNGRID F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO	250 - 280	GLOBOSO ACHATADO	<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium</i> , virus mosaico del tabaco (TMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV), virus de la cuchara (TYLCV) y nematodos.
		<b>SANDOKAN</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	DETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	150 - 170	ELONGADO EN FORMA DE PERA	Virus de la marchitez del tomate (TSWV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> , nematodos y <i>Pseudomonas syringae</i> .
		<b>TINTO F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO	150 - 190	OVALADO	<i>Fusarium 1, 2 y 3</i> , <i>Verticillium</i> , virus mosaico del tabaco (TMV), virus de la cuchara (TYLCV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV) y nematodos.
CHONTO		<b>CHICAMOCHA</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO Y MEDIO			<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Stemphylium</i> y <i>Pseudomonas syringae</i> .
		<b>COMUNERO F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO Y MEDIO	150 - 190		<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium</i> y <i>Pseudomonas syringae</i> .
		<b>CALIMA F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	150 - 190		<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium</i> , virus mosaico del tabaco (TMV) y nematodos.
		<b>SANTA CLARA</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	190		Nematodos, <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium 1 y 2</i> , marchitez bacterial <i>Stemphylium</i> .
		<b>CUMANDAY F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	180 - 190	CUADRADO	<i>Fusarium 1 y 2</i> , <i>Verticillium</i> , virus mosaico del tabaco (TMV) y nematodos.





<b>CHONTO</b>									
<b>ANDINO F1</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	140 - 170	OBLONGO	<i>Fusarium 1 y 2, Verticillium, virus mosaico del tabaco (TMV), Pseudomonas syringae y nematodos.</i>			
<b>SAN ISIDRO</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	DETERMINADO	CÁLIDO Y MEDIO	150 - 170	PERA CUADRADA	<i>Fusarium, Verticillium, Pseudomonas syringae y nematodos.</i>			
<b>TEQUILA</b>	<b>SEMILLAS DEL TRÓPICO</b>	INDETERMINADO		130		Virus mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium, Fusarium 1 y 2</i> , nematodos y <i>Cladosporium</i> .			
<b>PACAL</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO	170	ELONGADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Fusarium 1 y 2, Verticillium</i> , tolerancia intermedia a virus de la cuchara (TYLCV) y nematodos.			
<b>COLIBRÍ</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO	180	ELONGADO	Virus del mosaico del Tomate (ToMV), <i>Verticillium, Fusarium oxysporum lycopersici 1, 2 y 3, F. oxysporum radialis</i> , nematodos y tolerancia intermedia a <i>Stemphylium solani</i> .			
<b>BOSHARA</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO	130	OVAL ALARGADO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium, Fusarium oxysporum lycopersici razas 1 y 2, F. oxysporum radialis</i> y nematodos.			
<b>TORRANO</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y TEMPLADO	140 - 160	GLOBOSO ACHATADO	<i>Alternaria</i> , nematodos, virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium y Fusarium 1 y 2</i> .			
<b>ATALA F 1</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	160	ELONGADO	Virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV), virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium, Fusarium 1 y 2</i> , y nematodos.			
<b>BONUS</b>	<b>IMPULSEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	150 - 180	CUADRADO	<i>Stemphylium</i> , mancha bacterial <i>Xanthomonas</i> , virus del bronceado o peste negra (TSWV), <i>Fusarium 1 y 2</i> , y nematodos.			
<b>KYNDÍO CO-LOMBIA</b>	<b>SEMILLAS ARROYAVE</b>	INDETERMINADO	MEDIO	140 - 160		<i>Verticillium, Fusarium 1 y 2</i> , nematodos, <i>bacterial spot y Stemphylium</i> .			
<b>SURYA</b>	<b>SEMILLAS VILMORIN</b>	DETERMINADO		120	PERA	<i>Verticillium, Fusarium 2</i> y nematodos.			

<b>CHONTO</b>	<b>CHÉVERE</b>	<b>SEMILLAS VILMORIN</b>	INDETERMINADO		160		Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, y nematodos.
	<b>BACHUÉ</b>	<b>COELAGRO</b>	INDETERMINADO	MEDIO	140 - 180	PERA	Virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del torrado (ToTV), <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> razas 0 y 2, <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Verticillium dahliae</i> y nematodos ( <i>Meloidogyne arenaria</i> , <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> ).
	<b>GEM 604</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO		180 - 200		<i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> razas 1 y 2, virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV) y nematodos.
	<b>CARINA</b>	<b>SEMPRECOL</b>	INDETERMINADO		160 - 200		Geminivirus TY
<b>CHERRY</b>	<b>REGY F1</b>	<b>CLAUSETEZIER</b>	INDETERMINADO	FRÍO Y MEDIO	25	REDONDO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Verticillium</i> , <i>Fusarium</i> 1 y 2, nematodos y tolerancia intermedia al virus de la cuchara (TYLCV).
	<b>MOSCADEL</b>	<b>AGROINDUSTRIAL DE SEMILLAS</b>	INDETERMINADO	MEDIO	10 - 12	REDONDO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del bronceado o peste negra del tomate (TSWV), virus del enrollamiento o de la cuchara (TYLCV), <i>Verticillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium</i> y nematodos.
	<b>RED CANDY</b>	<b>HARRIS MORAN</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	20	REDONDO	Virus del mosaico del tomate (ToMV), <i>Fusarium</i> 1 y 2, y <i>Verticillium</i> .
	<b>RED CANDY</b>	<b>HARRIS MORAN</b>	INDETERMINADO	MEDIO Y CÁLIDO	20	REDONDO	<i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Verticillium dahliae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Lycopersici</i> raza 1 y 2, nematodos, virus del mosaico del tomate (ToMV) y virus de la cuchara (TyLC)



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Barreto O., J. D.; Miranda L., D.; Aguirre G., M. C.; Echeverri A., L. A.; Caicedo, A. M. y Campos V., Y. Y. (2002). *Manual del cultivo de tomate tipo Milano, pimentón, maíz dulce y fríjol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agroecológicas de la meseta de Ibagué*. Ibagué: Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. P. 3-42.
- Brandan de Antoni, E. Z.; González, A. G.; Seco Ernestina del Carmen. (2009). *Tomate destinado a agroindustria*. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Horticultura y Economía Agraria.
- Catálogo de semillas Agroindustrial de Semillas, 2009
- Catálogo de semillas Clause Tezier, 2009
- Catálogo de semillas Coelagro, 2009
- Catálogo de semillas Harris Moran, 2008
- Catálogo de semillas Impulse semillas, 2009
- Catálogo de semillas Semillas Arroyave, 2009
- Catálogo de semillas Semillas del Trópico, 2009
- Catálogo de semillas Semillas Vilmorin, 2009
- Catálogo de semillas Rogers, 2009
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Catie. (1990). *Proyecto regional manejo integrado de plagas. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate*. Costa Rica: Turrialba. 73 p.
- 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.
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IPGR. (1996). *Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp)*. Roma, Italia. 44 p.
- Jaramillo N, J. E. y Atehortúa L. (2002). *El poder de los vegetales*. Rionegro, Antioquia: Fondo Nacional de fomento Hortifrutícola. Asociación Hortifrutícola de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. 64 p.
- Jaramillo N, J. E.; Rodríguez V. P.; Guzmán, A. M. y Zapata C., M. A. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero*. Rionegro, Antioquia: Boletín técnico 21. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. 48 p.
- Jaramillo, J. N.; Rodríguez, V. P.; Zapata, M.; Guzmán, M.; Rengifo, T. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. FAO, Gobernación 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. y 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.





# CAPÍTULO 4 III

## FACTORES CLIMÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>2</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>3</sup>

**E**l 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](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto: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
<b>Mínima 8 - 12 °C</b>	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.
<b>Óptima 21 - 27 °C</b>	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, floración y fructificación son adecuados.
<b>Máxima 32 - 36 °C</b>	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 ( $\beta$ 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 CO<sub>2</sub> (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 sombreo 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 sombreo 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 mildeos, 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.



# CAPÍTULO 5 III

## MANEJO AGRONÓMICO

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Germán David Sánchez León<sup>2</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>3</sup>  
Miguel Ángel Zapata Cuartas<sup>4</sup>  
Miryam Guzmán Arroyave<sup>5</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>6</sup>

**P**ara todas las labores que involucren manejo del cultivo es recomendable la asesoría de un asistente técnico profesional que complemente y adecúe las recomendaciones dadas en este manual, teniendo en cuenta los análisis respectivos (análisis de suelo, de aguas, foliares, etc.), las condiciones del cultivo y el manejo climático del invernadero.

### ▶ SEMILLEROS

#### *Manejo y preparación de semilleros*

En la producción de hortalizas la tendencia es adquirir las plántulas a productores especializados en propagación, cuyo costo es muy similar al que incurriría el productor normal al producir sus propios semilleros (ya que igual tendría que adecuar una infraestructura para ello) y además evita las pérdidas ocasionadas por un desconocimiento en el manejo y preparación de semilleros. En el caso de producir sus propias plántulas, es importante recordar que el semillero es el lugar de inicio de la vida productiva y reproductiva de una planta;

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniero Agrónomo. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. [gsanchez@corpoica.org.co](mailto:gsanchez@corpoica.org.co)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

4. Tecnólogo Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [miguelzapatac@gmail.com](mailto:miguelzapatac@gmail.com)

5. Tecnóloga Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [mguzman@corpoica.org.co](mailto:mguzman@corpoica.org.co)

6. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto:pagui18@gmail.com)



este se debe hacer en recipientes (bandejas, vasos) debidamente adecuados para depositar las semillas y poder brindarles las condiciones óptimas de luz, temperatura, fertilidad y humedad, buscando obtener la mejor emergencia durante sus primeros estados de desarrollo hasta el trasplante al campo (Palacios 1992; Jaramillo *et al.*, 2006).

La producción de plántulas es un procedimiento de vital importancia para lograr el éxito en el cultivo, ya que el futuro de la planta, su crecimiento y producción de frutos son afectados por la calidad de la plántula que se lleve a campo (Zeidan, 2005).

Con el fin de asegurar una mejor germinación y pureza del semillero, se recomienda utilizar semilla certificada. Cuando se hace uso de semillas comerciales, es necesario conocer a través de su ficha técnica datos sobre la calidad en términos del nombre del híbrido o variedad, la pureza y el número de lote de donde provienen; las semillas tratadas son un componente de manejo de plagas y enfermedades que aportan en relación con la disminución de la cantidad de insumos utilizados en el sistema. Los productores preferiblemente deberán aplicar criterios de selección de semillas partiendo de pruebas de materiales (variedades o híbridos) realizadas en la zona o en centros de investigación.

Para seleccionar las semillas hay que tener en cuenta aspectos como clima, resistencias y características requeridas en la demanda del producto en poscosecha, entre otros (Parrado y Ubaque, 2004).

Como en los semilleros viven plantas jóvenes, cuyos tejidos tiernos efectúan una gran actividad fotosintética y son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura y humedad, estos deben estar ubicados donde se les pueda brindar los máximos cuidados, ya que las plántulas crecen con rapidez y cualquier alteración de las condiciones ambientales puede incidir en su desarrollo. Por tanto, lo más conveniente es ubicarlos bajo una cobertura plástica o invernadero, donde se controlen los cambios de temperatura, humedad relativa, agua lluvia, insectos plaga, enfermedades y la entrada de animales; deben estar además cerca a fuentes de agua, debido a que las semillas y plántulas requieren riegos cortos pero frecuentes, realizados preferiblemente por aspersión (Jaramillo *et al.*, 2006).

La zona de los semilleros debe ser iluminada y libre de sombras, evitando que esté cerca o debajo de árboles que impidan la entrada de la luz y que ocasionen daños por descargas fuertes de agua (Bruzón, 2000). Así mismo, los se-



milleros deben estar protegidos de vientos fuertes que puedan perjudicar las plántulas tumbándolas, torciéndolas o hiriéndolas con el polvo y arenilla que estos transportan (Figura 5.1). El viento excesivamente seco puede redundar en daños importantes por intensificar la transpiración hasta el extremo de producir deshidratación, quemaduras o marchitez.



**Figura 5.1. Semillero bajo invernadero**

Es necesario que los semilleros de producción comercial intensiva se ubiquen de oriente a occidente para que las plántulas reciban la máxima iluminación solar y no sean afectadas por los cambios bruscos de temperatura que se producen entre el día y la noche.

Teniendo en cuenta el alto costo de la semilla de hortalizas (y en especial la semilla híbrida de tomate), cuyos materiales de alta calidad son hoy exigidos por el consumidor y son los que siembra el productor, el método más utilizado para obtener plántulas sanas y vigorosas es a través de germinación de la semilla en bandejas plásticas en confinamiento. En el mercado de bandejas para semilleros existe una amplia gama de recipientes para la producción de plántulas. En la actualidad las más utilizadas son las de polipropileno, en las cuales su tamaño y número de celdas varía de acuerdo con el fabricante.

Para la producción de plántulas de tomate se recomiendan bandejas de 53, 128 y 200 alvéolos, con un volumen por celda de 37, 28 y 18 cm<sup>3</sup>. Las bandejas de 53 orificios permiten un mayor desarrollo radicular y del follaje; sin embargo, incrementan los costos por plántula, por requerir mayores cantidades de sustra-



to por celda (Figura 5.2). La selección del tipo de bandeja a utilizar dependerá del tamaño final deseado de la plántula, del costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato (Jaramillo, 2001; Jaramillo *et al.*, 2006).



**Figura 5.2. Bandejas para semilleros de 53 orificios**

### Ventajas de la siembra de semilleros en bandejas de confinamiento

- **Ahorro de semillas:** en un semillero tradicional se requiere utilizar por lo menos un 30% más de semilla de la que se va a sembrar en campo, con el propósito de obviar las pérdidas causadas por mala germinación y calidad de las plántulas.
- **Mejor planificación de siembras:** conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar se permite una mayor planificación de las siembras en campo.
- **Desarrollo uniforme:** debido a que la densidad de siembra es constante, se obtiene un desarrollo uniforme de la plántula para su siembra en el campo. Generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de sustrato, agua, luz y nutrientes, y su raíz solamente puede crecer en el alvéolo que le correspondió.
- **Calidad de plántulas:** cada planta puede alcanzar un excelente desarrollo de raíces principales y secundarias, ya que cada una tiene su propio espacio de crecimiento sin necesidad de estar compitiendo con las demás (Figura 5.3).



**Figura 5.3. Plántulas de tomate en semillero**

- **Desarrollo radicular dirigido:** en el caso de las bandejas de 53 alvéolos, las cinco (5) venas verticales en cada cono permiten un excelente desarrollo radicular con bastantes raicillas secundarias sin espirulamiento. Las raíces al chocar con las venas del cono se dirigen hacia abajo siguiendo paralelamente la vena hasta el final del cono o tubete; este comportamiento de la raíz evita que la plántula se ahorque entre sus raíces. A su vez, esta raíz con desarrollo vertical sujeta y ancla muy bien la plántula al trasplantarse a campo (Figura 5.4).

- **Poda natural y control de malezas:** al colocar los semilleros sobre una cama de alambres se evita que los conos toquen el suelo y frenen el crecimiento de la plántula entrando en una especie de hibernación, lo que permite tener una poda natural, excelente drenaje y no se requiere del control de malezas. De esta manera, se tiene disponibilidad permanente del material de siembra y se incrementa la vida útil de las plántulas, las cuales pueden permanecer almacenadas en los semilleros por un periodo prolongado hasta el momento indicado



**Figura 5.4. Plántula de tomate con un correcto desarrollo de raíces**



del trasplante. Las plántulas producidas son de tallos más gruesos y fuertes; hojas frondosas, de mayor tamaño y por ende menos propensas al ataque de enfermedades y plagas.

- **Ahorro de área de vivero:** la utilización de bandejas permite utilizar menos el área de vivero, reduciendo los costos de riego debido a que se dejan organizar más fácilmente en los surcos y con la ventaja de tener más plántulas/m<sup>2</sup>.
- **Ahorro de sustrato:** la cantidad de sustrato necesario para el llenado de bandejas es muy inferior comparado con el requerido en los semilleros tradicionales; igualmente, la cantidad de sustratos a desinfectar es menor. El llenado es fácil y rápido por su diseño compacto y rígido.
- **Fácil remoción:** por su diseño en cono es muy fácil de extraer la plántula en el campo al momento del trasplante o siembra final, evitando la destrucción de raíces, lo que disminuye el porcentaje de mortalidad de plantas en el campo.
- **Higiénicos y esterilizables:** las bandejas pueden y deben ser desinfectadas con una solución diluida de hipoclorito de sodio al 5% para evitar el contagio de hongos y bacterias.
- **Aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo:** teniendo en cuenta la calidad y excelente desarrollo de las plántulas, así como la no destrucción de raíces, al momento del trasplante la plántula se desarrolla más rápidamente en campo debido a que no tiene que entrar a sustituir sus raíces perdidas, lo que acelera su crecimiento y disminuye su ciclo vegetativo en campo. Esto se ve reflejado en una mayor utilidad y productividad del cultivo, además de ahorro de energía y nutrientes del mismo (Jaramillo, 2001).

### Tipos de sustratos

En condiciones protegidas, los semilleros se pueden hacer con suelo, sustratos orgánicos, sustratos artificiales o con una mezcla apropiada de estos. Siempre se debe lograr un sustrato con características físicas, químicas y biológicas adecuadas, que faciliten la germinación (Avidan, 2004).

Teniendo en cuenta que el tamaño de las semillas de tomate es reducido, las cualidades del sustrato son definitivas para garantizar un adecuado contacto entre este y las semillas, y por lo tanto, una adecuada absorción de agua y nutrientes. Cuando el suelo a utilizar en la producción de plántulas presenta con-



diciones inadecuadas como deficiencias de nutrientes, mal drenaje, poca retención de humedad, textura poco favorable para el desarrollo y funcionamiento de las raíces o presencia de plagas o enfermedades, es frecuente reemplazarlo por sustratos de origen diverso, que en alguna o en todas las fases de un cultivo permiten superar condiciones limitantes y acercar el sistema radicular de la planta completa a una situación óptima para satisfacer sus requerimientos hídricos y nutricionales (Jaramillo, 2001).

Los sustratos son materiales orgánicos o inorgánicos usados como soporte en semilleros o en cultivos; pueden ser de origen industrial, mineral o agropecuario y generalmente se emplean en mezclas buscando reemplazar el suelo para evitar los problemas físicos, químicos y/o biológicos (sanitarios) que este pueda presentar en la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas. Pueden estar compuestos por elementos naturales o modificados por reacciones físicas y químicas; también pueden ser totalmente inertes o tener actividad química (Avidan, 2004). El pH del suelo o sustrato debe estar entre 5,5 y 6,8 (valores superiores o inferiores a estos disminuyen la disponibilidad de algunos nutrientes y afectan la actividad de microorganismos importantes en el suelo como las micorrizas y las bacterias noduladoras). Un suelo ácido puede corregirse agregando cal, y su cantidad varía dependiendo del análisis químico. Para suelos alcalinos se emplea el yeso o azufre, y la adición abundante de materia orgánica. Es recomendable que el contenido de materia orgánica esté por encima del 3% (Jaramillo, 2001).

### **Características de los sustratos**

Químicamente el sustrato debe contener una fertilidad apropiada y disponible, teniendo especial atención en los contenidos excesivos de sales y las sustancias tóxicas como herbicidas o residuos vegetales con alelopatías. Cuando se utilizan inertes o inactivos como la turba, se debe nutrir a través del fertirriego o mezclando nutrientes orgánicos o inorgánicos a la mezcla (Jaramillo, 2001).

No hay un sustrato ideal que cubra absolutamente las exigencias de las plántulas, pero se pueden diseñar mezclas artificiales que incluyan materiales abundantes de bajo costo, fácil consecución y de buena calidad.

**Propiedades físicas.** Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, que ha de determinar las fracciones sólida, líquida y gaseosa del mismo y por tanto las cantidades de agua y aire de las que va a disponer la planta. Por con-



siguiente, de dichas características dependen tanto la alimentación de la planta como la respiración radicular y todos los procesos afectados por ellas. Para la definición y determinación de estas propiedades es extremadamente importante establecer métodos normalizados, sin ellos es muy difícil cuantificar la calidad de los sustratos y prever tanto sus aplicaciones como su comportamiento.

Una vez que el sustrato ha sido ocupado por las raíces dentro de un contenedor, no es posible modificar sus propiedades físicas si el medio es inadecuado para la vida de los órganos subterráneos de la planta. Este es un asunto importante que solo se resuelve a priori tomando la elección acertada (Martínez, 2001). Las siguientes son las propiedades físicas más importantes que debe tener un sustrato:

- Elevada capacidad de retención de agua. Mantener un volumen de agua fácilmente disponible mayor al 20% después de saturar el sustrato y drenarlo.
- Suficiente suministro de aire. Porosidad entendida como el volumen total del medio no ocupado por partículas sólidas superior al 85%.
- Distribución del tamaño de las partículas que posibilite las dos condiciones precedentes. Granulometría de 0,25 a 2,5 mm de índice de grosor, entendido como el porcentaje de partículas con diámetro superior a 1 mm (30 - 45%).
- Baja densidad aparente, sólido + espacio poroso, inferior a 0,2 gr/cc. Densidad Real: solo material sólido 1,4 a 2 gr/cc (tiene que ser un material liviano con alto porcentaje de espacio poroso (>80%) y un volumen de aire a capacidad de campo mayor al 20%).
- Elevada porosidad.
- Contar con un buen drenaje y capacidad de infiltración.
- Estructura estable que impida la contracción o hinchazón (Franco, 2001).

**Propiedades químicas.** Se distinguen dos tipos de materiales: los químicamente activos, en los que tienen lugar intercambios de minerales entre el sustrato y la solución (los sustratos que llevan componentes orgánicos en los que las sustancias húmicas tienden a retener cationes de la solución) y los materiales inertes desde el punto de vista de su actividad química, lo que significa que los intercambios de materia entre las fases sólida y líquida deben ser nulos o muy reducidos; la inactividad química del sustrato garantiza que la solución nutriente no sea alterada por el mismo en su equilibrio iónico, razón por la que estos materiales son empleados para el cultivo hidropónico (Martínez, 2001).



Las siguientes son las propiedades químicas más importantes que debe tener un sustrato:

- Baja o suficiente capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de la fertilización que se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente. Cuando no se aplica fertirrigación de forma constante es importante que sea  $>20$  meq/100 gr.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables, a no ser que se desee contar con un sustrato inerte.
- Baja salinidad. Conductibilidad eléctrica de 0,15 y 0,5 dS/m.
- Elevada capacidad tampón: retener o soltar protones.
- pH ligeramente ácido: 5,3 - 6,5. pH  $< 5$ : deficiencias de N, K, y Ca. pH  $> 6$ : desciende la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn y Cu.
- Mínima velocidad de descomposición y la posibilidad de reutilización (en cultivos).
- Relación carbono / nitrógeno indica el grado de madurez y estabilidad 20 - 40.

Otras propiedades son:

- Libres de semillas de malas hierbas, nematodos, hongos, otros patógenos, insectos y sustancias fitotóxicas.
- Reproducibilidad y disponibilidad del material en el mercado.
- Bajo costo del precio del material y de la preparación.
- Fácil de desinfectar y estable frente a los procesos de desinfección.
- Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales (Franco, 2001).

**Propiedades mecánicas.** El material debe mantener su estructura estable a lo largo del cultivo sin degradarse, pero al mismo tiempo es preferible que no sea arestado y pueda lesionar las raíces. Un material excesivamente frágil puede fragmentarse en partículas finas que reducirán la porosidad y la capacidad de aireación, sobre todo en las capas del fondo del contenedor; esto limitará la supervivencia de las raíces en las zonas afectadas, disminuyendo el volumen aprovechable de sustrato (Martínez, 2001).

La posibilidad de aprovechar como sustrato hortícola la diversidad de materiales disponibles en nuestro entorno está supeditada a un buen conocimiento de sus propiedades, ya que a partir de esto es posible saber el tipo de preparación que requiere previo a su uso, sus aplicaciones y las técnicas de manejo pertinentes.



Es necesario también tener en cuenta el contenido de nutrientes y algunas características químicas del sustrato que puedan afectar el buen desarrollo de las plántulas, por lo que el análisis fisicoquímico del suelo o sustrato es una herramienta valiosa para conocer su composición.

En semilleros bajo invernadero que no utilizan sustratos artificiales para mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente la porosidad, se recomienda hacer una mezcla cuya proporción dependa de las características del terreno y del nivel de fertilidad de este. En general, se recomienda la mezcla con 4:2:1 –cuatro partes de tierra, dos partes de materia orgánica y una parte de arena–; esta mezcla puede utilizarse tanto para semilleros a campo abierto a ras de piso, como para la producción de plántulas en confinamiento.

Si con esta mezcla se presenta compactación, mala aireación y no se permite el drenaje del agua, es necesario aumentar la proporción de arena. Otra mezcla que puede utilizarse es 35% de humus de lombriz y 65% de cascarilla de arroz (Jaramillo *et al.*, 2006). No obstante, la característica más importante de un sustrato de plántulas, además que sea rico en materia orgánica, es que debe proporcionar mayor aireación, ser liviano y que no cause compactación en la bandeja (Shany, 2007).

Por otra parte, para favorecer un adecuado desarrollo de raíces se recomienda la aplicación de un fertilizante rico en fósforo tipo roca fosfórica (Fosforita Huila) o superfosfato triple, los cuales deben incorporarse homogéneamente a la mezcla antes de iniciar el proceso de desinfección del suelo por el método de la solarización, garantizando de esta manera un adecuado nivel de fertilidad durante el proceso de enraizamiento (Jaramillo *et al.*, 2006).

Los sustratos más utilizados son:

### **Sustratos orgánicos**

- **Compost**

Son residuos orgánicos de estructura fina y descompuesta, como excrementos de animales, residuos de plantas, etc. (Figura 5.5). Físicamente aumentan la aireación y el contenido de humedad, y químicamente absorben los nutrientes evitando su lavado (nitrógeno y potasio) y liberando lentamente la solución en forma de nutrientes. Deben contener entre 35% y 50% de materia orgánica con relación al peso volumétrico, y se emplean en mezcla con sustratos inactivos o inorgánicos como la turba, la perlita, la fibra de coco o la cascarilla de arroz.





**Figura 5.5. Compostaje de residuos de cultivo**

El compost adicionado a la turba proporciona una mayor aireación y reduce la retención de agua de la misma; así mismo, se ha comprobado que tiene efectos supresores a través de los organismos antagonistas que se desarrollan en él. Las altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso del compostaje eliminan la mayor parte de las malas hierbas y otros microorganismos dañinos.

En el caso de la utilización de un compost como sustrato se puede utilizar como base la siguiente mezcla:

<b>Compost</b>	68,00 %
Gallinaza compostada	14,00 %
Arena	17,53 %
Cal dolomítica	0,09 %
Fosforita Huila	0,19 %
Superfosfato triple	0,19 %
<b>Total</b>	<b>100,00 %</b>

Aunque no hay un sustrato ideal que cubra absolutamente las exigencias de las plántulas, pueden diseñarse mezclas artificiales que incluyan materiales abundantes de bajo costo, fácil consecución y buena calidad. Para lograrlo se deben considerar las cualidades de los diferentes sustratos:

- **Humus**

Resulta de los excrementos de lombrices (*Eisenia foetida*) después de digerir residuos vegetales o excrementos animales fermentados, luego se seca y se pasa a través de un tamiz para obtener una buena textura. Sirve de fertilizante y reemplaza el compost, al tiempo que ofrece muy buenas características químicas.



- **Cascarilla de arroz**

Sustrato orgánico de baja descomposición por su alto contenido de sílice que aumenta la tolerancia de las plantas contra insectos y organismos patógenos. Se debe usar en mezcla y hasta en un 30%. Favorece el buen drenaje y la aireación, presenta baja retención de la humedad y baja capilaridad. Para evitar el “enmalezamiento” del semillero es necesario hacer germinar previamente las semillas de arroz y otras plantas que siempre contiene mediante el humedecimiento; igualmente, se requiere realizar pruebas previas de germinación de semillas para verificar que no haya presencia de residuos de herbicidas en ella (Palacios, 1992).

- **Fibra de coco**

Sustrato bajo en su contenido de nitrógeno y alto en potasio; contiene cerca de 2 ppm de boro y debe llevarse hasta 0,2 ppm para utilizarlo en hortalizas, que son muy sensibles al exceso de boro, lo que exige lavado previo (Avidan, 2004). Adecuándolo es una buena alternativa para países como el nuestro, donde abunda esta planta (especialmente en la costa Atlántica) y por los altos costos de los otros sustratos importados como la turba. Es el sustrato que más ha aumentado su uso en la producción de plántulas.

- **Aserrín**

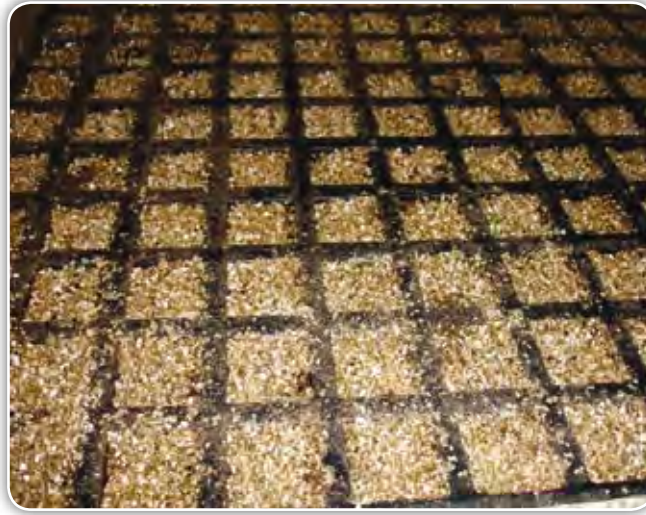
Tiene un pH ácido y, dependiendo del tipo de árbol del cual provenga, puede ser tóxico para algunas plantas; por lo tanto, debe probarse antes de usarlo en cada especie hortícola.

- **Turba**

Las turbas son los sustratos orgánicos naturales de uso más generalizado en horticultura. Son resultado de la descomposición completa de árboles (especialmente del género *Sphagnum*) y se producen en países de las zonas templadas como Canadá, Alemania, Finlandia, Suiza, Irlanda y Rusia, entre otros, variando según su edad y su origen (Figura 5.6) (Palacios, 1992).

Se encuentran dos tipos de turbas: las poco descompuestas, que son materiales de reacción ácida, pobres en minerales (por estar muy lavadas, debido a su origen de zonas altas de precipitaciones abundantes) y que conservan parcialmente su estructura y un buen equilibrio entre agua y aire después del riego; y las turbas muy descompuestas, llamadas turbas negras, sin estructura, con frecuencia muy salinas y que presentan menor aireación que las anteriores, siendo apropiadas para mezclas con materiales que mejoren sus propiedades deficientes.





**Figura 5.6. Bandejas llenas con turba**

Las turbas ofrecen las mejores condiciones para la germinación y el enraizamiento en semilleros pero no aportan nutrientes, tienen alta capacidad de intercambio de cationes y de retención de humedad y un alto grado de porosidad; aunque son ácidas (pH entre 3,5 y 4,5), en el mercado se encuentran turbas con pH corregido (5,5 - 6,5) y un contenido de materia orgánica de 95%.

El conjunto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (presencia de hormonas y sustancias húmicas) es la causa de su amplia difusión en el cultivo de plantas en sustrato. Su empleo se extiende tanto a la producción de plántulas en semilleros como al cultivo de plántulas en contenedores, y de la misma forma al cultivo sin suelo en general; sin embargo, su uso está siendo revaluado debido al impacto medioambiental que implica, ya que este es un material natural no renovable y es importado al país con un alto costo.

### **Sustratos minerales**

- **Arena y grava**

La arena, de granulometría comprendida entre 0,2 y 2 mm, y la grava entre 2 y 20 mm, tienen composición y propiedades dependientes de su material de origen. Para su empleo en horticultura se recomienda atender a dos aspectos: su contenido de carbonato cálcico total no superior al 10% y su distribución granulométrica, debido al efecto de la misma sobre la disponibilidad de agua y aire. Desde este punto de vista, se recomienda emplear arena de grano entre 0,5 y 2 mm, que tiene buena porosidad aun cuando su retención hídrica es pequeña.



Las granulometrías inferiores a 0,5 mm son peligrosas por el riesgo de asfixia radicular que entrañan, y las superiores a 5 mm no retienen agua, lo que obliga a un rígido control o supervisión de la frecuencia del riego.

Las arenas y arcillas que no contienen carbonato cálcico tienen una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) inferior a 5 meq/100 g, pero es conveniente someterlas a un lavado ácido antes del cultivo para eliminar contenidos minerales que pueden liberarse lentamente de modo incontrolado. Las que sí contienen carbonato cálcico poseen reacción química y es preferible desecharlas.

Entre las ventajas más importantes de las arenas y gravas se encuentran su bajo costo, su estabilidad estructural, facilidad de limpieza y de tratamiento desinfectante, y la inactividad química en el caso de materiales no calcáreos; entre sus inconvenientes están su alta densidad (que dificulta su manejo) y su baja retención de agua.

- **Rocas volcánicas**

Según su origen tienen características diversas. Conviene distinguir algunos grupos que han sido más estudiados en aplicación hortícola y que difieren en sus propiedades más importantes, como lo son las zeolitas y las puzolanas, aun cuando todos los grupos son ricos en minerales. Las zeolitas son silicatos hidratados, cristalinos, con alta porosidad abierta; debido a esto su capacidad para absorber agua, nutrientes y aire es muy elevada. Las puzolanas, en cambio, tienen una alta porosidad gruesa y cerrada al exterior (hasta el 10%), por lo que su capacidad de retención de agua y nutrientes es muy baja, con alta aireación. En un material de 2 a 5 mm de partículas, la microporosidad apta para la retención hídrica es del 10% y la capacidad de aireación (AFP) mayor del 50%, o puede descender a menos del 20% en el caso de partículas más finas.

La porosidad total de las zeolitas de 2 a 5 mm es de alrededor del 64% frente a un 55% a 70% en las puzolanas, pero el reparto de esta porosidad es del 36% de microporos de alta retención de agua y solo el 28% de capacidad de aireación. Las capacidades de contenedor respectivas son del 47% en las zeolitas y del 19% en la puzolana. Una parte importante del agua, un 30%, es retenida por las zeolitas a una tensión excesiva para ser aprovechada por las plantas. Esta fracción de agua se almacena en los poros más pequeños y también es atrapada higroscópicamente. Se considera, por ende, que las puzolanas son materiales químicamente inertes, en tanto que las zeolitas tienen actividad química para los cationes de cambio. Ambos sustratos son interesantes para el cultivo, aunque requieren aplicaciones y, sobre todo, manejo diferente.



### ***Regulación de las condiciones físicas (Agua/Aire)***

El manejo del riego en el sustrato debe dirigirse a conseguir suficiente capacidad de aire para la respiración radicular y un volumen adecuado de solución nutriente retenida a baja tensión. En sustratos de granulometría muy fina esto puede ser difícil, siendo necesario reducir la frecuencia de riegos, que en los casos de elevado déficit de saturación ambiente dará lugar a desajustes en la disponibilidad de agua por la planta. También la granulometría fina dificultará el lavado de sales en los casos en que este sea necesario, bien por el empleo de agua de alta salinidad o bien por errores de manejo del riego.

En el empleo de sustratos de elevada porosidad total y alta capacidad de aireación el problema que se plantea es cómo conseguir una disponibilidad suficiente de agua en todo momento, sin grandes pérdidas por drenaje en el caso de sistemas abiertos. Dada la importancia de conseguir un reparto homogéneo del agua y los nutrientes en todo el volumen del sustrato, se recomienda como práctica habitual el riego en exceso, que por un lado asegura que la solución llegue a todas partes compensando irregularidades del riego y por otro, desplaza restos de solución anterior, cuyo equilibrio iónico ha sido modificado por la absorción selectiva de las plantas.

### ***Regulación de condiciones químicas***

Los sustratos de turba y fibra de coco son los que más se utilizan para la producción de hortalizas, y su presentación comercial viene para ser usados directamente. Algunos sustratos requieren un ajuste inicial de sus propiedades químicas para poder ser utilizados. Es frecuente que el pH del material inicialmente no sea el conveniente, lo que ocurre, por ejemplo, con la lana de roca y la perlita, que tienen pH excesivos y deben ser saturados con una solución ácida de pH 5 a 5,5 la cual se deja actuar por unas horas antes de abrir orificios de drenaje previos a la plantación.

El reparto de los nutrientes en el sustrato está condicionado por la colocación de los emisores de riego y por el manejo del mismo, acorde con la tasa de transpiración del cultivo y la absorción mineral. Una dosificación del agua adecuada a la capacidad de retención del sustrato con el exceso requerido debe permitir una distribución homogénea de nutrientes en el volumen del sustrato. Si la dosificación del riego es deficiente, probablemente se da lugar a gradientes verticales de Conductividad Eléctrica (CE) con valores más elevados hacia la base del contenedor, lo que puede disminuir el volumen disponible para las raíces (Martínez, 2001).



## Manejo de semilleros

La producción de plántulas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del sustrato utilizado para los semilleros, pues tanto la semilla como la plántula pueden ser atacadas por hongos, bacterias, nematodos, insectos y malezas, y así mismo esto puede afectar sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, causando, en la mayoría de las veces, graves pérdidas económicas.

Tradicionalmente la desinfección de semilleros se ha basado en la utilización de productos químicos como Dazomet, Bromuro de metilo, Cloropicrina, Metilisotiocianato y Dicloropropano, los cuales son efectivos para el control de hongos, nematodos y bacterias; sin embargo, estos están prohibidos o restringidos en muchos países por su alta toxicidad para los seres humanos y animales, además de su efecto adverso con el medio ambiente. Cuando los productos químicos se incorporan al suelo pueden acarrear la eliminación de organismos benéficos que de una u otra forma coadyuvan a la nutrición de las plantas o a la regulación de las poblaciones de organismos perjudiciales. También pueden ocasionar resistencia en los fitopatógenos hacia productos químicos aplicados, además de acumulación en el suelo de sustancias tóxicas y de residuos perjudiciales en las plantas, con sus consecuencias sobre la salud de los consumidores.

En el caso de no usar turba o fibra de coco es recomendable la desinfección del sustrato. El método recomendado es la solarización húmeda, método físico que utiliza la energía calórica irradiada por el sol; para ello, se cubre el suelo o sustrato húmedo con coberturas plásticas, lo que hace que la temperatura aumente hasta el punto que controle organismos patógenos como hongos, bacterias, nematodos, malezas e insectos.

La humedad del sustrato juega un papel importante, puesto que en las horas de menor temperatura (durante la noche) se condensa el agua evaporada en el día produciendo un proceso de pasteurización continua durante todo el tiempo que dure el tratamiento. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche rompen fácilmente el ciclo biológico de los fitopatógenos presentes en el sustrato. La cobertura plástica del suelo debe estar bien sellada para impedir el escape de agua.

La construcción de una cama para la solarización del suelo se realiza de la siguiente manera: una vez hecha la mezcla de suelo (tierra, materia orgánica y



arena) o se tenga el sustrato, se realiza la nivelación del suelo y se construyen eras de 1,20 m de ancho con una altura máxima de 20 cm. Posteriormente, se humedece el suelo o sustrato a capacidad de campo y se cubre con un plástico transparente de 6 mm de espesor, procurando que quede lo más sellado posible. El tratamiento debe durar como mínimo 40 días en zonas de clima frío y 20 días en zonas de clima cálido (Figura 5.7).



**Figura 5.7. Cama de solarización**

Además de su efecto deletéreo sobre los hongos fitopatógenos, la solarización húmeda disminuye significativamente las poblaciones de malezas anuales y perennes indeseables en los cultivos. Es así como las malezas se pueden reducir por muerte directa de las semillas debilitadas por el calentamiento del suelo o por muerte de las semillas germinadas en el suelo húmedo cubierto.

### **Errores más frecuentes en el manejo de la solarización**

- No proporcionar la humedad suficiente al suelo para hacer efectiva la solarización, antes ni durante dicho proceso (Figura 5.8).
- No cubrir adecuadamente el suelo para evitar la pérdida de humedad, lo que facilita la dispersión del calor disminuyendo la efectividad del tratamiento de solarización.
- No utilizar plástico en buenas condiciones (Figura 5.9) y cubrir la era con retazos; esta actividad hace que se pierda eficiencia en el proceso.





**Figuras 5.8 y 5.9. Errores en la solarización:  
Plástico en mal estado y falta de humedad en el sustrato.**

### **Errores más comunes en el manejo de semilleros**

- Inadecuada preparación de la mezcla del sustrato.
- Deficiente tratamiento de desinfección (solarización).
- Llenado desuniforme de bandejas.
- Siembra de la semilla muy superficial o profunda, afectando la germinación (la profundidad de siembra de una semilla hortícola debe ser una o dos veces su tamaño).
- No resemar a tiempo (en semilleros tradicionales).
- Aplicación de riego en exceso o en forma deficiente.
- No supervisar constantemente la sanidad de plántulas.
- Baja fertilidad del sustrato utilizado.
- No reducir la aplicación de riego dos o tres días antes del trasplante (endurecimiento) para disminuir el estrés a que son sometidas las plántulas después de su trasplante en campo.

### **Desinfección**

Antes de llenar las bandejas se deben retirar los residuos de sustrato de la producción anterior golpeándolas suavemente con la mano y lavándolas con agua a presión. Para prevenir el contagio de las plántulas por hongos y bacterias es necesario desinfectar las bandejas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio a razón de 5 a 10 ml/lt de agua y agitándolas por unos 30 segundos (Figura 5.10).



**Figura 5.10. Desinfección de bandejas de semilleros**



## Siembra

Se debe llenar con el sustrato el mayor número de bandejas al mismo tiempo para evitar diferencias de humedad. Si el llenado es manual, las bandejas se colocan sobre una estructura con el fin de facilitar la labor del operario para posteriormente llenarlas con la mezcla de sustrato, distribuyéndolo de manera uniforme en ellas (Figura 5.11). Es importante golpear suavemente la bandeja contra una superficie dura, buscando que no queden cámaras de aire dentro de los alvéolos sino que, por el contrario, el sustrato se distribuya uniformemente por todas las cavidades, pasando luego una regla de madera por encima para retirar los excesos de sustrato (se debe evitar llenar dichas bandejas con mucha anticipación a la siembra para evitar la compactación del sustrato por pérdida de humedad).

Para ubicar la semilla es necesario hacer en todo el centro del cono un orificio de 0,5 cm de diámetro y de 2 a 3 mm de profundidad (esto se logra colocando un marcador y ejerciendo una leve presión); después se coloca una semilla por sitio y se tapa con una capa fina del sustrato (Figura 5.12) pasando la regla de madera para retirar los sobrantes. En los sistemas más avanzados de siembra mecanizada el llenado se hace por medio de una máquina sembradora (Figura 5.13), en la que se realizan los procesos de desapilado de las bandejas, adición de sustrato a las bandejas, colocación de semillas en orificios practicados al sustrato, cobertura de la semilla con otro sustrato, riego de bandejas ya sembradas y apilado de bandejas en palets. Al momento de la siembra, todos los conos de las bandejas deben tener la misma uniformidad tanto en la mezcla del sustrato como en el nivel de llenado, nivel de fertilidad y contenido de humedad.



**Figura 5.11. Proceso de llenado de bandeja para semilleros**





**Figura 5.12. Proceso de siembra en semilleros**



**Figura 5.13. Sembradora neumática**

## **Coberturas**

Una vez sembradas las semillas se recomienda cubrir las bandejas con tela polisombra (30% de sombra) (Figura 5.14), ya que esto tiene las siguientes ventajas:

- Protege las semillas del ataque de pájaros.
- Amortigua el golpe causado por el agua de lluvia o de riego.
- Protege las plantas del ataque de trozadores, al actuar como barrera física.
- La malla permite un incremento de la temperatura del suelo, acelera la germinación de las plántulas y favorece la uniformidad en el semillero.





**Figura 5.14. Protección de semilleros con tela polisombra**

## **Riego**

En general, las raíces de las hortalizas son muy superficiales en los primeros estados de crecimiento, por lo que el suministro de agua debe ser continuo para conseguir un óptimo desarrollo de las plántulas. Posterior a la siembra, debe aplicarse agua para evitar deficiencias de humedad en el sustrato que afecten la germinación de las semillas, puesto que una semilla recién embebida requiere de humedad continua para su proceso de germinación. En regiones frescas es suficiente la aplicación de un riego en la mañana, mientras que en las regiones muy cálidas se hace necesario regar dos y hasta tres veces al día. La frecuencia de riego en el semillero se establece de acuerdo con el tipo de suelo o sustrato, tipo de semillero, especie sembrada y condiciones climáticas de cada región, teniendo en cuenta que un exceso de humedad en los semilleros puede favorecer el ataque de hongos del suelo que producen el llamado ‘mal de salcocho’ o ‘damping-off’.

En zonas de alta precipitación se recomienda la construcción bajo coberturas plásticas (invernadero o túneles de plástico), de tal manera que se pueda controlar el exceso de humedad. Aunque en todas las zonas exista o no alta precipitación, lo conveniente es tener los semilleros bajo condiciones protegidas.

El riego que se realiza a los semilleros debe hacerse en forma suave para evitar el daño a las plantas con la presión del agua; se aconseja para ello utilizar elementos que simulen gotas suaves como en forma de lluvia. Se recomienda utilizar una poma para la aplicación del riego (Figura 5.15).





**Figura 5.15. Poma para realizar riego en semilleros**

### **Germinación**

Se requieren entre 3 a 6 días en promedio para que las semillas de tomate germinen plenamente. Fuera de la buena calidad de la semilla, la velocidad de germinación está influenciada por la temperatura óptima del suelo y la humedad del mismo, el cual debe estar a capacidad de campo. La temperatura óptima para la germinación está entre los 16 y 28 °C; temperaturas menores de 10 °C y superiores a 35 °C inhiben la germinación; a 15 °C se presenta una germinación del 75%; y a 35 °C germina un 70% de la semilla. Para una buena y uniforme germinación es importante contar con una cámara de germinación consistente en un cuarto oscuro que brinde una temperatura constante (entre 25 y 28 °C) y una humedad relativa del 85%, condiciones en las que van a estar las bandejas con



**Figura 5.16. Germinación uniforme de plántulas en semillero**



las semillas durante los primeros 2 o 3 días después de la siembra (Figura 5.16). Respecto al porcentaje de germinación de las semillas, es importante tener en cuenta la longevidad de estas, la cual depende de las condiciones de conservación que se les proporcionen y las características propias de la especie.

### **Factores que inhiben la germinación**

#### *Factores endógenos*

- Madurez de la semilla.
- Estados de latencia.
- Presencia de hormonas inhibidoras.
- Humedad de la semilla.
- Testas impermeables o duras.

#### *Factores exógenos*

- Temperatura.
- Humedad.
- Luz.

### **Claves para obtener una buena germinación**

- Mantener el semillero en temperatura entre los 25 y 27 °C durante el proceso de germinación.
- Conservar la humedad del suelo constante.
- Mantener una adecuada iluminación.
- Proteger de vientos fríos.
- Realizar tratamientos pregerminación (imbibición en agua).
- Proteger la semilla.

### **Fertilización**

En el caso de utilizar sustratos inertes como la turba, fibra de coco o cascarilla de arroz, se requiere de un plan de fertilización tanto edáfica como foliar a través de fertirriego. La fertilización se realiza con cada riego aplicado, utilizando productos que se encuentran en el mercado y en las dosis recomendadas por el fabricante (es necesario aplicar nutrientes mayores y menores). Cuando en la región no se consiguen estas soluciones se recomienda diluir un fertilizante completo en agua (puede ser 10-30-10 o 15-15-15 en dosis de 10 g/lit de agua) y aplicar al semillero tratando de humedecer el suelo, preferiblemente en horas de la tarde.



La deficiencia más común en plantas en semillero es la de fósforo, cuyos síntomas son plantas enanas, con raíces escasas y hojas color púrpura. Para contrarrestar dicha deficiencia se recomienda la aplicación de un fertilizante soluble rico en fósforo, como es el caso de fosfato diamónico, en dosis de 40 g/8 lt de agua, cantidad suficiente para humedecer 1 m<sup>2</sup> de semillero. Cuando se presentan plantas enanas acompañadas con amarillamiento de las hojas, se debe a deficiencia de nitrógeno y se corrige con la aplicación de nitrato de potasio en dosis de 30 g/10 lt de agua, o urea en dosis de 50 g/10 lt de agua por m<sup>2</sup>.

### **Endurecimiento de las plantas**

Consiste en disminuir la aplicación del agua de riego máximo una semana antes del traslado de las plántulas a campo. Esta práctica es de gran importancia en el semillero y se hace con la finalidad de controlar el crecimiento de las plántulas y facilitar su adaptación a las condiciones de estrés en el campo.

Cuando las plántulas han crecido en condiciones muy favorables de humedad sus tejidos son muy acuosos y débiles, y mediante la disminución del riego antes del trasplante se busca endurecer los tejidos para que sean más resistentes bajo condiciones de campo; por el contrario, cuando las plantas han sufrido deficiencia de humedad se presenta un endurecimiento de los tejidos, los tallos se observan gruesos y leñosos. Se aconseja entonces antes del trasplante aplicar a las plantas una solución iniciadora rica en fósforo, utilizar como base fosfato de amonio en dosis de 6 g/lt de agua y aplicar de 4 a 6 lt/m<sup>2</sup>, 3 a 4 días antes del trasplante.

## **CULTIVO BAJO CUBIERTA**

### **Adecuación y preparación del terreno**

Antes de iniciar la construcción del invernadero es recomendable realizar la toma de muestra de suelo para realizar su análisis fisicoquímico. Si el terreno no ha sido sembrado antes o ha estado en descanso por mucho tiempo, es aconsejable arar el lote y luego realizar como mínimo dos pases de rastrillo con suficiente antelación, esto con el fin de mejorar las condiciones físicas del suelo y controlar las malezas, principalmente gramíneas o ciperáceas, difíciles de combatir cuando el cultivo está establecido. La arada y la rastrillada deben realizarse a una profundidad de por lo menos 30 cm (Figura 5.17). En la preparación debe evaluarse si es necesario realizar subsolado, la aplicación de un herbicida para la posterior eliminación de las malezas limitantes al cultivo, la incorporación de enmiendas o abonos orgánicos de acuerdo con el análisis, etc. (Jaramillo *et al.*, 2007).



No se deberá cultivar tomate si el terreno presenta los siguientes impedimentos:

- Nivel freático inferior a 1 m.
- El agua de riego con una conductividad eléctrica superior a 2,5 dS/m.
- Granulometría, con porcentajes superiores a 30% de arena gruesa.
- Pendientes de riego superiores al 0,3%.
- Conductividad eléctrica en el suelo superior a 4 dS/m.



**Figura 5.17. Terreno arado y rastrillado listo para la siembra**

### **Preparación del terreno**

El terreno para la siembra deberá prepararse con anticipación; esta preparación puede realizarse en forma mecánica, con tracción animal o laboreo mínimo, dependiendo de las condiciones en donde se siembre.

La preparación la podemos dividir en las siguientes fases, según sean las condiciones de cada terreno:

- **Subsolado:** esta actividad se recomienda principalmente para aquellos terrenos en donde nunca se ha laboreado, donde ha existido mucho paso de maquinaria (la cual ha compactado el terreno) o donde se ha tenido ganado pastoreando. Se hace en general cada uno o dos años para evitar compactación del suelo, permitiendo así mejor penetración del sistema radicular, mejor aireación y mejor drenaje. El subsolado se hace con maquinaria agrícola pesada que pueda penetrar los cinceles a por lo menos una profundidad de 60 cm.



- **Arado:** consiste en remover la parte superficial del suelo a profundidades que varían hasta los 45 cm. Se puede voltear el suelo o removerse, dependiendo del implemento que se utilice. Para el caso del cultivo del tomate es importante tener suelos que se preparen a buena profundidad para garantizar un buen desarrollo radicular y, por ende, de la planta.
- **Rastrillado:** con esta práctica se pretende romper los terrones que han quedado después de la arada. Debe realizarse cuando el suelo tenga cierto grado de humedad que permita que los terrones se desmenucen.

### Riego y drenaje

Existen diversos sistemas de riego (gravedad, aspersión y goteo) y su uso depende de la disponibilidad de recursos, pendiente del terreno, textura del suelo, abastecimiento y calidad de agua. Con cualquiera de los sistemas seleccionados, se debe evitar someter el cultivo a deficiencias o excesos de agua. Es importante la buena distribución del riego durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de la formación de frutos (Corpeño, 2004).

Es fundamental además revisar las condiciones de drenaje al interior y exterior del invernadero para evitar aquellos excesos de humedad en el suelo que puedan ocasionar problemas de productividad y enfermedades al cultivo, por lo cual se recomienda la construcción de drenajes al exterior del invernadero (Figura 5.18).



**Figura 5.18. Drenajes al exterior del invernadero para evitar excesos de humedad**



El terreno elegido debe tener infraestructura adecuada, fácil acceso con vehículos para sacar la producción, disponibilidad de mano de obra en la región y fuentes de agua de buena calidad cerca al cultivo.

Por otra parte y para finalizar, se realiza el trazado de los surcos (Figura 5.19), que consiste en formar la cama o surcos donde se trasplantará el tomate. Esta actividad consiste en levantar los surcos por lo menos 25 a 40 cm (los surcos altos tienen grandes ventajas, dentro de las cuales está el mejor drenaje, la mejor aireación de las raíces y un mejor desarrollo de las mismas); posteriormente, se procede a marcar los sitios donde quedarán ubicadas las plantas, realizando un hueco de tamaño ligeramente mayor al volumen ocupado por el recipiente que contiene cada planta que se va a trasplantar. Una vez trasplantadas las plantas, es necesario regarlas para evitar su marchitamiento.



**Figura 5.19. Preparación de surcos para la siembra**

Antes del trasplante se recomienda la aplicación, en forma localizada, de materia orgánica (gallinaza compostada), correctivos y nutrientes de acuerdo con la recomendación del análisis de suelo. La materia orgánica debe ser totalmente compostada y humedecerse antes del trasplante para evitar que la descomposición de la misma no queme las plantas. Igualmente, es importante la aplicación de cal para hacer las correcciones de pH según el análisis de suelo.



## Recomendaciones de cal

La cal se aplica a los suelos tanto para neutralizar el hidrógeno ( $H^+$ ) y el aluminio intercambiable ( $Al^{+++}$ ) como para proporcionar calcio. Se aplica calcio más magnesio si ella es calcítica o dolomítica, respectivamente. Los principales factores que se deben tener presentes al agregar cal a los suelos (además de la planta que se va a cultivar) son el pH y el aluminio intercambiable, la textura, el contenido de materia orgánica y la relación Ca/Mg. La importancia del pH está relacionada con la tolerancia de las plantas al manganeso y al aluminio contenido en la solución del suelo. Las correcciones adecuadas de pH, mediante aplicaciones de cal, permiten que algunos nutrientes pasen a ser aprovechables por los cultivos, disminuyéndose así la cantidad de fertilizantes y su costo (ICA, 1992).

El tipo de suelo y el contenido de materia orgánica también influyen en la cantidad de cal que se debe agregar. Los suelos con alto contenido de materia orgánica y/o arcilla requieren, para elevar el pH en una unidad, más cal que los arenosos. Como la cal reacciona lentamente en el suelo, debe aplicarse de cuatro a seis semanas antes de la siembra, pero mezclada uniformemente con el suelo. Las recomendaciones de cal por parte del ICA se basan especialmente en el contenido de aluminio intercambiable de los suelos. En suelos con menos del 10% de materia orgánica y un pH inferior a 5,5 así como en suelos con más de 10% de materia orgánica y un pH inferior a 5,0 se recomienda aplicar una tonelada y media de cal agrícola que contenga por lo menos el equivalente al 80% de  $CaCO_3$  por cada miliequivalente (cmol/kg) de aluminio intercambiable. Cuando se utilizan escorias Thomas, es posible disminuir la cantidad de cal en suelos con un pH menor de 5,5 (ICA, 1992).

En algunos suelos de Colombia el contenido de aluminio intercambiable es muy alto y, por tanto, la cantidad de cal para su corrección sería exagerada. Aplicaciones superiores de tres toneladas por hectárea pueden resultar antieconómicas; es por esto que se puede pensar también en aplicar cal por ciclo agrícola hasta llegar a las condiciones adecuadas de acidez de los suelos. Así mismo, en muchos suelos del país que requieren cal se encuentra una relación Ca/Mg muy amplia, es decir, que la cantidad de magnesio en relación con la del calcio es muy pequeña. Al agregar a los suelos cal agrícola –o sea aquella que contiene solamente  $CaCO_3$ – se agrava el desequilibrio entre el calcio y magnesio, y se pueden inducir deficiencias de este en los cultivos. Es muy importante entonces que las aplicaciones de cal se hagan a base de cal dolomítica, o sea de aquella que contiene además de carbonato de calcio, carbonato de magnesio (ICA, 1992).



## Uso de Micorrizas

Es aconsejable que en el momento de la siembra y el trasplante se usen micorrizas. Las micorrizas forman una asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. La importancia de esta simbiosis radica en que la raíz es el vínculo entre la planta y el suelo, y que a su vez, el tejido del hongo es el puente entre la raíz y el suelo.

Las micorrizas aumentan la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz por el hecho de que el micelio fúngico (tejido micorrizal), al constituirse en una extensión de raicillas, explora mucho mayor volumen del suelo que la raíz sola.

Pero las ventajas de estas no se limitan a la nutrición vegetal: las plantas reciben beneficios adicionales, como tolerancia a épocas secas (estrés hídrico), exclusión de patógenos del suelo y adaptación a metales pesados.

Muchas veces las poblaciones naturales de micorrizas son insuficientes o ineficientes para establecer una buena simbiosis, lo cual afecta el desarrollo de una comunidad vegetal; en estos casos, se pueden aumentar las eficiencias simbióticas con la inoculación de hongos eficientes y competitivos. El uso práctico de la micorriza encaja dentro de una gestión biológica en la fertilidad del suelo, dirigida a obtener una productividad sostenida, respetando nuestro entorno.

### Beneficios de las micorrizas

- Favorece la absorción de iones poco móviles del suelo, particularmente fosfatos, pero también zinc, cobre y amonio.
- Mayor crecimiento de las plantas, principalmente en suelos con bajo contenido de nutrientes.
- Mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía.
- Protección contra patógenos radiculares.
- Detoxificación de metales pesados. Estabilización de agregados de partículas del suelo.
- Estimación de otros microorganismos simbióticos integrantes de la comunidad rizosférica.

Para su uso, el producto debe quedar en contacto con el sistema radical de la planta; es decir, se aplica al momento de la siembra en dosis de 80 - 100 esporas/alvéolo.



## Distancias de siembra

La densidad de plantación en el invernadero tiene una importancia especial porque no solamente determina el potencial productivo de las plantas sino también la sanidad vegetal del cultivo. Existe una relación antagónica entre el interés de aumentar la densidad del cultivo buscando elevar la producción y la necesidad de disminuirla para mejorar la ventilación, aunque un cultivo muy denso que sufre de mala aireación, mala penetración de luz y alta incidencia de enfermedades, tampoco alcanza su potencial productivo. Si trasplantamos menos plantas por una determinada área, cada planta puede cargar más frutos, porque es más vigorosa y hay compensación del espacio. En una plantación apretujada las plantas son más débiles, con tallos delgados y cada planta cargará menos frutos; además, los frutos serán pequeños y no llegarán a la calidad esperada (Shany, 2007).

La densidad de siembra a utilizar depende del material a cultivar y sus características de crecimiento (determinado o indeterminado), ciclo de producción, tipo de invernadero, tipo de poda, arreglo espacial (surco sencillo o doble), tutorado y fertilidad del suelo, condiciones agroecológicas de la zona, disposición y tipo de riego, y la posibilidad de mecanización de las labores. La distancia entre surcos de tomate más adecuada es aquella que permita una propicia ejecución de las labores y que evite el exceso de humedad alrededor de las plantas. Para aquellas zonas donde se genera una alta humedad relativa no es recomendable la siembra en surcos dobles, ya que se generan las condiciones apropiadas para la incidencia de enfermedades (Jaramillo *et al.*, 2007).

La siembra del tomate puede realizarse en surcos sencillos (Figura 5.20) o dobles. La siembra en surco sencillo se realiza con una distancia entre surcos de 1,10 a 1,30 m y una distancia entre plantas de 30 a 40 cm, lo que da una densidad de 1,9 a 3 plantas por m<sup>2</sup> con podas a un solo tallo (ver Tabla 5.1).

Cuando se siembran variedades de crecimiento determinado, de ciclo corto, se puede establecer una densidad de siembra alta que permita obtener la mayor producción posible, aunque es factible que se acumule alta humedad relativa alrededor del dosel, favoreciendo el ataque de enfermedades como *Botrytis cinerea* o moho gris y *Phytophthora infestans* o gota.

Para cultivares de crecimiento indeterminado, en zonas frías donde hay alta nubosidad y alta humedad relativa, y si no se cuenta con equipamiento de control climático, lo conveniente es la siembra en surcos sencillos para facilitar tan-





**Figura 5.20. Siembra en surco sencillo**

to la luminosidad como la ventilación de las plantas; al contrario, en zonas con alta radiación es recomendable la siembra en surcos dobles para evitar daños a los frutos por golpe de sol.

**Tabla 5.1. Distancias de siembra del tomate, según tipo de ramificación**

Tipo de ramificación	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre surcos (m)	Población de plantas/ ha
A un solo tallo	0,30	1,1	30.303
	0,30	1,2	27.777
	0,30	1,3	25.641
	0,35	1,1	25.974
	0,35	1,2	23.809
	0,35	1,3	21.978
	0,40	1,1	22.727
	0,40	1,2	20.833
	0,40	1,3	19.230
A dos tallos	0,50	1,2	16.666
	0,50	1,5	13.333
	0,50	1,7	11.764
A cuatro tallos	0,50	1,5	13.333
	0,60	1,5	11.106



En la siembra del tomate en surcos dobles se trabaja con una distancia de 50 - 60 cm entre los dos surcos y de 50 - 60 cm entre plantas. La distancia entre centros de cama puede variar de 1,40 a 1,60 m, con caminos de 0,8 a 1,0 m de ancho (Figura 5.21).



**Figura 5.21. Siembra en surco doble**

La siembra en surco doble es más recomendada en zonas donde la humedad relativa no es alta y donde la radiación solar es muy fuerte, por lo que se debe buscar un ambiente más favorable a la planta. Cuando se cultiva con surco doble es necesario utilizar doble cinta de riego, una para cada surco, con el fin de garantizar que cada planta reciba la cantidad de agua apropiada (Figura 5.22).



**Figura 5.22. Doble cinta de riego para siembras en surco doble**



## Trasplante

Es el paso de las plántulas del semillero al sitio definitivo (Figura 5.23), el cual se realiza aproximadamente entre 30 y 35 días después de sembrado el semillero de acuerdo con la calidad de la planta. Para esto es necesario tener en cuenta algunas consideraciones que se describen a continuación:



**Figura 5.23. Plántulas listas para el trasplante**

- Una semana antes del trasplante, disminuir el riego para endurecer las plantas, trasplantando plántulas con cuatro hojas verdaderas de altura entre 10 y 15 cm.
- Realizar el trasplante en horas de la mañana (con menos sol).
- Regar abundantemente el semillero dos o tres horas antes del trasplante con el fin de facilitar el arranque sin dañar las raíces y que las plantas lleguen con suficiente humedad al sitio definitivo.
- Trasplantar plantas uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, de color verde y erguidas.
- No trasplantar plantas con coloración púrpura en las hojas, ya que esto indica una deficiencia de fósforo.
- Las plantas listas para el trasplante deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato y que este no se desmorone en el momento que la plántula sea sacada de la bandeja, buscando que cuando la planta sea trasplantada a campo el medio de crecimiento se mantenga alrededor de las raíces.
- Es preciso que las plantas listas para el trasplante tengan raíces blancas y delgadas que llenen toda la celda de arriba a abajo. Cuando las raíces son de un color marrón y no se extienden hacia la parte inferior



del contenedor, es síntoma de que han estado creciendo bajo un estrés de humedad o tienen problemas de pudriciones radicales, lo cual puede retardar el enraizamiento en campo.

Las plántulas compradas a viveros comerciales deben ser empacadas en cajas de cartón (Figura 5.24) y almacenadas en áreas sombreadas que estén protegidas del ataque de insectos hasta que sean trasplantadas; si estas son bien almacenadas, pueden ser trasplantadas 24 o 48 horas después de ser removidas del semillero.



**Figura 5.24. Cajas de cartón para transportar las plántulas de tomate**

Una vez trazados los surcos se marcan los sitios en los cuales irán ubicadas las plantas. En estos sitios se hace un hueco de tamaño ligeramente mayor al volumen ocupado por el recipiente que contiene la planta que se va a trasplantar (Figura 5.25). Al momento del trasplante, es necesario que una pequeña porción del tallo quede enterrada en el suelo para proporcionar un mejor soporte inicial y permitir a la planta el desarrollo de nuevas raíces. Una vez trasplantadas, es necesario regarlas para evitar estrés por agua.



**Figura 5.25. Trasplante a campo**



La poda se realiza con el fin de potencializar las partes de la planta que tienen que ver con la producción y eliminar aquellas que no tienen incidencia con la cosecha para, de esta forma, concentrar energía y lograr frutos de mayor calibre, sanos, vigorosos, precoces y firmes. La poda tiene por objeto balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los fotoasimilados se canalicen hacia los frutos e indirectamente ayuden a mejorar la aireación del cultivo; a su vez, la poda y tutorado se hacen en función del tipo de cultivar, diseño de plantación y ciclo productivo. En materiales de tomate de crecimiento indeterminado es indispensable realizar la poda de diferentes partes de la planta (como tallos, chupones, hojas, flores y frutos) y así permitir mejores condiciones a las partes que quedan en ella y que tienen que ver con la producción, eliminando a la vez las plantas que no tienen incidencia con la cosecha y que pueden consumir energía necesaria para lograr frutos de mayor tamaño y calidad (Lobo y Jaramillo, 1984).

Según Martínez (2001), las principales ventajas de las podas son:

- Reducen la competencia entre órganos en crecimiento.
- Mejoran la ocupación del volumen aéreo.
- Facilitan la aireación de la planta.
- Mejoran la penetración de la luz.
- Facilitan la recolección.
- Facilitan el control de plagas y malezas.
- Equilibran la nutrición en la planta.

En general, se recomienda no defoliar antes del inicio de maduración del primer racimo y hasta el inicio de floración del séptimo racimo; no defoliar por encima de un racimo en maduración. Una defoliación intensa y precoz retarda y reduce la producción (Martínez, 2001). Así mismo, la poda debe hacerse en horas de la mañana, cuando el cultivo aún se encuentra turgente (Shany, 2007).

### Tipos de poda

#### Poda de formación

El tomate presenta la característica que en la intersección entre cada hoja y el tallo emite una yema axilar, también llamada brote. El vigor del brote siempre es diferente, es decir, el brote que está justo por debajo de la primera inflorescencia es más vigoroso que los que están en la parte inferior o superior del mismo.



La poda de formación es la primera que se le realiza a la planta entre los 20 y 30 días después del trasplante, y es la que define el número de tallos a desarrollar. Se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos. La decisión del número de tallos depende de la calidad del suelo, la distancia de siembra, el material utilizado y el tipo de tutorado empleado; no obstante, lo más recomendable en invernadero es trabajar la planta a un solo tallo para facilitar su tutorado y manejo (Zeidan, 2005). En la primera poda se eliminan brotes o chupones que se desarrollan en la base del tallo y que están por debajo del primer racimo floral; también se deben eliminar las hojas bajas amarillentas ya senescentes (Figuras 5.26 y 5.27).



**Figura 5.26. Brote que debe eliminarse en la poda de formación**



**Figura 5.27. Planta a un solo tallo**

Trabajar a dos tallos es recomendable cuando el costo de las plántulas es muy alto, por ejemplo cuando son injertadas o cuando se requieren frutos más pequeños. En estos casos se debe seleccionar el segundo tallo del brote que se presenta por debajo de la primera inflorescencia, debido a que generalmente presenta más vigor, si bien algunos productores prefieren dejar el brote del segundo racimo floral (Figura 5.28).

Es de anotar que cuando se trabaja la planta a dos tallos se pierde precocidad en el cultivo. En zonas con alta humedad relativa y baja luminosidad, es adecuado ampliar la distancia de siembra entre plantas para evitar el ataque de enfermedades y reducción del tamaño de fruto por la competencia de luz.



**Figura 5.28. Planta a dos tallos**



### **Poda de yemas o chupones**

Los objetivos de esta poda son: reducir competencia entre órganos en crecimiento, racimos y brotes vegetativos; mejorar ocupación del volumen aéreo; y facilitar la aireación de la planta y la incidencia de la luz en las hojas (Martínez, 2001). Una vez se define el número de tallos a dejar en la planta se eliminan todos los brotes que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas (Figura 5.29). Los brotes se deben eliminar manualmente antes de que tengan un tamaño no mayor de 3 cm con el objetivo de que no absorban los nutrientes que se requieren para la formación y llenado del fruto; además, este tamaño permite eliminar los brotes sin dejar heridas en las plantas (Figura 5.30).



**Figura 5.29. Brote o chupón en el tamaño ideal para eliminar**



**Figura 5.30. Brote eliminado sin ocasionar daño a la planta**

Cuando la poda del chupón no se hace a tiempo este se engrosa y crece demasiado, siendo conveniente dejar un pedazo de tallo al cortar el chupón de 1 a 3 cm para favorecer la cicatrización y evitar que la herida llegue al tallo principal.

Los chupones o yemas axilares se desarrollan durante todo el ciclo del cultivo, sin embargo, entre los 30 a 90 días después del trasplante se producen con más frecuencia, siendo necesario –en ocasiones– deschuponar dos a tres veces por semana para posteriormente disminuir su desarrollo durante los picos de producción. Una vez se realice la poda terminal o despunte para definir el número de racimos con que se deja la planta se puede volver a incrementar el desarrollo de chupones.



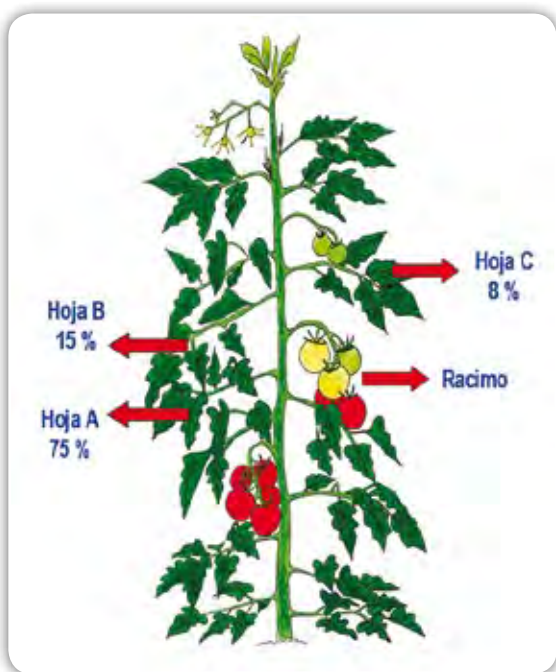
### **Poda de hojas o deshojado**

Cuando el follaje es muy intenso o se ha presentado alguna enfermedad foliar conviene hacer una poda de hojas para mejorar la ventilación e iluminación del cultivo. Las hojas viejas, amarillentas, senescentes o enfermas, deben ser removidas (Zeidan, 2005). Con esto se busca mejorar la entrada de luz en la planta; lograr mayor floración, y cuaje y homogeneidad en el tamaño, calidad y maduración de frutos; así como aumentar la ventilación y bajar la humedad relativa en la base de las plantas, rompiendo el microclima que favorece el desarrollo de enfermedades. Por otro lado, es esencial eliminar las hojas enfermas que sean fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

La primera poda de hojas bajas se realiza una vez haya florecido completamente el segundo racimo, dejando como mínimo dos hojas por debajo del primer racimo. Es importante no remover hojas por debajo o por encima del racimo que no haya alcanzado la madurez de los frutos (Jaramillo *et al.*, 2007; Zeidan, 2005).

La eliminación de hojas se debe comenzar en el momento en que se haya terminado la recolección de los frutos del primer racimo, eliminando aquellas que están por debajo de él; de ahí en adelante se deben seguir eliminando a medida que se van llenando los frutos y cosechando los racimos (Zeidan, 2005).

En plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres por cada racimo floral: la hoja A se ubica inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral y es la responsable del 75% del llenado del fruto, en tanto que la hoja B se ubica inmediatamente por encima del racimo y colabora con cerca del 15% del llenado del fruto, y la hoja C, que está por encima de la hoja B, aporta el 8%,



**Figura 5.31. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado**



repartiendo sus fotosintetizados en forma bilateral para el racimo anterior y posterior (Figura 5.31). Los anteriores porcentajes muestran la importancia de las hojas en el llenado del fruto y su influencia cuando se poda en forma drástica la planta, razón por la que las hojas A, B y C no deberían ser removidas sin un llenado óptimo del racimo.

En el caso extremo de presentarse un exceso de follaje que impida la penetración de la luz o favorezca la presencia de enfermedades por el exceso de humedad relativa, se recomienda hacer un entresaque de hojas, eliminando únicamente la hoja C y evitando quitar el foliolo que está en frente del racimo o inmediatamente debajo de este, ya que juega un papel muy importante en la traslocación de fotoasimilados al fruto. Una defoliación intensa y precoz en la planta, retarda y reduce la producción.

Las hojas, además de proveer nutrientes al fruto, en épocas de verano intenso proporcionan sombra a los frutos previniendo el golpe de sol o la presencia de hombros verdes; en invierno, las hojas protegen el fruto del enfriamiento, ya que actúan como una barrera para el escape del calor acumulado en el fruto hacia la atmósfera del invernadero (Zeidan, O., 2005).

Por tanto, es importante realizar la remoción de las hojas en días soleados y secos. Si la remoción se realiza en días lluviosos o húmedos, es preciso realizar posteriormente una aplicación de un fungicida, especialmente con base en cobre, para prevenir enfermedades bacteriales y fungosas (Zeidan, 2005).

### **Poda de flores y frutos**

El objetivo de este tipo de poda es balancear el número y tamaño de los frutos en el racimo y a lo largo de la planta. La poda de flores y frutos va a depender del tipo de mercado que tenga el productor y de la variedad utilizada, pues algunas variedades producen gran número de flores por inflorescencia, los frutos no se desarrollan bien y son de calibres tan pequeños que no satisfacen la demanda del mercado. En este caso, se recomienda eliminar flores antes de que sean polinizadas.

Lo ideal en tomates tipo Chonto es dejar por racimo de 8 a 10 frutos dependiendo del vigor de la planta y en tomates tipo Milano de 5 a 8 frutos por racimo. Se deben eliminar los frutos deformes (Figura 5.32), enfermos y los más pequeños, que generalmente se encuentran en el extremo apical del racimo y se identifican por su tamaño menudo y por su coloración opaca y sin brillo (Figura 5.33).





**Figura 5.32. Poda de frutos con daño fisiológico**



**Figura 5.33. Fruto pequeño que debe ser eliminado para facilitar el crecimiento de los otros**

Es importante conocer el comportamiento del material sembrado en cuanto a número de flores por racimo y calibres promedio del fruto; si bien estos dos parámetros son genéticamente dependientes, en la fertilización juegan un papel muy importante. Con relación a las condiciones climáticas es posible observar que a mayor temperatura y menor radiación se deben dejar menos frutos, igual que a mayor densidad de siembra o menor disponibilidad de radiación por planta. Respecto del estado de desarrollo de la planta, en los primeros racimos se dejan más frutos que en los últimos (Terán *et al.*, 2007).

### **Poda de yema terminal o despunte**

Consiste en cortar la yema principal de la planta teniendo en cuenta que el racimo que esté por debajo de dicha yema se encuentre totalmente formado. Se deben dejar dos hojas por encima del último racimo (Figura 5.34).



**Figura 5.34. Poda de yema terminal o despunte**



Esta poda permite determinar el número de racimos que se van a dejar por planta; se puede llevar la producción a 8, 10, 12, 14 o 16 racimos dependiendo del estado sanitario de la planta, la productividad del material y la calidad comercial exigida por los mercados. Generalmente el tamaño de los frutos de los últimos racimos es mucho menor, por lo cual la poda terminal permite que los últimos frutos adquieran un mayor tamaño si no se consigue a través de una adecuada fertilización. Usualmente la poda de yema terminal incrementa el diámetro de los frutos en las tres últimas inflorescencias.

### Desinfección de herramientas

Cuando al realizar cualquier tipo de poda se utiliza algún tipo de herramienta, se recomienda hacerle a esta una desinfección periódica con una solución de yodo agrícola o hipoclorito de sodio al 5% al pasar de planta a planta (Figura 5.35) y aplicar productos a base de cobre al cultivo para evitar la entrada de microorganismos patógenos a través de las heridas causadas por la poda, principalmente enfermedades de tipo bacterial o fungosas como el hongo *Botrytis* causante del moho gris; así mismo, se debe recoger y sacar del invernadero lo más pronto posible todos los residuos de la poda, ya que pueden ser fuente de inóculo de enfermedades y plagas (Figura 5.36).



Figura 5.35. Desinfección de herramientas



Figura 5.36. Método adecuado de recolectar los residuos de poda

### Polinización

La dificultad del cuajado de los frutos se debe en la mayor parte de los casos a una deficiente fecundación de las flores originada por humedad relativa baja



o exceso de humedad, así como de extremos de temperaturas, principalmente muy bajas, y mala ventilación al interior del invernadero. Usualmente cuando las temperaturas dentro del invernadero están por debajo de 10 °C y en el día también se presentan bajas temperaturas, el vigor y cantidad de los granos de polen disminuyen. De la misma forma, cuando hay altas temperaturas tanto en el día como en la noche se reduce la fertilidad de las flores, lo cual es expresado en la producción de pocos granos de polen y en la elongación del estilo y el estigma por encima de las anteras; sumado a esto, en algunos casos las flores no abren (Zeidan, 2005).

En la mayoría de los casos las flores de tomate se autopolinizan, ya que cada flor contiene tanto estructuras masculinas (estambres y granos de polen) como estructuras femeninas (ovarios, óvulos, estilo, estigma). Algunas veces ocurre la polinización cruzada, especialmente por insectos.

La forma y el tamaño del fruto están influenciados por el número de semillas que se desarrollan dentro de este; una flor que ha sido polinizada con una buena cantidad de granos de polen puede producir frutos con la forma y tamaño característicos de la variedad, mientras que una flor parcialmente polinizada puede producir frutos irregulares y pequeños, aunque contenga pocas semillas (Zeidan, 2005).

En un contexto de campo abierto y bajo óptimas condiciones de crecimiento se produce no solo la polinización cruzada sino la autopolinización en las flores de tomate (el viento, los insectos y el hombre promueven dicho proceso de polinización en campo abierto). Por el contrario, en condiciones de invernadero generalmente la polinización es parcial e insuficiente para producir un buen cuajado de frutos, ya que la acción del viento está limitada dentro del mismo (Zeidan, 2005).

Existen varios métodos, aparte del manejo de las condiciones climáticas al interior del invernadero, para mejorar la polinización:

### **Vibrador (abeja eléctrica)**

El principio del aparato es producir una vibración de las flores, estimulando la liberación del polen de los estambres, en especial cuando hay escasez o cuando debido a malas condiciones climáticas los estambres no se abren. Este aparato se compone de una batería conectada a una varilla larga que vibra, la cual es colocada sobre cada inflorescencia para facilitar la liberación del polen al estigma y favorecer la fecundación (Figura 5.37) (Shany, 2007).





**Figura 5.37. Vibrador eléctrico operado por batería**

### **Expulsador de aire**

Es un dispositivo que libera corrientes de aire sobre las inflorescencias agitando las flores, liberando de esta forma el polen de las anteras al ovario para fecundar el óvulo.

### **Polinización por abejorros**

Mundialmente se viene utilizando el *Bombus terrestris*, un abejorro grande de color negro-amarillo que vive en la naturaleza de todos los continentes. Por la fuerte vibración que suministran sus grandes alas, se consigue una mejor polinización, más que con cualquier otro aparato artificial.

El *Bombus* es muy buen trabajador, activo, independiente de las condiciones climáticas y no escapa del invernadero, aún cuando las ventanas estén abiertas (Shany, 2007). La utilización de abejorros en invernadero requiere del uso de una estrategia de manejo integrado de plagas, donde el componente químico sea racional (Figura 5.38). En Colombia, la Universidad Militar viene trabajando con el abejorro nativo *Bombus atratus*.



**Figura 5.38. Liberación de abejorros para la polinización de flores**



## Vibración mecánica

Consiste en agitar las flores a través de la vibración producida por golpes repetidos al alambre del tutorado mediante la utilización de una vara (Figura 5.39).



**Figura 5.39. Polinización mecánica mediante golpes producidos al sistema de tutorado**

## Uso de hormonas de crecimiento

En condiciones extremas de temperatura, ya sea de mucho calor o de mucho frío, la producción de polen se detiene totalmente y la polinización es defectuosa; por tanto, es recomendable el uso de hormonas estimulantes del cuaje, las cuales deben ser asperjadas sobre la inflorescencia y no sobre la planta; aparte de esto, su utilización y concentración debe ser directamente recomendada por el fabricante, ya que una mala utilización puede producir toxicidad en la planta, deformación de frutos y frutos huecos. Los productos que se utilizan para tal fin son  $\beta$ -Naphthoxi-acetic-acid (BNAA), CPA-4, Tomaset, Uraset (*M-M-T Metalotyl-phtalmic Acid*). Esta aspersión debe realizarse con bombas manuales pequeñas de 1 lt, y las aplicaciones se inician cuando el cultivo tenga la primera inflorescencia abierta y esté en buena condición de crecimiento, mínimo con 15 - 20 hojas. Se realizan entonces dos aplicaciones por inflorescencia: la primera cuando hay 3 - 4 flores por racimo y la segunda cuando se ha abierto el resto de las flores del mismo (Shany, 2007).

La utilización del vibrador eléctrico, el expulsador de aire y la vibración mecánica debe ser aplicada como mínimo día de por medio, tarde en la mañana,

después de que la humedad relativa al interior del invernadero se ha reducido y las flores están más secas (70% HR y 19 °C) (cuando las flores húmedas son sacudidas el polen no es liberado apropiadamente porque está compacto por la humedad, resultando una fecundación defectuosa). En el caso de los vibradores eléctricos, es esencial que su punta sea colocada sobre el tallo de la inflorescencia operándolo por uno o dos segundos, así toda la inflorescencia es sacudida y las flores son polinizadas. Como todas las flores en la inflorescencia no abren al mismo tiempo, el proceso debe ser repetido una vez hayan flores abiertas en la inflorescencia (Zeidan, 2005).

### Tutorado y amarre

El tutorado permite un crecimiento vertical de las plantas y facilita las labores del cultivo. Consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda evitando que las hojas, y sobre todo los frutos, toquen el suelo. Entre las ventajas de la instalación de un adecuado tutorado se encuentran las siguientes:

- Evita daños mecánicos a la planta tanto por el peso de los frutos como durante las prácticas culturales.
- Obtiene frutos de mejor calidad, ya que estos no tienen contacto con el suelo.
- Mejora la aireación general de la planta, factor importante para una mayor sanidad del follaje.
- Facilita el control fitosanitario y la cosecha de los frutos.
- Favorece el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales.

Todo lo anterior repercute en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

Generalmente el tutorado puede hacerse con estacones de madera o guadua, diseñándolo de tal manera que tenga el menor número de estacones para evitar el sombrío sobre las plantas. También puede ser parte de la estructura –en el caso de los invernaderos metálicos– siempre y cuando en los cálculos de diseño del mismo se tengan en cuenta las cargas que debe soportar, las cuales están alrededor de 30 kg/m<sup>2</sup>.

El tutorado más empleado bajo invernadero para tomate es el fijo vertical sencillo, utilizando una sola línea de alambre para la siembra a surco sencillo, aunque también se puede utilizar el tutorado vertical doble en los casos en que se siembra a doble surco, donde se utilizan dos líneas de alambre. Su altura de-



pende de la variedad, el número de racimos al que se va a llevar la planta y si se van a descolgar las plantas o se van a llevar a un amarre fijo.

Se construye colocando en cada extremo del surco un poste de madera a una altura mínima de 2,5 metros; en ambos extremos se extiende una línea de alambre galvanizado calibre 8 - 10 o guaya calibre 1/8 y de allí se coloca un gancho de alambre (Figuras 5.40 y 5.41), el cual lleva enrollado la fibra de polietileno (la más recomendada la número 9.000) que mediante argollas o abrazaderas de plástico (clips) van a sostener la planta, las que se anillan al tallo por debajo del pecíolo de una hoja completamente desarrollada (Figura 5.42). Este sistema tiene la ventaja de que no causa un maltrato a las flores, hojas, tallos y frutos; que evita la proliferación de hongos en el contacto de la fibra o trapo en el tallo; y que es de fácil manejo, requiriéndose aproximadamente de 3 a 4 argollas por planta durante todo el ciclo.

La importancia de la utilización de las argollas es la agilidad en el manejo y amarre de las plantas; además no hay maltrato en flores, tallos, hojas y frutos; se evita el ahorcamiento de tallos, quebramiento de las hojas, caída de flores y frutos; son de fácil manejo y no ocasionan heridas a la planta.



**Figura 5.40. Sistema de ganchos para guía de la planta**



**Figura 5.41. Sistema de colgado con gancho de alambre**

Este sistema permite descolgar las plantas una vez que han alcanzado la altura del alambre del tutorado (lo cual habitualmente sucede en el momento en que se han cosechado los primeros tres o cuatro racimos) y se realiza inclinando la planta sobre el surco, lo que comúnmente se denomina “poner a caminar





**Figura 5.42. Argollas o abrazaderas de plástico para el amarre de las plantas**

las plantas” o “descuelgue” (Figura 5.43), permitiendo una mayor facilidad para las labores sanitarias y de cosecha, ya que los racimos se van colocando a una altura adecuada para facilitar la recolección (el sistema es más práctico cuando la planta se lleva a más de 10 racimos). Una vez que la planta ha alcanzado la altura del alambre del tutorado, o que este sea construido a una altura inferior a la recomendada, se libera más hilo y paralelamente se mueven todas las plantas de la hilera en la misma dirección, las plantas de la otra hilera se mueven en la dirección opuesta, y las plantas ubicadas en los extremos de las hileras se doblan en 180 °C; de esta manera, los tallos pueden llegar, al final del cultivo, a una



**Figura 5.43. Descuelgue de plantas**



longitud de 10 a 12 metros. Posteriormente la planta se deja caer, siempre con la precaución de que los frutos no queden en contacto con el suelo para evitar pudriciones de los mismos. Ahora bien, antes de empezar a descolgar las plantas sobre el surco deben de ser removidas todas las hojas que estén por debajo de los racimos ya cosechados.

Otra manera de hacer el amarre de las plantas al tutorado es mediante cuerdas de plástico o de tela de lycra, que va desde la base de la planta enrollándola en sentido del reloj cada dos o tres hojas, o una vuelta por cada racimo hasta el alambre (Figura 5.44).

La limitante de este sistema es que la fibra causa daños mecánicos a las plantas por ahorcamientos y estrangulamientos de hojas, tallos, flores y frutos; además la lycra utilizada puede almacenar humedad, convirtiéndose en una fuente de inóculo para la propagación de enfermedades fungosas, bacterianas o virosas, siendo lo más recomendable reemplazar estas cuerdas cada que se renueva el cultivo. Otra limitante de este sistema es que no permite descolgar las plantas, dificultando las labores de cosecha y control fitosanitario.



**Figura 5.44. Sistema de amarre mediante tela de lycra**

La labor de amarre debe hacerse hasta dos veces por semana durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo; posteriormente, cuando empieza la formación de frutos, se puede hacer una vez por semana. La frecuencia de esta labor depende de la variedad, el clima, el estado nutricional del cultivo y la programación de las tareas.



## Control de Malezas

La aplicación de herbicidas dentro del invernadero no es aconsejable debido a la residualidad que pueden generar estos productos; no obstante, su utilización se justifica cuando se inicia por primera vez el cultivo y el terreno donde se construye el invernadero está cubierto de malezas o pastos que no son fáciles de erradicar. Antes de iniciar la construcción del invernadero, y si el lote no ha tenido uso desde hace tiempo, es recomendable la aplicación de un herbicida sistémico para eliminar aquellas malezas agresivas –el caso del coquito y el pasto kikuyo–, de lo contrario se dificulta su control luego de establecido debido a su agresividad y a los altos costos de mano de obra para erradicarlas (Figura 5.45).



**Figura 5.45. Invernadero infestado con la maleza coquito**

La mayoría de productores no le da a esta actividad la importancia que merece, debido a su desconocimiento acerca de cómo combatir las malezas y cuáles son los problemas que acarrearán al cultivo. Por esta razón se debe resaltar la necesidad de controlarlas adecuadamente y a tiempo, para que no se vuelvan un problema incontrolable. En primer lugar, la mejor forma de combatir las malezas es antes de la siembra o trasplante, lo cual debe planearse con anterioridad tomando en cuenta el periodo necesario para que las malezas crezcan hasta el punto donde son más vulnerables y puedan ser controladas con eficacia. Por ejemplo, si el problema es el coquito (*Cyperus* sp.) el terreno se debe preparar, encamar y luego regar para estimular su crecimiento y así, al llegar a la floración, se le puede aplicar un herbicida como glifosato (Round-up, Batalla, Ranger, Glifolac, Root-out).

Si se usa este producto no se debe olvidar acidificar el agua a un pH de 4, que se trasloca hasta las raíces y coquitos de la planta y de esta manera disminuye las poblaciones con efectividad; sin embargo, el tiempo para llevar a cabo todo



el procedimiento es de aproximadamente 30 a 35 días (incluyendo el tiempo de preparación de suelos y desarrollo de la maleza), lo que viene a reafirmar la importancia de la planificación de la siembra.

Los problemas principales que las malezas ocasionan al cultivo de tomate son:

- *Compiten por nutrientes con el tomate.* Hay que recordar que todas las recomendaciones de fertilización que se hacen están basadas en las necesidades del cultivo o la extracción de nutrientes del suelo, y si tenemos malezas creciendo a la par de las plantas de tomate estas consumen parte del abono que estamos aplicando para dicha hortaliza, afectando su crecimiento. Por lo tanto, si hay malezas compitiendo con el cultivo se debe agregar mayor cantidad del abono que se recomienda, lo que eleva los costos de nutrición.
- *Compiten por agua y luz con el tomate.* El desarrollo de malezas a la par del cultivo limita la cantidad de agua y luz que la planta podría tener solo para ella; por ejemplo, hay malezas que crecen más rápido que el tomate, las cuales en determinado momento cubren las plantas dándoles sombra y haciendo menos eficiente la fotosíntesis, la polinización y el cuajado de los frutos por falta de luz. Igualmente, el tiempo de riego necesario aumenta debido a la competencia, lo que repercute directamente en el bolsillo del productor, ya que tiene que pagar más energía o combustible y agua.
- *Son hospederos de plagas y enfermedades.* Se denomina hospedera a la planta que sirve de manera específica o forzosa para que un insecto u hongo pase en ella parte de su vida, dándole asilo cuando el cultivo no está en el campo y permitiendo que complete su ciclo de vida. Todas las malezas son verdaderos hospederos, por tanto, si se quiere tener éxito en el cultivo es esencial controlar las malezas con anterioridad, no solo las que crecen en el campo de siembra sino también las que están a sus alrededores. En caso de tener malezas en el campo de cultivo se recomienda hacer aplicaciones de pesticidas también a las malezas.

Las malezas pueden ser combatidas de la siguiente manera:

### **Control Manual**

Con herramientas manuales (cuma, azadón, machete, etc.). Se recomienda hacer controles manuales únicamente en la línea de siembra, donde va la manguera de goteo, teniendo cuidado de no romperla.



## Control Mecánico

En este se utiliza tractor o cultivadoras con motor; también se pueden utilizar equipos con tracción animal. Se hace principalmente en las calles y se recomiendan dos limpiezas, a los 20 y 35 días después del trasplante.

## Control Químico

Se utilizan herbicidas selectivos o quemantes. Se aconseja usar Metribuzina (Sencor) aplicándolo 20 días después del trasplante, cuando el tomate esté bien establecido y las malezas tengan 4 o 5 hojas (el control es más eficiente en malezas de menos de 4 cm). No se deben plantar cucúrbitas en el mismo campo por lo menos en los 8 meses siguientes. El tipo de malezas que controla son las anuales de hoja ancha y angosta (zacates). Cuando se aplica el herbicida, el terreno debe estar húmedo pero sin charcos; no es conveniente en suelos salinos, arenosos o en condiciones adversas. Lo recomendable es no emplearlo sino hasta pasadas 72 horas después de días nublados, extremadamente fríos o calurosos, ni bajo otras condiciones estresantes para los cultivos.

Los herbicidas quemantes se aplican a las malezas que crecen en la calle, lo cual hace más barato y eficiente su control. La humedad del suelo es importante para una buena acción del herbicida (Corpiño, 2004).

La época más crítica de competencia en el cultivo de tomate por las malezas está estimada entre los 35 y 70 días después del trasplante. Dentro del surco las malezas interfieren en el cultivo compitiendo por luz, agua y nutrientes del suelo, o a través de la producción y secreción de sustancias tóxicas al cultivo (alelopatía), por ser hospederas alternas de patógenos o insectos plagas de cultivo, o por favorecer el aumento de la humedad relativa dentro del invernadero favoreciendo la presencia de plagas y enfermedades (Barreto *et al.*, 2002; Lobo y Jaramillo, 1984), razón por la cual deben ser eliminadas (Figura 5.46) dejándose en las calles para que mediante su descomposición se incorporen al suelo, siempre y cuando con inspección se compruebe que no son fuente de inóculo de plagas y enfermedades. Las malezas dentro de las calles de los surcos (si no afectan el cultivo por un exceso de humedad) se dejan para favorecer el refugio de enemigos naturales de las plagas.

Es importante tener en cuenta las condiciones climáticas al interior del invernadero al momento de realizar una desyerba a las calles, ya que si hay una humedad relativa muy alta en él, es aconsejable eliminar las malezas para tratar





**Figura 5.46. Cultivo libre de malezas**

de bajar esta humedad; si, por el contrario, al interior del invernadero se presentan altas temperaturas, esto puede ocasionar una disminución severa de la humedad relativa; en este caso sería aconsejable dejar las malezas en las calles para controlar esta situación, siempre y cuando no sean hospederas de plagas y enfermedades.

Las desyerbas se deben realizar periódicamente en forma manual o con azadones, teniendo cuidado de no causar daño a las raíces. La utilización de herbicidas para el control de malezas en el invernadero no es una práctica muy recomendable, ya que podría darse fitotoxicidad al cultivo debido a la residualidad que presentan algunos de estos productos (Figura 5.47).



**Figura 5.47. Control de malezas con herbicidas, práctica poco recomendable**



## Coberturas plásticas

Otra forma de controlar las malezas dentro del surco es mediante la utilización de coberturas plásticas sobre el surco, que además de impedir el brote de las malezas reduce el consumo de agua al disminuir la evaporación, ayuda a una mejor distribución del agua en el perfil, protege el suelo de la erosión, favorece el desarrollo y penetración radicular de manera horizontal, facilita la absorción óptima de los nutrientes y el almacenamiento de calor en el suelo para el periodo nocturno, y reduce la elevación de temperatura diurna –así como la variación de esta– constituyéndose en medio de defensa de las plantas contra las bajas temperaturas e influyendo considerablemente en el aumento de la producción y mayor precocidad en la cosecha de los frutos; así mismo, puede ayudar a disminuir el desarrollo de enfermedades foliares, ya que dentro del invernadero se mejora el microclima gracias a que se reduce la evapotranspiración de la humedad del suelo, se restringe la pérdida de nutrientes por lixiviación o fijación y se aminora la compactación del suelo, facilitando la actividad microbiana y aumentando el nitrógeno disponible en el suelo al disminuir la evaporación de los compuestos nitrogenados (Flórez, 1986; Jaramillo *et al.*, 2007).

Las coberturas más utilizadas actualmente son el polietileno calibre 3 plateado (ampliamente utilizado para el control de arvenses) (Figura 5.48) transparente (para aumentar la temperatura del suelo y desinfectar por solarización) y blanco (para obtener mayor reflexiones de radiación). En climas cálidos se recomienda el uso de blanco/negro o plateado/negro, y en climas fríos negro o plateado/negro.



**Figura 5.48. Uso de coberturas plásticas para el control de malezas**



## Ventajas del uso de coberturas plásticas

- *Humedad del suelo:* por ser un plástico impermeable al agua, la humedad retenida en la cama cubierta no se evapora y está siempre disponible para el desarrollo del cultivo, pues este se beneficia de una alimentación constante y regular. La distribución de la humedad uniforme dentro de la cama permite un mayor desarrollo de raíces superficiales en forma horizontal sin necesidad de profundizar en busca de agua, aprovechando más los nutrientes disponibles en el suelo, ya que se presenta una mayor actividad (Zeidan, 2005).
- *Temperatura del suelo:* durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, y durante la noche, este calor es retenido por el plástico por un periodo más prolongado, favoreciendo el calentamiento del suelo y por ende su actividad microbiana (principalmente de los microorganismos benéficos descomponedores de materia orgánica) facilitando la disponibilidad de nutrientes para la planta. El calentamiento del suelo permite además eliminar aquellos patógenos del suelo que afectan a las plantas, como son, entre otros hongos: *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Phoma*, que no soportan altas temperaturas.
- *Estructura del suelo:* el suelo cuando está protegido con cobertura no se compacta y permanece bien estructurado, poroso, con mayor capacidad de absorber oxígeno y retener humedad. Así mismo, el sistema radicular se desarrolla lateralmente en vez de profundizar, con mayor número de raíces, lo que favorece la mayor absorción de agua, sales minerales y demás fertilizantes que la conducen a un considerable aumento de la producción.
- *Fertilidad del suelo:* la película plástica que protege el suelo impide que el agua de riego se lave, evitando la lixiviación de los nutrientes. De la misma forma, las pérdidas de nitrógeno son anuladas debido a la impermeabilidad del plástico, ya que evita la volatilización del nitrógeno.
- *Hierbas dañinas:* el crecimiento y desarrollo de hierbas dañinas debajo de la cobertura plástica dependen de la capacidad de dicha cobertura para impedir el paso de la luz. Los plásticos opacos, generalmente de coloración oscura, no permiten el paso de la luz, lo que imposibilita la función de fotosíntesis y hace que la vegetación espontánea no tenga condiciones para desarrollarse; igualmente, el incremento de las temperaturas evita el crecimiento de las malezas.
- *Protección de los frutos:* la cobertura plástica actúa como una barrera de separación entre la tierra y la parte foliar de la planta y evita que los frutos tengan



contacto directo con el suelo permitiendo que estos se desarrollen limpios y sanos, logrando con ello mejor calidad y valor comercial. Esta ventaja es muy importante para el cultivo de tomate, ya que el primer racimo produce frutos rastreros, donde las pérdidas por pudriciones se reducen.

- *Época de cosecha:* como la planta constantemente tiene disponibilidad de agua y fertilizantes, y con temperaturas más favorables a sus necesidades su ciclo tiende a ser más corto que los cultivos normales, esto posibilita a los agricultores llegar a los mercados antes y obtener mejores precios por sus productos, liberando el terreno mucho más rápido para el cultivo siguiente.
- *Incremento de la productividad:* todas las ventajas mencionadas anteriormente conducen a las plantas a una producción más voluminosa.

### **Desventajas del uso de coberturas plásticas**

- Cuando se instalan coberturas plásticas necesariamente se requiere que la fertilización se realice a través de un sistema de riego por goteo y no edáfica.
- La utilización de coberturas plásticas necesita la implementación de un plan de manejo de reciclaje de las mismas una vez han cumplido su vida útil.
- Necesariamente se debe hacer uso del tensiómetro para tomar decisiones con respecto al riego, puesto que las coberturas plásticas no permiten observar los contenidos de humedad del suelo.

## **Manejo de residuos de cosecha**

### **Compostaje**

El compostaje es un proceso biológico en donde organismos (micro, meso y macroorganismos) transforman materiales orgánicos (residuos de cosecha, estiércoles, papel, subproductos industriales y otros) para un resultado con apariencia de suelo, denominado compost. Dicho proceso se caracteriza por el control que el hombre puede ejercer, cambiando la velocidad y características del producto final en comparación con la descomposición biológica que se da de manera natural.

Al compost se le debe considerar como un acondicionador de suelos que, de acuerdo con su calidad y manejo, puede mejorar o mantener condiciones físicas, químicas y biológicas, manifestadas en la calidad y productividad de los cultivos.



Por otro lado, el compostaje ofrece grandes ventajas de tipo ambiental, ya que reduce sustancialmente la cantidad de materiales orgánicos susceptibles a ser dispuestos inadecuadamente, los cuales determinan un riesgo de contaminación de suelos, aguas y del aire. De igual forma, el compostaje responde a criterios de reciclaje interno y autosuficiencia, contemplados como indispensables en un esquema de agricultura sostenible.

Este proceso, por ser de carácter biológico, comprende unas restricciones generales que determinan la intensidad de la actividad de los organismos durante la descomposición y resíntesis de los materiales orgánicos. Fundamentalmente se consideran como restricciones generales del proceso la disponibilidad de nutrientes, agua y oxígeno. Las condiciones óptimas de compostaje se determinan por factores de carácter químico, físico y biológico que modifican negativa o positivamente las restricciones.

- **Disponibilidad de oxígeno:** dentro de la masa de materiales orgánicos en el proceso de compostaje existe un espacio poroso ocupado por el aire, que en condiciones normales tiene una concentración de oxígeno de más o menos 21%. Los microorganismos que son responsables en gran parte del proceso de descomposición son fundamentalmente heterótrofos aerobios, por lo que en condiciones en las que se promueve el crecimiento de las poblaciones microbianas aumenta igualmente la demanda por oxígeno, y dicho crecimiento se ve limitado cuando en la atmósfera del compost solo se cuenta con un 5% de oxígeno.

Cuando el porcentaje de este es menor, imposibilita el mantenimiento de los microorganismos aeróbicos y aparecen los anaerobios, los cuales utilizan unas vías metabólicas distintas para la descomposición de la materia orgánica, donde se obtienen subproductos como el metano y gases del azufre, que generan un olor característico.

La necesidad de recuperar y mantener un contenido aceptable de oxígeno determina las pautas para unas prácticas adecuadas de ventilación natural o inducida mediante los volteos y remezcla del material, así como de la ventilación forzada lograda mediante equipos especiales.

Los requerimientos de oxígeno son mayores para las fases mesófila 1 y la termófila, debido al incremento de la actividad de los microorganismos (especialmente por crecimiento de las poblaciones que realizan la ruptura de las cadenas de los compuestos de carbono disponibles con mayor rapidez) para lo que requieren grandes cantidades de oxígeno. Para la fase mesófila 2 disminuye la



demanda de oxígeno, y finalmente para la fase de maduración se producen las menores demandas de todo el proceso.

- **Relación carbono orgánico / nitrógeno total:** el carbono orgánico contenido en la materia orgánica provee de distintas fuentes de energía a los microorganismos encargados de su descomposición. La disponibilidad de esta fuente de energía está relacionada con el tipo de compuestos que prevalecen en el material, donde los de mayor disponibilidad corresponden a los azúcares simples. Los otros compuestos de carbono orgánico como hemicelulosas, celulosas, ligninas, grasas, ceras y otros, tienen menores tasas de disponibilidad para los microorganismos; por lo tanto, la proporción de las distintas fracciones de carbono orgánico limitan el desarrollo y actividad de los microorganismos.

De otra parte, el nitrógeno es usado por los microorganismos para elaborar los compuestos de proteína indispensables para su crecimiento y funcionamiento. La disponibilidad del mismo también se encuentra determinada por la forma como se halla en los materiales en compostaje. Las fuentes solubles son las de mayor disponibilidad pero generalmente representan un porcentaje muy bajo del nitrógeno total; sin embargo, la adquisición del nitrógeno de compuestos orgánicos no es tan restrictiva, como el caso de las fuentes de carbono, de difícil disponibilidad. El consumo de carbono orgánico se encuentra relacionado proporcionalmente con la energía necesaria para metabolizar las sustancias proteicas necesarias, por lo cual es el balance entre los dos lo que determina las condiciones para un buen desarrollo de las poblaciones de microorganismos.

Cuando la relación C/N de los materiales en compostaje es muy baja, se presta para la pérdida por volatilización del nitrógeno en forma de amonio. Caso contrario cuando la relación es muy alta, y especialmente al ser la humedad muy baja y las fuentes de carbono ligninas, se puede presentar autocombustión formando ceniza. Para los residuos del cultivo del tomate en la sabana de Bogotá, la relación C/N es 10,5 resultante de un 19,66% de C y 1,88% de N.

- **Humedad:** la humedad inicial de los materiales determina el porcentaje de humedad de la mezcla teniendo en cuenta la proporción en la que participan, afectando igualmente el peso del material y generando cargas puntuales de distinta magnitud de acuerdo con su humedad.

El agua es el medio en el cual se producen las reacciones químicas, fundamentalmente por acción enzimática, así como el movimiento de la mayoría de



microorganismos que aparecen durante el compostaje, el transporte y difusión de nutrientes dentro del perfil de la masa de compostaje y el control de la temperatura mediante la disipación de energía por evaporación.

Cuando la humedad es menor del 15% del peso de la masa de compostaje, se paraliza casi por completo la actividad microbiana, disminuyendo por ende la velocidad de descomposición. Esta situación se conoce como 'estabilización no biológica del compost', y sucede comúnmente en nuestro medio con algunas gallinazas que se comercializan secas y molidas sin haber logrado realizar un proceso completo de compostaje.

El contenido ideal para mantener una buena tasa de actividad microbiana durante el compostaje y control de la temperatura es del 40% al 65%. Porcentajes superiores determinan el riesgo de ocupar espacios porosos necesarios para la oxigenación, con agua libre que limite la conductividad del aire entre la masa de compostaje y la atmósfera externa.

El agua durante el proceso se puede perder fundamentalmente por evaporación, por lo que se maneja la posibilidad de regar las pilas de compostaje combinando prácticas que disminuyan esta desaparición. Un mal diseño en la geometría de la pila trae como consecuencia pérdidas muy altas por lixiviados.

- **Porosidad y tamaño de partículas:** determina la dinámica del agua y del aire al interior de la pila de compostaje y con el ambiente exterior, facilitando o restringiendo la conductividad de ambos elementos. La porosidad se relaciona con la consistencia de los materiales orgánicos, la humedad, el tamaño de las partículas, lo homogéneo de la mezcla, la geometría de la pila y la densidad final de la composición.

El tamaño de partículas se relaciona con los tipos de picado que se utilicen. Es de considerar que materiales consistentes como tallos leñosos o semi-leñosos deben ser preferiblemente picados, haciendo de estos fragmentos pequeños, con el fin de aumentar la superficie específica para la acción de los microorganismos. Por el contrario, materiales muy poco consistentes como hojas de lechuga en muchos casos es preferible no picarlos, ya que ciertas máquinas los transforman en una papilla poco útil.

De acuerdo con la técnica de compostaje se deben tener en cuenta las características de espacio poroso en función de los requerimientos de conductividad del aire y el agua y la geometría de las pilas.



- **pH de los materiales orgánicos:** en general es muy poca la variación del pH durante el proceso de compostaje, considerándose de alta importancia su valor de inicio en el proceso.

A pH altos aumenta la posibilidad de las pérdidas por volatilización de nitrógeno, razón por la que la adición de cal o cenizas para incrementar el pH final se debe manejar con prudencia. Por otro lado, es muy raro encontrar materiales orgánicos con muy bajo pH. Se considera como restrictivo un pH mayor de 9 o menor de 5,5.

- **Temperatura:** la temperatura en el compostaje se produce por una reacción exotérmica debido a la oxidación de la materia orgánica por los microorganismos, rompiendo mediante procesos enzimáticos las moléculas complejas de carbono orgánico y logrando sustancias más simples para su nutrición, ruptura en la que resulta una liberación de CO<sub>2</sub> y energía. Las condiciones que determinan la capacidad de retener o liberar la temperatura del interior de la pila de compostaje están relacionadas con la geometría de la pila, la porosidad del material y la humedad.

Los cambios de temperatura y las temperaturas de las poblaciones de microorganismos asociados a esas condiciones determinan 3 fases claramente distintas: la primera fase mesófila ocurre desde el momento de la disposición del material a compostar (según el método escogido) hasta lograr temperaturas internas de 45 °C; posteriormente continúa la fase termófila, en donde la temperatura puede llegar hasta los 70 °C. En algunos casos –y según las características de los materiales y al manejo que se les dé– se puede llegar a temperaturas superiores a los 70 °C, determinando la muerte o dormancia de los microorganismos, lo cual se refleja en una caída brusca de la temperatura.

En condiciones normales disminuyen los compuestos utilizados por los microorganismos termófilos, ocurriendo un descenso lento de la temperatura correspondiente a la segunda fase mesófila del proceso.

- El manejo de los residuos de la cosecha es un factor importante que debe considerar el productor, tanto para la parte fitosanitaria como para la ecológica.
- Los residuos deben ser dispuestos en el área correspondiente a ello; las pilas de compostaje son un parámetro que los productores deben tener en cuenta, ya que son importantes el manejo ambiental de residuos y la recirculación de energía dentro del sistema agrícola.



- El productor no debe descuidar los residuos contaminados y debe ubicarlos fuera del sitio de cultivo lo más rápido posible para evitar propagación de plagas y enfermedades.
- Se recomienda que las pilas de compostaje estén alejadas de los sitios de producción y de poscosecha para evitar la posible contaminación cruzada.
- El adecuado relieve del terreno evita problemas de contaminación por escorrentía y lixiviación de residuos (Parrado y Ubaque, 2004).

La producción de hortalizas es un sistema altamente generador de residuos de cosecha. La cantidad de residuos (dependiendo de la especie) va desde 12 t/ha en calabacines, hasta 73 y 80 t/ha en brócoli y repollo. El manejo tradicional de estos cultivos es el de la incorporación al suelo sin tratamiento y al momento de la preparación del terreno para nuevas siembras; sin embargo, estos residuos generalmente son portadores de hongos, bacterias, nematodos fitopatógenos y de plagas fitófagas que actúan como fuente de inóculo o de infestación para nuevos cultivos, perpetuando así el ataque de plagas y enfermedades y obligando al productor a la aplicación cada vez más frecuente de fungicidas e insecticidas para el control de las mismas.

La producción de compost a partir de residuos de cosecha para la obtención de materia orgánica es una valiosa estrategia a utilizar en la producción limpia de hortalizas, puesto que el compost maduro aporta nutrientes y humus estable, mejora la capacidad de retención de agua, el drenaje y la aireación del suelo; además de favorecer y reactivar la microflora del terreno también ayuda a la formación de sustancias protectoras, antibióticos, auxinas y otros componentes bióticos que permiten la defensa de las plantas al ataque de plagas y enfermedades, mejorando la asimilación de los nutrientes minerales del suelo, permitiendo la disminución de la dependencia de aplicaciones externas de fertilizantes sintéticos y siendo una solución al manejo de residuos de cosecha fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

En el proceso de descomposición de los residuos de cosecha actúan una serie de microorganismos benéficos, tales como bacterias acidolácticas, levaduras y algunas bacterias fotosintéticas, hongos actinomycetos y otro tipo de microorganismos que benefician el proceso de fermentación (necesario para la obtención de materia orgánica) actuando a su vez en el proceso de descomposición, favoreciendo la detoxificación de pesticidas, suprimiendo los hongos presentes en el suelo que puedan atacar las plantas cultivadas, incrementando el reciclaje de nutrientes



en el terreno y produciendo compuestos bioactivos tales como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Dentro de estos microorganismos del suelo se pueden mencionar las bacterias *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *P. putida*, que producen antibióticos para el control de hongos fitopatógenos; así mismo los hongos *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Penicillium fumiculosum* y *Aspergillus ochraceus*, para el control de hongos del suelo del género *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp.

Los hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* spp. y *Nomurea rileyi*, perjudican las poblaciones de insectos plagas del suelo como chiza y trozadores. El hongo *Paecilomyces lilacinus* es un eficiente controlador de los nematodos fitopatógenos, los cuales también son afectados por los hongos depredadores *Arthrobotrys* sp., *Dactylaria* sp. y ciertas bacterias quitinolíticas. A su vez, existen los nematodos benéficos entomófagos como *Steinernema carpocapsae*, *Heterorahbditys* spp. y otros que parasitan a los insectos del suelo y a ciertos nematodos fitopatógenos.

A nivel comercial se encuentran varios productos con combinaciones de diferentes microorganismos, cuya función principal es la de acelerar el proceso de descomposición de residuos de cosecha para la producción de materia orgánica en el suelo e incrementar la comunidad de organismos benéficos del mismo (Jaramillo 2001).

### Rotación de cultivos

Mediante el diseño de asociaciones y rotaciones de cultivos, es factible estabilizar las poblaciones de insectos en los agroecosistemas gracias al incremento y la conservación de poblaciones de enemigos naturales y por medio de efectos disuasivos directos sobre insectos herbívoros.

La rotación consiste en evitar la siembra de un cultivo permanentemente en el mismo sitio, práctica que a su vez permite por una parte impedir la proliferación de insectos plagas y enfermedades que atacan los cultivos al alterar el hábitat que los favorece, rompiendo así su ciclo biológico, y por otra mantener la fertilidad del suelo, pues los cultivos tienen diferentes requerimientos nutricionales, lo que evita el agotamiento de determinados nutrientes cuando se siembra el mismo cultivo.



El monocultivo continuado de una especie normalmente lleva a la disminución del nivel de producción, en comparación con la producción de la misma especie en rotación. Algunas veces la reducción de la producción no está relacionada con problemas de fertilidad, plagas o enfermedades, sino más bien por la presencia de toxinas de efecto alelopático, derivadas del proceso de descomposición de los residuos vegetales del monocultivo.

Los sistemas de policultivo constituyen unidades diversificadas en el tiempo y en el espacio, y cada arreglo en ellos genera diferentes efectos sobre poblaciones animales y vegetales presentes en la parcela agrícola.

Las combinaciones obtienen como resultado una utilización más eficiente de la luz, el agua y los nutrientes por parte de las plantas de diferentes alturas, estructura de doseles y necesidades de nutrientes; con esto, las enfermedades y las plagas no se pueden expandir tan rápidamente debido a la susceptibilidad diferencial de las mismas (así como de los agentes patógenos) y debido también a la mayor biodiversidad que favorece la cantidad y eficacia de los agentes de control biológico (Jaramillo, 2001).

- Es conveniente mantener y aumentar la fertilidad del suelo y su actividad biológica, complementando el uso de los abonos orgánicos con prácticas de rotación de cultivos.
- La rotación de cultivos en la producción de tomate bajo invernadero sirve para romper los ciclos de plagas y enfermedades.
- En la rotación de cultivos bajo invernadero se deben tener en cuenta parámetros de clima, infraestructura, fertilidad, sistemas de riego y productividad.
- La rotación de cultivos debe realizarse entre familias y tipos de cultivos, así se varían los requerimientos nutricionales de las plantas y se puede racionalizar la compra de insumos como fertilizantes.
- Mediante estas prácticas también se ayuda a la diversificación de la finca, lo que conlleva a un mejor manejo fitosanitario (Parrado y Ubaque, 2004).

Algunas de las especies con las que se puede rotar el tomate son: maíz dulce, arveja, arveja china o guisante, arveja dulce, habichuelón o ejote y ají. En el caso de querer rotar por problemas fitosanitarios, una de las alternativas es rotar los materiales que se siembran, teniendo en cuenta la diversidad de tolerancias de los híbridos que se pueden sembrar en nuestras condiciones.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avidan, A. (2004). *Sustratos artificiales*. Departamento de irrigación y suelos. Servicio de extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura. Israel. 10 p.
- Barreto O, J. D.; Miranda L, D.; Aguirre G., M. C.; Echeverri A., L. A.; Caicedo, A. M.; Campos V., Y. Y. (2002). *Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y frijol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agro ecológicas de la meseta de Ibagué*. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. P. 3-42.
- Bruzón, S. (2000). *La producción de tomate bajo invernadero*. Palmira. Revista Asiava. No. 56. P. 21-22.
- C.I.A.A. (2002). *Producción sostenible de hortalizas*. Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Chía, Cundinamarca.
- Corpeño, B. (2004). *Manual del cultivo de tomate*. Centro de inversión, desarrollo y exportación de agronegocios. Fintrac. 15 p.
- Flores, I. (1986). *Cultivos de Hortalizas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Maritimas. Departamento de Agronomía. Monterrey, México. 170 p.
- Franco L, José Antonio. (2001). *Los Sustratos Agrícolas en la Región de Murcia*. Sustratos Agrícolas/ Murcia. Agrícola Vergel.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (1992). *Fertilización en diversos cultivos quinta aproximación*. Manual de asistencia técnica N° 25. Centro de investigación Tibaitatá. Mosquera, Colombia. Noviembre de 1992. 64 p.
- Jaramillo N., J. E. (2001). *El manejo Agronómico de cultivos como Herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza*. En: *Hortalizas plagas y enfermedades*. Compendio de eventos 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Sociedad Colombiana Entomológica, Socolen. P. 5-21.
- Jaramillo N., J. E.; Díaz D, C. A.; Sánchez L., G. D. y Tamayo M., P. J. (2006). *Manejo de semilleros de hortalizas*. Manual técnico 8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 52 p.
- Jaramillo N., J. E.; Rodríguez V. P.; Guzmán A. M.; Zapata C., M. A. y Rengifo, T. (2007). *Buenas prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. 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, Medellín Colombia. 313 p.



- Jaramillo N., J. E.; Rodríguez V. P.; Guzmán A. M. y Zapata C., M. A. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero*. Boletín técnico N° 21. Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 48 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. (2001). *Cultivo del tomate en invernadero frío*. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Agencia Española de Cooperación Internacional. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Octubre de 2001. 15 p.
- Palacios, Y. (1992). *Preparación de semilleros y observaciones sobre la producción de plántulas en condiciones controladas*. En: Primer curso nacional de hortalizas de clima frío. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Tibaitatá, Cundinamarca. P. 23-36.
- Parrado, C. A. y Ubaque, H. (2004). *Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Pronatta, CIAA. Bogotá. 34 p.
- Shany, M. (2007). *Tecnología de producción bajo cobertura*. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. Israel. 69 p.
- Terán Ch., C. A.; Valenzuela M., M.; Villaneda V., E.; Sánchez L., G. D. e Hío P., J.C. (2007). *Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Mosquera (Colombia). 88 p.
- Unión Plástica Ltda. *Semilleros Plásticos, La Alternativa Inteligente*. División Agrícola. Yumbo, Valle.
- Zeidan. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. Israel. 99 p.



# CAPÍTULO 6 III

## NUTRICIÓN

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>2</sup>  
Paula Andrea Aguilar Aguilar<sup>3</sup>

### FERTILIZACIÓN

La práctica de fertilización tiene como objetivo aportar los nutrientes esenciales a los cultivos cuando el suelo no los provee en la cantidad adecuada y en el tiempo oportuno en que son demandados por las plantas.

#### Suelo

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, siendo los más indicados los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno, que a su vez tengan capacidad de retener humedad, que sean de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos (por encima del 5%) y una buena cantidad de nutrientes. El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 para garantizar la máxima disponibilidad de nutrientes (Tabla 6.1 y Figura 6.1). Además, el terreno debe ser uniforme y estar libre de piedras y malas hierbas (Jaramillo y Lobo, 1983; Barreto, 2002).

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [pagui18@gmail.com](mailto:pagui18@gmail.com)

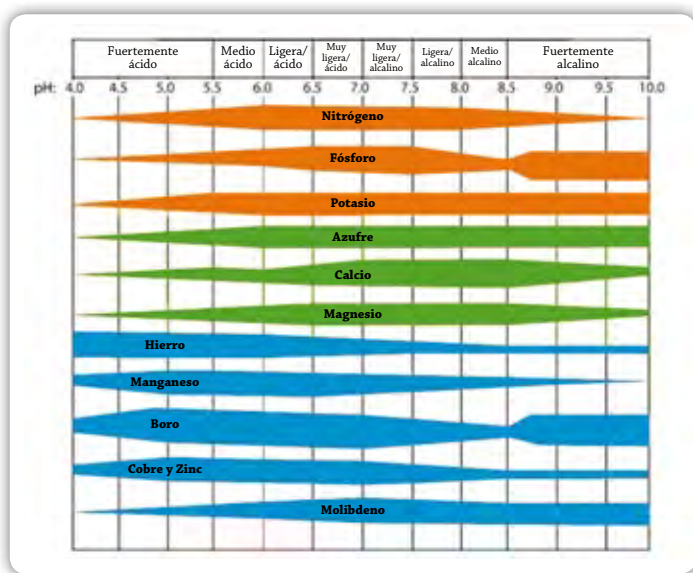


**Tabla 6.1. Limitantes en nutrientes de acuerdo con las condiciones del suelo**

Condiciones del suelo	Zn	Fe	Mg	Cu	B	Mo	Ca	Mg	s	N	p	K
Ph Alto	X	X	X	X	X							
Ph Bajo	X				X	X	X	X			X	
Materia orgánica alta	X			X	X	X	X	X				X
Materia orgánica baja	X			X	X	X						
Fertilidad natural baja	X			X	X	X						
Tipo arcilla (fijación)	X			X	X						X	X
Erosión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lixiviación					X		X	X	X	X		X
Excesos de humedad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sequía excesiva	X				X							X
Malos drenajes	X	X	X		X							X
Compactación del terreno	X	X	X		X							X
Mala aireación del suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bajas temperaturas	X											
Altas temperaturas					X					X		X
Suelos arenosos	X				X		X	X	X			X
Suelos calcáreos	X	X	X		X							X
Suelos Salinos	X	X	X	X	X					X	X	X
Suelos orgánicos				X							X	X
Excesos de cal	X	X	X	X				X			X	X
Excesos de fósforo	X	X	X									
Alto nivel de carbonatos	X	X										
Hidróxidos de Fe y Al	X				X	X			X		X	
Alta flora microbiana						X			X	X		

Fuente: Tomado de Manual Técnico Microfertilisa





Fuente: Zeidan, 2005

**Figura 6.1. Influencia del pH sobre la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo**

## **Factores que afectan la habilidad de la planta para absorber nutrientes**

Según Lora (1984), los factores que afectan la habilidad de las plantas para absorber nutrientes son los siguientes:

1. Concentración de oxígeno en la atmósfera del suelo: la energía requerida para la toma de micronutrientes es generada por el proceso de respiración en las raíces de la planta. Con excepción de las plantas acuáticas, este proceso depende del suministro de oxígeno en la atmósfera del suelo, por tanto, una pobre aireación inhibe la absorción de muchos nutrientes y afecta el estado de oxidación de algunos de los nutrientes esenciales. La anoxia elimina efectivamente el transporte activo y la ausencia de  $O_2$  inhibe la fosforilación oxidativa y el transporte de electrones, lo cual sugiere el involucramiento de estos procesos en el transporte iónico.

2. Temperatura del suelo: la absorción de nutrientes está relacionada con la actividad metabólica, lo cual a su vez es dependiente de la temperatura. Por ejemplo, es requerida con mayor frecuencia una mayor concentración de la solución de un nutriente para una máxima tasa de crecimiento en suelos fríos que en suelos calientes, lo que es cierto en el caso del fósforo. Vale resaltar que el proceso de transporte de iones es fuertemente dependiente de la temperatura, y el transporte neto es esencialmente reducido a temperaturas cercanas a cero.



3. Reacciones antagónicas que afectan la toma de nutrientes: incluso cuando la concentración de un nutriente en la superficie de la raíz es posiblemente el factor más crítico que afecta la rata de absorción bajo condiciones normales, pueden ser igualmente importantes reacciones antagónicas entre nutrientes. Existen interacciones entre las cuales se pueden citar algunas como Zinc-Fósforo, Zinc-Nitrógeno, Hierro-Fósforo, Cobre-Fósforo, Molibdeno-Fósforo, Molibdeno-Azufre, Zinc-Magnesio, Boro-Calcio, Zinc-Calcio, Hierro-Molibdeno, Cobre-Hierro, Cobre-Molibdeno y Cobre-Zinc.

4. Sustancias tóxicas: cualquier sustancia que interfiera con los procesos metabólicos de la planta puede afectar la toma de nutrientes por la misma. Tales sustancias pueden incluir altas concentraciones de Mn y Al en suelos ácidos, así como sales solubles, exceso de B y metales pesados, entre otros. Existen a su vez numerosos inhibidores de absorción de iones, entre los que encontramos compuestos como algunos arsenatos, fenilhidrazones, cloroanfenicol, malonatos, transaconinatos, arsenitos, fluoruros, fluoracetatos, etc.

5. Enfermedades que afecten el normal desarrollo fisiológico de las plantas, especialmente de las raíces, como nematodos, bacteriosis y hongos del suelo como *Fusarium*.

6. Exceso o deficiencias hídricas en el suelo.

7. Textura y estructura del suelo, ya que de estas depende en gran parte el desarrollo de un buen sistema radicular. A mayor área de enraizamiento, mayor absorción de nutrientes por la planta.

### Toma de muestras para análisis de suelos

El análisis de suelos es una herramienta que se utiliza como referencia para el manejo de la fertilidad de los mismos, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización o para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, permitiendo un uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos como de enmiendas (ICA, 1992).

Todavía esta práctica no es usada ampliamente por los productores debido al desconocimiento que existe sobre la manera correcta de tomar las muestras para el análisis y la falta de información sobre la disponibilidad de laboratorios, así como su costo. Sin embargo, en el campo es de primordial importancia realizar un correcto muestreo del suelo para que sea representativo del área o lote del que se desea la información.



El análisis de suelos será tan bueno como la calidad de las muestras tomadas, puesto que la muestra enviada al laboratorio (de 0,5 a 1,0 kg) representa millones de kilogramos de suelo. Los siguientes son los pasos a seguir en el muestreo de suelos (ICA, 1992):

- Recorrer el invernadero en *zig-zag* y cada 15 o 30 pasos tomar una submuestra. La recolección se hace con pala o barreno.
- Limpiar la superficie del terreno (los dos primeros centímetros de tierra), tomar la muestra y depositarla en un balde.
- Las submuestras para el cultivo de tomate deben ser tomadas entre 20 y 30 cm de profundidad (Figura 6.2).
- Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por invernadero) se mezclan homogéneamente y se toma aproximadamente 1 kg.
- Empacar en una bolsa limpia y enviar al laboratorio lo antes posible.



**Figura 6.2. Toma de muestras de suelo**

Para identificar la muestra se debe colocar el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, número de muestra y lote, superficie que representa, y algunas informaciones complementarias como: pendiente del terreno, riesgo de encharcamiento, color del suelo, tipo de vegetación, cultivo anterior, rendimiento obtenido, disponibilidad de residuos, tipo de fertilizantes usados, si se aplicó o no cal y su forma y época de aplicación. Idealmente, la frecuencia de muestreo debe hacerse cada ciclo o cada año como mínimo.



La muestra se toma con dos a tres meses de anticipación a la siembra (Muñoz, 1996; Jaramillo *et al.*, 2007).

### Análisis foliar

Es útil para correlacionar la extracción de nutrientes en determinados estados de desarrollo de la planta y la concentración del elemento del suelo, además de determinar las causas de crecimiento retardado de enfermedades abióticas que se observan en el campo. Es necesario que las plantas evaluadas estén al menos en floración, aunque la etapa más utilizada es el estado de formación de frutos (diámetro de 1 a 3 cm).

Si el análisis se hace en etapas iniciales de crecimiento (inicio de floración) es posible corregir deficiencias mediante aspersiones foliares (el análisis foliar es una herramienta que ayuda a la planificación de los programas de fertilización para cosechas posteriores).

La muestra para el análisis foliar en plantas de tomate se toma de las láminas de los folíolos o en los pecíolos de las hojas antes o al momento de la primera floración, en la tercera, cuarta o quinta hoja desarrollada a partir de la yema terminal en los tallos principales. No se deben utilizar hojas dañadas por insectos, enfermedades, herbicidas u otros, ni tampoco incluir hojas secas con deformaciones, manchas necróticas o presencia de insectos.

Para poder interpretar los análisis foliares es necesario muestrear el tejido indicativo en la época adecuada para cada cultivo; de esta manera, se logran comparar los datos producidos con los rangos obtenidos o niveles críticos. Es importante tener en cuenta que estos niveles pueden cambiar con las variaciones de clima, la tasa de crecimiento de la planta o la presencia o ausencia de otros elementos.

En general, para las plantas de tomate se proponen los siguientes contenidos como valores apropiados (Tabla 6.2):

**Tabla 6.2. Contenidos apropiados de nutrientes en un análisis foliar para el cultivo de tomate**

(%)					(ppm)				
N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Cu	Zn
3 - 5	0,4	6	1,25	0,5	40 - 60	30 - 50	70 - 150	5 - 10	20 - 40

Fuente: Muñoz, 1995



## Fertilización

Antes de hacer un plan de fertilización se debe contar con un análisis de suelo para determinar las necesidades de elementos nutricionales y de esta manera hacer los ajustes necesarios que garanticen una adecuada nutrición del cultivo de acuerdo con los requerimientos nutricionales del mismo (Tabla 6.3) (Jaramillo *et al.*, 2007).

**Tabla 6.3. Interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de tomate**

Análisis	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Materia orgánica	%	<5,0 zona cálida < 10 zona fría	5,0 - 10 zona cálida 10 - 20 zona fría	>10 zona cálida >20 zona fría
Fósforo (Bray II)	ppm	<30	30 a 60	>60
Potasio	meq/100 gr	<0,3	0,3 - 0,6	>0,6
Calcio	meq/100 gr	<1,5	1,6 - 3,0	>3,0
Magnesio	meq/100 gr	<0,5	0,6 a 1,0	>1,0
Aluminio	meq/100 gr	<1,5	1,6 - 3,0	>3,0
Azufre	ppm	< 11	11 - 15	> 15
Capacidad de intercambio catiónico (CCI)	meq/100gr	< 10	10 - 20	> 20
Micronutriente	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Hierro	ppm*	<20,0	21,0 a 40	>40
Manganeso	ppm*	<5,0	5,0 a 10	>10
Cobre	ppm*	<1,0	1,1a 3,0	>3,0
Zinc	ppm*	<1,5	1,6 - 3,0	>3,0
Boro	ppm**	<0,3	0,3 a 0,6	>0,6

\* Con NaHCO<sub>3</sub>+ EDTA a pH 8,5 - \*\* Por agua caliente

Fuente: Muñoz, 1995

La necesidad de fertilizantes por parte del cultivo va a depender de la disponibilidad de nutrientes del suelo de acuerdo con el pH (ver Figura 6.1), del contenido de materia orgánica, humedad, variedad, producción y calidad esperada del cultivo. Por ello, las aplicaciones de fertilizantes estarán sujetas al resultado del análisis químico del suelo, análisis foliares, observaciones de campo y recomendaciones del asistente técnico.

Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nu-



trientes en las cantidades suficientes y épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no implica aplicar solamente el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los componentes, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta.

El programa de fertilización debe considerar los siguientes puntos:

- Tipo de cultivo.
- Necesidades nutricionales del cultivo.
- Características y aporte de nutrientes al terreno.
- Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
- Solubilidad del producto.
- Efecto sobre el suelo y sobre las capas freáticas.
- Dosis y momento de aplicación.

Se debe tener en cuenta que el tomate es una planta con alta exigencia de nutrientes que requiere de una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S, y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B, Zn. Aunque el requerimiento de N es alto, un exceso de este elemento puede llegar a un exagerado desarrollo vegetativo con bajo porcentaje de formación de frutos. Desde el momento del trasplante hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser de 1:1; cuando comienza el llenado de fruto se requiere de una cantidad mayor de potasio, ya que este elemento contribuye con la maduración y llenado de frutos, por consiguiente la relación de estos nutrientes debe ser 1:2 o 1:3 (Tabla 6.4).

En el mercado existen varias fuentes de fertilizantes, y entre los más utilizados están: 18-46-0; 10-20-20; 10-30-10; 15-15-15; 17-6-18-2 o fuentes simples de nitrógeno como urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio; de fósforo, como superfosfato triple o fosfato de amonio; y de potasio, como el cloruro de potasio (Tabla 6.5). No debe olvidarse aplicar fuentes de elementos menores en forma edáfica o foliar.

En general, para el cultivo de tomate bajo invernadero se recomiendan las siguientes cantidades:

Nitrógeno: 300 - 600 kg/ha  
Fósforo: 400 - 800 kg/ha  
Potasio: 600 - 1.100 kg/ha



**Tabla 6.4. Relaciones de nutrientes en el suelo para el cultivo de tomate**

Relación	Rango/unidades	Efecto
K/ Ca+Mg	Menor 0,5 meq	Falta de color en el fruto
	0,5 a 1,0 meq	Óptimo
	Mayor de 1,0 meq	Pudrición apical del fruto (deficiencia de calcio)
Ca / Mg	Menor de 2,0 meq	Deficiencia de calcio
	4,0 a 5,0 meq	Óptimo
	Mayor de 1,0 meq	Deficiencia de magnesio
Mg / K	Menor 0,1 meq	Deficiencia de magnesio
	0,2 a 0,4 meq	Óptimo
	Mayor 0,5 meq	Deficiencia de potasio
K / N	Menor 1,0 meq	Frutos blandos y maduración manchada
	1,2 a 1,8 meq	Óptimo
	Mayor 2,0 meq	Hombros verdes

Fuente: Semillas Latinoamericanas Chile. Impulsores Internacionales. 2003

**Tabla 6.5. Aporte de nutrientes de algunos fertilizantes**

	N	PO	KO	Ca	Mg	S
Nitrato de amonio	33 (26)	-	-	-	-	0,1
Sulfato de amonio	21	-	-	-	-	24
Nitrato de calcio	15,5	-	-	26,5	-	-
Nitrato de calcio magnésico	13,5	-	-	17	6	-
Nitrato de potasio	13,6	-	45 - 46	-	-	-
Urea	46	-	-	-	-	-
Ácido nítrico	9	-	-	-	-	-
Fosfato diamónico sol	18	46	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	11	50	-	14	-	0,3
Superfosfato triple	-	46	-	-	-	-
Fosfato monopotásico	-	52	34			0,2
Ácido fosforito		40				1 - 2



Sulfato de potasio crist			50			16
Sulfato de magnesio heptahi					26	13
Nitrato de magnesio	11,5			1	15	

La extracción y acumulación de nutrientes aumenta conforme se incrementa el crecimiento de la planta del tomate, y su floración y fructificación son las etapas donde se producen los cambios más acentuados en la absorción de dichos nutrientes.

La absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio se incrementa intensamente a partir de la floración (45 días) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 días), lográndose la tasa máxima de acumulación de nutrientes tras los tres meses, siendo el potasio el elemento en que mayor proporción toma la planta, ya que aproximadamente el 73,8% se absorbe durante el proceso de fructificación. Por lo demás, estudios realizados acerca de la composición mineral del cultivo en diferentes estadios de crecimiento encontraron que en el momento de la cosecha (105 días) los frutos habían acumulado 60%, 70% y 75% de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Las extracciones de macronutrientes que realiza la planta de tomate están relacionadas con las condiciones de desarrollo del cultivo (suelo, clima y técnicas de cultivo), el destino de la producción, la variedad sembrada y el rendimiento agrícola (Jaramillo *et al.*, 2007).

## Materia orgánica

La materia orgánica aumenta la capacidad de almacenamiento del agua, mejora la relación aire-agua en el suelo, amplifica la acción de intercambio catiónico, permite la desintoxicación de metales pesados, libera compuestos químicos que estimulan el desarrollo de raíces, estimula el crecimiento de micro y macroorganismos favorables al desarrollo de las plantas y amortigua la liberación de nutrientes en la solución del suelo mejorando su estructura y composición nutritiva (Flórez, 1987; Shany, 2007).

La cantidad de materia orgánica que se aplica depende del análisis de suelo y la calidad del abono. Los productos más recomendados son el compost de alta calidad (totalmente descompuesto) y el guano o humus de lombriz de buena calidad (Figura 6.3).





**Figura 6.3. Uso de abonos orgánicos por sitio antes de la siembra**

No obstante, se debe considerar que potencialmente son también fuente de contaminación microbiológica, por lo que es necesario tomar todas las medidas posibles para controlar su uso y eliminar o reducir los riesgos de contaminación.

- Se deben usar únicamente abonos orgánicos sometidos a tratamientos de compostaje buscando reducir el riesgo de contaminación microbiológica en las aplicaciones superficiales.
- No es recomendable usar estiércol fresco o cualquier materia orgánica que no esté totalmente descompuesta, pues pueden ser portadores de enfermedades y patógenos del suelo, así como también de semillas de malezas.
- La aplicación del abono orgánico se debe realizar con al menos dos semanas de anticipación a la fecha de siembra o trasplante para evitar la toxicidad y/o problemas de inocuidad en la planta o en sus frutos. Se usan dosis entre 1 a 5 ton/ha dependiendo del contenido de nitrógeno y materia orgánica, de acuerdo con el análisis de suelo.
- Deben transcurrir más de 120 días desde la aplicación hasta la primera cosecha.
- Conviene realizar una buena preparación del suelo para tener una adecuada incorporación del abono al terreno, evitando así los riesgos de contaminación microbiológica.
- Solo se deben utilizar abonos de origen conocido y que den garantías de las técnicas de tratamiento.



En caso de generar los abonos en la propia finca, es importante considerar que:

- La preparación del abono se debe realizar en un lugar retirado de las instalaciones de la finca y de fuentes de agua que puedan resultar contaminadas.
- Se deben seguir adecuadamente las técnicas para preparar abonos orgánicos (Jaramillo, 2007; Shany, 2007).

### Importancia de los macronutrientes en la producción de tomate

**Nitrógeno:** el nitrógeno es el nutriente que más afecta el crecimiento y la producción del tomate por su fácil asimilación, lo que lo convierte en un elemento fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento (Tabla 6.6). También promueve la formación de flores, frutos y regula la maduración de la planta.

Un adecuado nivel de nitrógeno contribuye a un fuerte crecimiento de la planta, mejora el color y tamaño del fruto y disminuye la aparición de hombros verdes (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

Una de las funciones más importantes del nitrógeno es su acción directa sobre el incremento de la masa seca, porque favorece el crecimiento del tallo y el follaje contribuyendo a la formación de frutos y granos. No obstante, un exceso de este elemento provoca un gran aumento de follaje, un escaso desarrollo en el sistema radical y un retardo en la formación de flores y frutos.

En el fertirriego, el nitrógeno se suministra en mayor proporción a manera de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y en menor proporción en forma amoniacal, ya que permite mantener el pH estable en el sistema. En términos generales, se recomienda conservar una proporción de nitrógeno amoniacal entre 15% y 20% del nitrógeno total (Rodríguez y Flórez, 2004).

La deficiencia de nitrógeno se manifiesta con un alargamiento en las plantas, tallos delgados y hojas también delgadas y erguidas. Las hojas inferiores presentan un color verde pálido hasta casi amarillo, y cuando la deficiencia es severa toda la planta se vuelve de un color empalidecido, los folíolos se tornan pequeños, la nervadura principal de las hojas se vuelve de color púrpura antes de desplomarse, las flores se pueden caer prematuramente y el fruto en formación se queda pequeño (Figura 6.4).





**Figura 6.4. Deficiencia de nitrógeno**

El exceso de nitrógeno induce un excesivo crecimiento vegetativo y hojas de color verde oscuro, retrasa la floración y hay menos flores por racimo; se produce además un escaso cuajado de frutos (adquieren un color verde pálido), disminuyéndose el contenido de sólidos en el jugo y con aumento de la acidez, la maduración se retrasa, los tallos se vuelven gruesos y los entrenudos largos. Igualmente, aumenta la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades como gotera y botritis (Figura 6.5) (Jaramillo *et al.*, 2007; Barreto *et al.*, 2002; Rodríguez y Flórez, 2004).



**Figura 6.5. Presencia de vegetación en la inflorescencia por un exceso de nitrógeno**



Para controlar la deficiencia de este elemento se recomienda la aplicación de urea, ya sea en forma edáfica, foliar o por fertirriego.

**Fósforo:** al igual que el nitrógeno, es un elemento móvil en la planta, en la que actúan ligados fisiológicamente. Trabaja en la fotosíntesis, la respiración, la transferencia de energía, y en la división y el alargamiento celular; promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces, mejorando la calidad del cultivo y siendo vital para la formación de semillas, aumentando la resistencia a enfermedades y jugando un papel importante en la fotosíntesis y en la respiración celular necesaria para el desarrollo de estructuras reproductivas y del sistema radical (Jaramillo *et al.*, 2007).

El fósforo es también valioso para el metabolismo energético de la planta porque pertenece a las moléculas AMP, ADP y ATP. Forma parte de los ácidos nucleicos ADN, ARN y de otros compuestos como el ácido fítico (Tabla 6.6), importante en la germinación de las semillas y el desarrollo de la raíz. Se encuentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo (Rodríguez y Flórez, 2004).

La deficiencia de fósforo disminuye drásticamente la floración, producción y calidad del fruto, creando un raquitismo en la planta, expresada en tallos delgados y fibrosos con una coloración púrpura opaca; mientras, las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulada, con tintes bronceados o púrpuras (lo que es un síntoma muy común en la etapa de semillero) y se presenta poca floración y cuajado de frutos. Cuando la deficiencia es muy severa se presenta un retardo en la floración, se produce caída de hojas, flores y frutos, y la maduración es tardía (Figura 6.6).

De la misma forma, la deficiencia de este elemento afecta el desarrollo, debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de este fenómeno es la reducción en la expansión celular, razón por la cual las plantas pueden presentar enanismo (Rodríguez y Flórez, 2004); aunque existen en el mercado algunas fuentes foliares de fósforo que pueden ayudar a corregir una deficiencia de este.

Por otro lado, su exceso induce a deficiencias de micronutrientes, principalmente de hierro y zinc.

**Potasio:** es vital para la fotosíntesis y esencial para la síntesis de proteína, ayudando a la planta a hacer un uso más eficiente del agua. Por su efecto osmo-





**Figura 6.6. Presencia de coloración púrpura en las hojas por deficiencia de fósforo**

rregulador, aumenta la tolerancia a heladas, aporta notablemente a la formación y calidad de frutos, activa las enzimas, tiene resistencia a enfermedades, ayuda a las plantas a soportar el estrés causado por nematodos y, sobre todo, mejora considerablemente la calidad de los cultivos y sus cosechas.

Este elemento tiene importancia preponderante en el llenado, la firmeza y la calidad organoléptica del fruto e interfiere en la uniformidad de la maduración, incrementando la vida en estante. Las aplicaciones de K en tomate generalmente son más altas que para cualquier hortaliza. Por cada tonelada de fruto de tomate producido, se requiere que el cultivo haya removido 4,5 kg de K disponible en el suelo. Del total del K absorbido por la planta, la mayor parte es acumulada en el fruto (57%).

Este nutriente mineral es el más abundante en el citoplasma, y su importancia fisiológica radica en el papel que juega en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas (Tabla 6.6). Por otra parte, contribuye a la economía del agua porque regula la apertura estomacal, lo que es sumamente importante para la absorción de  $\text{CO}_2$  y el control de la transpiración; así mismo, aumenta la velocidad de reacción en más de 50 enzimas y, en algunos casos, amplifica la afinidad por el sustrato. Entre las enzimas sobre las cuales actúa el potasio se encuentra



la piruvato quinasa, enzima esencial en la respiración y en el metabolismo de los carbohidratos (Rodríguez y Flórez, 2004).

La deficiencia de potasio puede ser similar a una insuficiencia de magnesio, ya que ambas se manifiestan primero en las hojas viejas; sin embargo, la de potasio se caracteriza por una clorosis entre las nervaduras, las cuales rápidamente se tornan de color bronce y luego se necrosan (Figura 6.7), los entrenudos se acortan, hay pérdidas en el rendimiento y falta de vigor en las plantas, los frutos presentan una maduración irregular, reducen su tamaño y su calidad (pocos sólidos solubles, manchas amarillas con áreas verduscas), se produce lo que comúnmente se conoce como maduración manchada (blotchy ripening) y disminuyen su larga vida.



**Figura 6.7. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas**

La deficiencia de potasio trae como consecuencia reducciones en el potencial hídrico y en la capacidad fotosintética en la planta de tomate; a su vez, en los frutos disminuye la acidez, aumenta la respiración y, por tanto, induce al deterioro (Rodríguez y Flórez, 2004).

En suelos muy ácidos, los tallos principales, los pecíolos y los pedicelos pueden mostrar lesiones de color negro opaco, siendo más comunes en las zonas cercanas a los nudos. Estas lesiones pueden conducir a marchitamiento del follaje, efectos que pueden confundirse por la toxicidad por manganeso en estos suelos (Barreto *et al.*, 2002). El exceso induce a deficiencias de magnesio y calcio por desbalance.



Para la corrección de la deficiencia de este elemento existen algunas fuentes de potasio, como son el nitrato de potasio y el fosfato de potasio, aplicados ya sea por vía foliar, edáfica o fertirrigación.

**Azufre:** es esencial en la formación de proteínas (Tabla 6.6), ya que hace parte de algunos aminoácidos. Pertenece a las enzimas y vitaminas, siendo necesario en el desarrollo de la clorofila, que ayuda a mantener el color verde, estimula el crecimiento vigoroso y la producción de semilla.

El azufre está en la planta en proporción de una parte por cada 10 o 12 partes de nitrógeno. Si no hay azufre, la planta no puede usar el nitrógeno.

Aproximadamente el 90% del azufre disponible para la planta proviene de la materia orgánica, y puede decirse que entre más alto sea el contenido de esta materia menor será la posibilidad de una deficiencia de azufre. En consecuencia, los suelos arenosos bajos en materia orgánica van a responder mucho más a las aplicaciones de azufre que los suelos orgánicos.

La deficiencia de azufre en tomate es escasa bajo condiciones de invernadero. Cuando sucede, las plantas son pequeñas; los tallos son delgados, leñosos y alargados, con hojas rígidas y curvadas hacia abajo; se desarrolla una clorosis intervenal verde-amarilla a amarilla; tallos, venas y pecíolos adquieren una coloración púrpura; las manchas necróticas pueden aparecer en las márgenes y puntas de hojas más viejas y sobre el tallo; además, los frutos son de baja calidad con maduración incompleta. Esta carencia es similar a la de nitrógeno, pero para el azufre los síntomas se manifiestan en las hojas más jóvenes por la poca movilidad de este elemento. En cambio, si existe exceso de este elemento en la planta puede ocurrir una prematura senescencia de hojas.

**Calcio:** ayuda a los rendimientos en forma indirecta, puesto que mejora las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes. El calcio alienta la producción de granos y semillas, y es necesario para el crecimiento de los meristemas apicales (Tabla 6.6); por ser un elemento poco móvil, su traslocación es lenta y su deficiencia se aprecia rápidamente en las zonas meristemáticas.

Es un elemento esencial porque interviene en la estabilidad de la membrana plasmática y en la integridad de la célula, ya que es un componente básico de la lámina media de la pared celular en forma de pectatos de calcio. Estos últimos son los que le confieren consistencia y cierto grado de rigidez a la pared celular,



ayudando a preservar la estructura de las membranas celulares al regular su permeabilidad. La presencia de pectatos de calcio en las paredes celulares protege los tejidos contra el ataque de hongos; por otra parte, es un elemento importante en el crecimiento del tubo polínico (Rodríguez y Flórez, 2004).

En frutos de tomate, el periodo crítico para la absorción del calcio es cerca de dos semanas después de la antesis, cuando la tasa de crecimiento del fruto es alta. Días nublados en esta etapa conllevan a la pudrición apical del mismo. Otro factor a considerar es el antagonismo entre el calcio y el magnesio: una deficiencia de calcio puede desarrollar mayor absorción del magnesio, provocando síntomas de fitotoxicidad; por el contrario, altos contenidos de calcio regulan la absorción de potasio, evitando el consumo excesivo de este elemento (Rodríguez y Flórez, 2004).

Pero, ¿por qué se presentan deficiencias de calcio en suelos que tienen un contenido alto de este elemento? La respuesta es bastante simple: la planta durante todo su crecimiento necesita un constante suministro de calcio, pero no lo acumula, solo lo toma y lo lleva hasta las hojas. Durante periodos de sequía, con noches de baja humedad y días cálidos, hay excesiva evaporación; es allí cuando el calcio del suelo es absorbido por las raíces y llevado a las hojas, donde ocurre la evaporación. ¿Qué pasa entonces en las hojas bajas? Serán deficientes en calcio, siendo allí donde se observan los mayores problemas, pues aun cuando hay abundancia de calcio en el suelo, este no está uniformemente distribuido dentro de la planta. Si existiera alta humedad y menor evaporación, el calcio alcanzaría a redistribuirse (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

Se presenta en las plantas de tomate inicialmente un amarillamiento de los bordes de las hojas superiores, observándose una coloración parda oscura en el envés; las hojas en formación presentan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba y el punto de crecimiento presenta necrosis. Por su parte, los tallos son delgados, débiles y quebradizos, las raíces son cortas, poco ramificadas y gruesas, y en los frutos se presenta una pudrición en el extremo apical, lo que comúnmente se conoce como “culillo” y se detalla tanto en frutos verdes como maduros (Figura 6.8).



**Figura 6.8. Pudrición apical del fruto producida por una deficiencia de Ca en la planta**

Cuando la conductividad eléctrica en la solución del suelo está por encima de  $3 \text{ dS/m}^{-1}$  y la concentración de calcio está por debajo de 100 ppm, la planta es más sensible a la pudrición apical o culillo (Zeidan, 2005).

Si hay un exceso de calcio en la planta, pueden ocurrir deficiencias de potasio y magnesio por desbalance catiónico.

Los factores que promueven la deficiencia de calcio en la planta son (Zeidan, 2005):

- Suelos con deficiencia de calcio o cultivos en sustrato.
- Inesperadas condiciones de estrés por agua en el suelo.
- Tensión por salinidad como resultado de la acumulación de sales en el suelo.
- Competencia con otros elementos en el suelo o en el sustrato. Exceso de K y Mg ocasionan deficiencia de Ca.
- Condiciones de humedad relativa baja y vientos calientes.
- Altas temperaturas acompañadas por humedades relativas altas.
- Sistema de raíces pobremente desarrollado.
- Variedades sensibles.
- Altos niveles de amonio ( $\text{NH}_4$ ).

Las técnicas para controlar la deficiencia de calcio son (Zeidan, 2005):

- Aplicación suficiente de calcio en el agua de riego o al suelo.
- Riego regular y prevención de estrés de agua.
- Prevención de la acumulación de fertilizantes en el suelo o en el sustrato para evitar la acumulación de sales.
- Obviar altas concentraciones de Mg y K, elementos que inhiben la absorción de Ca en el suelo.
- Aplicaciones de K y Mg de acuerdo con los requerimientos de la planta.
- Mantenimiento de la humedad relativa adecuada en el invernadero.
- Favorecer un desarrollo radicular amplio y profundo que permita a la planta soportar condiciones adversas.
- Evitar el exceso de amonio.

Tanto el calcio como el boro son elementos poco móviles, y es más eficiente suministrar pequeñas dosis en forma repetida por vía foliar que una sola aplicación grande. Es recomendable aplicar fuentes de calcio como nitrato de calcio o quelato de calcio, entre otras.



**Magnesio:** es un mineral constituyente de la clorofila, de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis (Tabla 6.6), ayudando a su vez en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de la planta y la activación de numerosas enzimas. Es necesario para la formación de azúcares, propicia la formación de aceites y grasas e interviene en la traslocación del almidón, razón por la que juega un papel importante en el llenado de los frutos.

La deficiencia de magnesio está en las hojas más viejas de la planta, las cuales presentan clorosis marginales que van progresando hacia el centro como una clorosis intervenal; las venas permanecen verdes y aparece un moteado necrótico en las hojas cloróticas (amarillas). Estas hojas se curvan hacia el haz, se necrosan y caen prematuramente, deficiencia que también puede observarse en la parte media de la planta cuando el cultivo está en su máxima producción. En casos severos se da la muerte de las hojas viejas, toda la planta se vuelve amarilla y se reduce la producción (Figura 6.9).



**Figura 6.9. Síntoma típico de deficiencia de magnesio**

También es común la deficiencia de magnesio cuando hay conductividades eléctricas altas como resultado de grandes concentraciones de potasio. La corrección de este elemento se hace con base en aplicaciones en forma edáfica con sulfato de magnesio y óxido de magnesio, vía foliar con productos a base de nitrato también de magnesio (Zeidan, 2005).



El suministro adecuado de este elemento depende no solo de la cantidad absoluta del mismo, sino también de la relación Ca-Mg. Un exceso de calcio con relación al magnesio puede inducir a una deficiencia de este último.

Cuando el magnesio se disuelve en la solución del suelo, es absorbido a través del sistema radicular por difusión o intercambio iónico. La competencia de nitrógeno, calcio y particularmente el potasio, interfieren con la toma y absorción del magnesio. La toma rápida de fertilizantes nitrogenados (cuando están en mayor proporción que el magnesio disponible) produce deficiencia, y al igual que con los otros nutrientes no móviles, el periodo crítico de utilización del magnesio es en los primeros cuarenta días de crecimiento (Noticias Agrícolas Colinagro).

### Importancia de los micronutrientes en la producción de tomate

**Hierro:** participa en el proceso respiratorio y en la fotosíntesis e interviene en la formación de la clorofila (Tabla 6.6), por lo cual es indispensable en la formación de alimentos en la planta. El hierro, asociado al cobre, manganeso y boro, aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de organismos causantes de enfermedades.

La deficiencia de hierro puede tener varias causas:

- Por un desbalance con otros elementos, como el exceso de fósforo y los altos niveles de bicarbonato.
- En pH básico, porque el hierro forma compuestos insolubles no disponibles para las plantas.
- Porque en los suelos ácidos el aluminio soluble es más abundante, y restringe la absorción del hierro.

El hierro a su vez es un elemento asociado con el desarrollo de los cloroplastos, la síntesis de ferredoxina y de clorofila. La ferredoxina actúa en varios procesos metabólicos, entre ellos la fotosíntesis y la reducción del nitrógeno. En condiciones de crecimiento controladas, aproximadamente el 80% del hierro está localizado en los cloroplastos de hojas de rápido desarrollo, lo cual evidencia la importancia del hierro en la fotosíntesis.

Así mismo, y debido a que es poco móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas jóvenes de la parte superior de la misma



(Rodríguez y Flórez, 2004); su deficiencia se presenta en las hojas terminales, con una clorosis uniforme en los márgenes que se extiende por toda la hoja; las venas también se vuelven cloróticas, se disminuye el crecimiento de la planta (con hojas más pequeñas de lo normal) y las flores se caen (aborto de la planta). Con el tiempo, la clorosis puede pasar a las hojas más viejas (Figura 6.10).



**Figura 6.10. Clorosis en hojas terminales producida por una deficiencia**

La deficiencia de hierro puede ocurrir por un exceso de manganeso en los tejidos de las plantas; a su vez, se puede producir toxicidad a la planta por exceso de hierro, generalmente cuando en el suelo se dan condiciones reductoras, como en el caso de los suelos inundados. Deficiencias extremas de hierro y manganeso aparecen en suelos ricos en limo y en suelos mal aireados, pues el exceso de agua y encharcamiento causan pérdida de oxígeno.

Suelos con pH alto y la presencia de carbonato de Ca (cal) inducen la clorosis de hierro, incluso cuando se encuentren presentes altos niveles de hierro en la planta. El hierro se halla abundantemente en la mayoría de los suelos, pero principalmente en forma no disponible para la planta. La deficiencia de hierro aprovechable afecta adversamente el crecimiento de la planta.

De otro lado, bajas temperaturas en el suelo pueden retardar la velocidad de crecimiento del sistema radicular, lo cual restringe la toma de hierro del suelo. Como norma, las deficiencias de hierro en el campo tienden a disminuir a medida que la temperatura aumenta y la humedad del suelo disminuye. El mejoramiento de la aireación fomenta mayor actividad microbiológica, con mayor crecimiento de raíces y contacto de las mismas con el hierro.



En caso de una deficiencia severa de hierro, se recomienda aplicar productos a base de quelatos de hierro al 6% en el agua de riego. La dosis debe ser recomendada por la casa productora.

En general la aplicación foliar es mejor que la aplicación al suelo, ya que no es necesario meterse tanto en la química de la tierra y en los consecuentes problemas de fijación del hierro por fosfatos, magnesio y otros nutrientes (Noticias Agrícolas Colinagro).

**Manganeso:** es parte de las enzimas que participan en la respiración y síntesis de proteína y sirve como un activador para una variedad de reacciones enzimáticas tales como la oxidación, la reducción y la hidrólisis. El manganeso es particularmente importante en relación con la fotosíntesis, pues puede tener influencia directa o indirecta sobre cloroplastos, sitio donde la energía lumínica del sol se convierte en energía química (Tabla 6.6).

La deficiencia de manganeso ocurre en suelos arenosos, turbosos, alcalinos y particularmente en suelos calcáreos o sobrenacalados, así como en terrenos con bajo contenido de materia orgánica.

Esta deficiencia aparece también en los brotes terminales de la planta, como sucede con la deficiencia de Fe, y se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas sobre la hoja, las cuales se unen y forman una clorosis general conservando las venas verdes. Para contrarrestarla se recomienda aplicar quelatos de manganeso al 13% en el agua de riego.

**Zinc:** es indispensable en la formación de clorofila y componente esencial de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento (Tabla 6.6). Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes, da resistencia a las plantas de tomate a bajas temperaturas (heladas). El zinc, asociado con el magnesio, boro y calcio, aumenta la fortaleza de la membrana celular de las raíces actuando como obstáculo a la penetración de organismos patógenos.

Cuando hay deficiencia de este elemento la planta presenta entrenudos delgados y cortos, dando a la misma una apariencia de roseta; las hojas son pequeñas y gruesas, con manchas cloróticas irregulares de color verde amarillo y áreas necróticas; y los tallos tienen entrenudos cortos; los pecíolos de las hojas se rizan hacia abajo y también se enrollan completamente, y las hojas basales muestran clorosis café anaranjado; se produce aborto de flores y los frutos que se desarrollan permanecen pequeños, madurando prematuramente.



El exceso de fósforo puede inducir deficiencias de zinc, ya sea que la interacción entre estos dos ocurra en el suelo o en el proceso metabólico dentro de la planta. Las aplicaciones altas de fosfatos restringen su absorción; el elemento se combinará con los fosfatos solubles para formar fosfatos de zinc, que no son rápidamente solubles. Al mismo tiempo, suelos calcáreos, orgánicos o inundados propician la deficiencia de zinc, sumando que el bajo contenido de materia orgánica en el suelo es un factor que puede contribuir a dicha deficiencia (Noticias Agrícolas Colinagro).

El hierro o el manganeso (tanto en exceso como en escasez) pueden ser factores que contribuyen a las deficiencias del elemento. Los síntomas de toxicidad por zinc es una reducción del crecimiento de la raíz (Noticias Agrícolas Colinagro).

**Boro:** actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas; interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico (Tabla 6.6) y el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación (ITAA, 2004).

Si bien es cierto que la cantidad de boro necesaria para el metabolismo es mínima, su carencia es muy frecuente debido –entre otros factores– a su escasa movilidad dentro de las plantas, aun bajo condiciones de suficiente disponibilidad edáfica del elemento. Su mayor concentración se encuentra en las hojas inferiores de la planta, en donde parece quedar fijado. A medida que la planta crece la concentración disminuye en las hojas jóvenes, puntos de crecimiento y frutos.

Cuando hay deficiencia se manifiesta generalmente en las hojas nuevas, las cuales permanecen pequeñas y se deforman enroscándose hacia adentro, con manchas cloróticas de color amarillo naranja y venas amarillas; además se ve proliferación de rebrotes en formación de rosetas, afectándose el punto de crecimiento, el que se necrosa y muere, deteniendo completamente su desarrollo.

También se presentan tallos cortos, gruesos y rígidos, y hay caída de flores y frutos con áreas corchosas alrededor del punto de abscisión (Figura 6.11). El sistema radicular es muy pobre, grueso y poco ramificado, de color amarillento o café (ITAA, 2004).



**Figura 6.11. Síntoma en frutos de deficiencia de boro**



Con niveles ligeramente por encima de los necesarios para el desarrollo normal, se puede producir toxicidad en la planta. Los síntomas comienzan con un color amarillento de la punta de las hojas y sigue con necrosis desde la punta superior de una hoja y bordes hasta el centro de la misma (ITAA, 2004).

#### *Factores que afectan la disponibilidad de boro en el suelo*

La disponibilidad de boro para la planta está afectada tanto por los factores que favorecen su fijación como por aquellos relacionados con el clima, material parental, interacciones con otros elementos, materia orgánica y textura del suelo. La relación entre el boro y los factores mencionados es la siguiente (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

- La escasa movilidad del boro en las plantas.
- Su tendencia a la lixiviación.
- Su adsorción a los coloides.
- Su no disponibilidad en épocas de sequía.
- Nivel de cal y pH: el encalado disminuye la disponibilidad de boro por fijación de los hidróxidos de hierro y aluminio recién precipitados.
- Interacción con otros elementos: en suelos con alto contenido de calcio se presentan generalmente deficiencias de boro, las que también se han inducido al aplicar tasas elevadas de potasio y nitrógeno.
- Clima: cuando el suelo está demasiado seco se produce una retención de boro. Se cree que el secamiento favorece la sustitución de boro por aluminio, pero por otra parte la falta de agua reduce la mineralización de la materia orgánica y, así mismo, el suministro de boro.
- Textura: los suelos arenosos son generalmente más bajos en boro.

Teniendo en cuenta estas situaciones, muchos investigadores de diversos lugares del mundo desarrollaron las formulaciones y metodologías adecuadas para hacer altamente eficiente la aplicación de boro mediante el suministro foliar. Esta práctica, como medio para prevenir o corregir deficiencias de boro, ha resultado ser la mejor alternativa, y su uso se está extendiendo en prácticamente todos los cultivos de las principales zonas agrícolas del mundo.



Las ventajas de la aplicación foliar de boro son múltiples, entre las que se destaca la formulación líquida con equipos aéreos o terrestres mediante sistemas de riego, además de ser compatible con la mayoría de plaguicidas, coadyuvantes de uso agrícola o con otros nutrientes de aplicación foliar, lo que permite el aprovechamiento de las aplicaciones convencionales requeridas en los cultivos. Se requieren cantidades mucho menores por unidades de superficie en comparación con la aplicación edáfica, y dada la eficiencia de su absorción por vía foliar, se garantiza la eliminación de factores de pérdida como son la lixiviación, la precipitación y adsorción, y la no disponibilidad en épocas de sequía.

Debido a su velocidad de absorción por vía foliar, se pueden corregir en forma inmediata los síntomas de carencia tanto en plantas anuales como perennes, garantizando un suministro oportuno del nutriente a los cultivos en fase de activo crecimiento, incluso bajo condiciones de estrés.

En el cultivo de tomate se reportan incrementos de 16% en el rendimiento del mismo, así como aumentos en el contenido de azúcares, materia seca, vitamina C y nitrógeno proteico, como resultado de aplicaciones periódicas de boro.

**Cobre:** el cobre está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción, induciendo a la formación del polen viable, por lo cual su más alta demanda se presenta en la floración. Actúa conjuntamente con el manganeso y el zinc en la utilización y movilización de otros nutrientes, aportando al desarrollo de las raíces y a la formación de proteínas y enzimas.

El cobre cumple las funciones de acrecentar el sabor en los frutos y aumentar la capacidad de almacenamiento, la resistencia al transporte y el contenido de azúcares (Tabla 6.6).

Cuando hay deficiencia de cobre, los márgenes de las hojas jóvenes de la planta son pequeñas, pálidas y distorsionadas, se enroscan hacia arriba y los brotes son atrofiados, mientras que también se ve un desarrollo muy deficiente de la raíz; de la misma manera, se producen lesiones necróticas oscuras sobre la vena principal, hay una mínima o nula producción de flores y en casos severos la planta puede presentar enanismo y clorosis.

El exceso de este elemento produce una reducción del desarrollo de la raíz y se observa clorosis similar a la falta de hierro, probablemente como consecuencia de una deficiencia inducida de este elemento al reducirse por competencia la absorción del mismo hierro.



La corrección de deficiencias de cobre puede hacerse utilizando varios compuestos, tal como los sulfatos cúpricos, el óxido cuproso y los quelatos de cobre, entre otros, los cuales pueden aplicarse al suelo por vía foliar o por fertirrigación.

**Molibdeno:** es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico en la hormona ABA, regulador del crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico; así mismo, induce efectos positivos en la formación del polen viable al momento de la floración y fecundación (Tabla 6.6).

La deficiencia de este elemento se presenta en las hojas más viejas, mostrando una clorosis entre las nervaduras; los márgenes de las hojas se enroscan hacia arriba, las venas de las hojas también son cloróticas y en casos severos se presenta necrosis de ellas.

El molibdeno es el único nutriente que muestra más problemas de deficiencia en suelos ácidos que en suelos alcalinos; en otras palabras, entre más ácido sea el suelo, más necesario es el molibdeno.

**Cloro:** está involucrado en la apertura de los estomas y por tanto interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros, por lo que casi nunca es necesario hacer aplicaciones de este elemento. No obstante, la ausencia de cloro se manifiesta en una reducción de área foliar y en la masa seca de la planta, lo cual es el resultado de la disminución de las tasas de división y de extensión celular (Rodríguez y Flórez, 2004).

Dados los bajos requerimientos de la planta por este elemento, es prácticamente imposible que se produzca deficiencia de cloro en condiciones normales; por el contrario, más importante es el exceso de contenido de cloro en la planta que se produce por un nivel muy alto de salinidad en el suelo. Los síntomas son: quemadura de ápices y de borde de la hoja, bronceado, amarillamiento progresivo y caída de flores.

**Níquel:** este es el último elemento adicionado a la lista de elementos esenciales para las plantas. Su importancia radica en que hace parte de la enzima ureasa que disocia la urea en  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_4^+$ . En plantas con deficiencia de níquel, la concentración de urea aumenta en las hojas hasta niveles tóxicos. La esencialidad de este elemento fue demostrada en cebada, donde se encontró que después de tres generaciones sin níquel las semillas eran incapaces de germinar y presen-



taban deformaciones anatómicas. En general, el níquel tiene un papel relevante en el metabolismo de la urea y de los ureidos, en la absorción del hierro, la viabilidad de las semillas, la fijación del nitrógeno y en el desarrollo reproductivo.

**Tabla 6.6. Funciones de los elementos esenciales**

	ELEMENTOS ESENCIALES												
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Mo	Co
Fotosíntesis					X	X		X	X	X			
Síntesis de Clorofila					X		X	X					
Síntesis de Hormonas							X					X	
Síntesis de Proteínas	X	X				X	X						X
Síntesis de ácidos nucleicos	X	X											
Síntesis de Carbohidratos	X				X		X				X		
Síntesis de Grasas y Aceites					X	X							
Síntesis de Vitaminas						X							X
Síntesis de Aminoácidos	X					X							
Metabolismo Nitrógeno						X	X					X	X
Metabolismo Azufre							X					X	
Metabolismo Carbohidratos			X	X							X		
Metabolismo Fósforo					X	X							
Nodulación y Fijación de Nitrógeno						X		X	X			X	X
Regulador Respiración				X				X	X	X			
Regulador de Crecimiento	X	X	X				X						
Regulador Agua			X				X						
Regulador Maduración		X					X		X		X		
Activación Enzimática			X			X	X	X		X		X	
Reproducción Celular	X		X	X							X		
Fecundación		X	X							X	X		
Desarrollo Radicular		X								X	X		
Ciclo ácido Cítrico					X		X		X	X			
Resistencia Tejidos			X	X									
Utilización Ca-P-Mg			X				X		X	X	X		
Calidad Cosecha	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reducción de Nitratos y Nitritos								X	X				
Protección contra enfermedades			X				X		X	X			

Fuente: Manual Técnico Microfertisa



## Elementos esenciales beneficiosos

Estos elementos estimulan el crecimiento y el desarrollo en las plantas pero no se consideran primordiales porque no cumplen con los criterios de esencialidad. Sin embargo, se ha encontrado que algunos de estos minerales son fundamentales para ciertas especies de plantas bajo condiciones específicas.

**Silicio:** se ha demostrado que el silicio es beneficioso para especies de la familia Cyperaceae como *Equisetum arvense* y algunas gramíneas como el arroz y la caña de azúcar. En dicotiledóneas como el pepino, el silicio incrementa la rigidez de las hojas maduras, aumenta el contenido de clorofila y reduce la senescencia. En el tomate, la deficiencia del elemento reduce el desarrollo y las hojas nuevas presentan deformaciones, sumado a esto que muchas plantas no dan frutos (Rodríguez y Flórez, 2004).

**Tabla 6.7. Antagonismos comunes que se presentan por exceso de algunos nutrientes**

Nutriente en exceso	Deficiencia inducida
Nitrógeno	Potasio
Potasio	Nitrógeno – Calcio – Magnesio
Cloro	Nitrógeno
Azufre	Molibdeno
Sodio	Potasio – Calcio – Magnesio
Calcio	Potasio – Magnesio – Boro – Manganeso – Zinc
Magnesio	Calcio
Cobre	Zinc
Hierro	Manganeso
Manganeso – Zinc	Hierro
Fósforo	Hierro – Zinc

Fuente: Semillas Latinoamericanas Chile. Impulsores Internacionales.

## Fertilización edáfica

Se entiende por fertilización edáfica o radicular la aplicación al suelo de abonos químicos u orgánicos en estado sólido o líquido, a fin de que las plantas lo absorban a través de sus raíces (Figura 6.12). Para que este método de fertilización sea efectivo se debe tener en cuenta la correcta ubicación del fertilizante,



puesto que en gran parte la baja productividad de los suelos es causada por una inadecuada aplicación del mismo. Con respecto a la ubicación y época de aplicación de fertilizantes al suelo, hay dos normas generales que en lo posible deben seguirse (Microfertisa; ICA, 1992):

1. Deben incorporarse.
2. Aplicarse antes o al momento de la siembra.

La incorporación de fertilizantes al suelo evita pérdidas por:

- *Volatilización.*
- *Inmovilización.* Como en el caso de los fertilizantes fosfatados, cuya movilidad en el suelo es casi nula y por lo tanto si se colocan en la superficie quedan fuera de la zona radicular del cultivo.
- *Desnitrificación.* En suelos inundados los fertilizantes amoniacales mal incorporados pasan a sus formas gaseosas y se pierden en la atmósfera.



**Figura 6.12. Fertilización edáfica en corona**

En invernadero se aprovecha el sistema de riego para aplicar la fertilización disuelta en el agua de riego, lo que le permite a la planta obtener de manera oportuna los nutrientes para su desarrollo. Si no se dispone de este sistema, se recomienda realizar fertilizaciones edáficas, iniciando con una de establecimiento y continuando a partir de los 20 días después del trasplante, con intervalos de aplicación de 20 días hasta la formación del último racimo a cosechar. En general, se recomienda aplicar hasta 200 gramos de un fertilizante simple o completo de acuerdo con las necesidades de nutrientes que vaya manifestando



la planta. La aplicación de la primera fertilización debe ser lo más cercano posible al trasplante, puesto que las pérdidas por lixiviación, volatilización, fijación o por paso a formas menos asimilables están en relación directa con el tiempo y, por ende, entre más tiempo transcurra habrán mayores pérdidas; además, una aplicación anticipada favorece más a las malezas que al cultivo.

Se aconseja no dejar aparecer síntomas de deficiencias de nutrientes en el cultivo, ya que el daño es ocasionado con anterioridad a su aparición; por esto es fundamental aplicar los fertilizantes al momento de la siembra, de acuerdo con la necesidad y según el análisis de suelo. La aplicación debe realizarse en corona o media corona alrededor del tallo y luego efectuar un aporque (Jaramillo *et al.*, 2007; Manual Microfertisa).

### Fertilización foliar

Se define como la aplicación de fertilizantes líquidos o polvos solubles en agua a las partes aéreas de las plantas. Las hojas tienen la capacidad de asimilar sustancias nutritivas y lo hacen en tres pasos: penetración, absorción y traslocación. La fertilización foliar es efectiva cuando existen deficiencias de algunos elementos. Lo más común es hacer aplicaciones foliares de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio y algunos elementos menores. La fertilización foliar no reemplaza la fertilización edáfica o el fertirriego, sino que se utiliza como un complemento de estas (ICA, 1992).

#### *Ventajas de la fertilización foliar:*

- Es un buen recurso en situaciones de emergencia.
- Se requiere aplicar menores cantidades de fertilizante al follaje que al suelo para alcanzar un nivel deseable de nutrientes.
- Es de gran importancia en cultivos sometidos a estrés, debido a la acción adversa del medio en que se desarrolla o por efectos fitosanitarios negativos tales como salinidad, altos contenidos de arcilla y de materia orgánica.
- Los síntomas visuales de respuesta a un elemento son más rápidos en el caso de la fertilización foliar; por ello, es probable que en caso de aplicaciones tardías de fertilizantes sea mejor recurrir a las aplicaciones foliares que a las edáficas.
- Ayuda a las plantas a recuperarse de los efectos fitotóxicos ocasionados por los herbicidas, inundaciones, podas y después de altas producciones.



- Debido a su alta solubilidad, el uso de fertilizantes foliares en el follaje es ideal para aplicar en áreas de semilleros y trasplantes. A la planta hay que alimentarla bien desde que nace. A partir del momento en que la planta necesita absorber nutrientes hasta el momento que tiene suficiente masa en su parte aérea para que se pueda aplicar la fertilización foliar, necesitará de los abonos aplicados al suelo (Manual Microfertisa).

## ▶ RIEGO

El riego agrícola, siendo una técnica o práctica de producción, se puede definir como la aplicación suficiente, oportuna, eficiente y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer el agua que las plantas han consumido durante un tiempo determinado. El propósito del riego es crear un ambiente adecuado en la zona radical para que las plantas rindan la máxima producción.

Se considera que un buen riego no es el que “moja uniformemente” la superficie del suelo, sino aquel que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces de una planta (Figura 6.13). Un riego apropiado es el que se aplica cuando la planta lo requiere, de acuerdo con el periodo en días que se deja entre dos riegos sucesivos y el agotamiento del agua en el suelo.



**Figura 6.13. Agua de riego alrededor de la planta**

Las plantas consumen agua debido al efecto de las condiciones climáticas (temperatura, radiación solar y velocidad del viento, entre otros factores), lo que ocasiona la liberación permanente de vapor de agua desde el suelo hasta la



atmósfera, desde la planta por el proceso de transpiración y desde el suelo por el proceso de evaporación. Dichas pérdidas de agua en conjunto desde la planta y el suelo se conocen con el nombre de evapotranspiración.

La aplicación oportuna de agua comprende los días e intervalos que se deben dejar entre dos riegos, porque si se dejan muchos días entre riegos se corre el riesgo de que el agua almacenada en el suelo se acabe, y por tanto la planta se pueda marchitar. Si el riego es muy frecuente, el agua se pierde por escorrentía, percolación o encharcamiento, disminuyendo el contenido de oxígeno en el suelo, limitando el desarrollo de raíces y la toma de nutrientes, aumentando la humedad relativa del invernadero por la evapotranspiración del agua de suelo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades y aumentando los costos; por ello lo correcto es la aplicación de agua en el día apropiado.

Un riego eficiente de agua significa una distribución de la misma con las mínimas pérdidas posibles por percolación o escurrimiento, es decir que la cantidad de agua a aplicar en cada aspersión tiene que ser suficiente para cubrir el agua consumida por la planta en el periodo entre riegos, aparte de aquellos desperdicios inevitables. Además, su aplicación uniforme indica que las primeras y últimas plantas de la hilera o del surco deben recibir la misma cantidad de agua. En este orden, es primordial saber que debe aplicar dicho líquido al perfil del terreno, lo que significa que debe regarse el suelo y no las plantas. De esta forma se repone en el suelo el agua que ha sido consumida por las plantas.

Es importante mencionar que cuando se construye un invernadero se requiere tener un tanque de reserva de agua para cualquier emergencia que pueda ocurrir (Figura 6.14).

Igualmente debe insistirse en el concepto erróneo de que cuando se riega se está suministrando agua a las plantas en forma directa; con esto lo que se está haciendo es reponiendo el agua en el suelo para que las plantas la utilicen poco a poco a lo largo del período comprendido entre los riegos consecutivos.

También se advierte en este punto que no se riega la superficie del suelo sino que se está irrigando el perfil de profundidad, porque es en esta profundidad donde están las raíces de las plantas, órganos encargados de absorber (extraer) el agua que las plantas necesitan para desarrollar sus funciones vitales, especialmente la transpiración. Es por esto que las plantas viven al mismo tiempo en dos medios totalmente diferentes: la atmósfera que determina el consumo y el suelo que suministra el agua para dicho consumo (Vega y Molina, 2003).



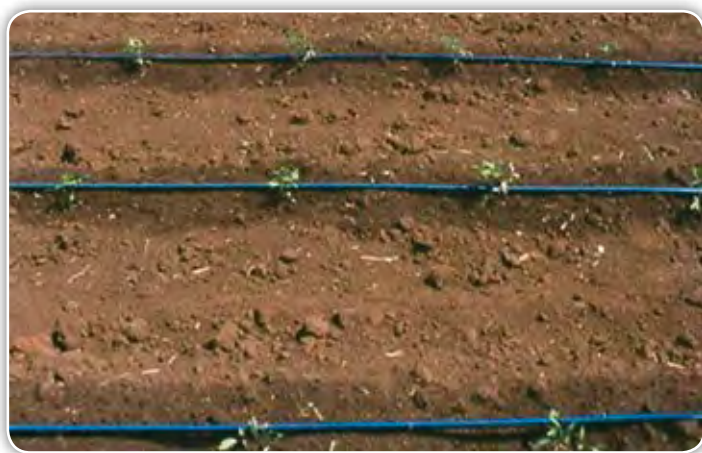


**Figura 6.14. Tanque de reserva de agua**

### **Riego por goteo**

El riego en invernadero tiene que ser preciso y localizado. Por su alta inversión en la construcción, el alto valor del cultivo y los requisitos de calidad de los frutos, deben descartarse los sistemas de riego foliares y por surcos, pues provocan enfermedades y carecen de precisión.

El riego localizado se refiere al riego por goteo, un sistema donde el agua se aplica gota a gota sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo y donde cada planta recibe en forma precisa la cantidad de agua y fertilizantes que requiere (Figura 6.15) (Fuentes, 1991; Shany, 2007).



**Figura 6.15. Riego por goteo**



Los goteros son pequeñas piezas plásticas, y los hay de varios tipos. Los más recomendables son los autocompensados, que son aquellos que permiten que la presión sea igual a lo largo de toda la manguera, con la garantía que por lo menos el 80% del agua se quede donde se necesita. En una manguera de polietileno se incorporan o se superponen los goteros, aunque también se pueden usar cintas con microperforaciones (Figura 6.16); el agua atraviesa un laberinto interno y va perdiendo presión llegando a ser tan pequeña que el agua se escurre en forma de gota, siendo un método más eficiente en el cultivo en términos de productividad y calidad, con un aprovechamiento del recurso hídrico entre el 90% y 95%.



**Figura 6.16. Cintas con microperforaciones para riego**

La distancia entre goteros es determinada por la distancia planificada entre plantas, de tal manera que cada planta tenga su propio gotero. En suelos livianos estos deben colocarse más juntos para que el área de enraizamiento sea completamente humedecida, sin que exista desperdicio de agua y nutrientes, ya que en dichos suelos la infiltración del agua es más rápida, por lo que deben colocarse hasta dos goteros por planta.

Los suelos pesados tienen una baja tasa de infiltración, por lo que no es recomendable usar goteros de alto volumen, ya que se puede provocar escorrentía por exceso de descarga. Aunque los goteros son el corazón de todo el sistema de riego por goteo, estos hacen parte de una estructura de accesorios adicionales, componentes que han de ser mutuamente compatibles y deben acomodarse a



las exigencias del cultivo y a las características de la parcela por regar. Los componentes se agrupan en seis categorías principales:

1. Fuentes de agua y de energía: una estación de bombeo sobre una fuente de agua superficial o subterránea, o bien una conexión a una red pública, comercial o cooperativa.
2. Sistema de conducción: las tuberías de conducción (principal y secundarias) y las de distribución (el porta-laterales).
3. Laterales de goteo.
4. Los accesorios: de medición y de control (válvulas, medidores de volumen y de la presión de agua, reguladores de presión y de caudal), de protección (válvulas de aire y de vacío, válvulas de chequeo y accesorios para la automatización) y controladores de riego.
5. Sistema de filtrado.
6. Equipo para la inyección de productos agroquímicos y el tratamiento del agua. (Sneh, 2006).

### **Ventajas del riego por goteo**

- Aplicación exacta y localizada del agua: se aplica con precisión a un volumen restringido del suelo, de acuerdo con la distribución de las raíces del cultivo. Un manejo apropiado del riego puede reducir las pérdidas del líquido y de nutrientes más allá de la zona de enraizamiento (Fuentes, 1991; Marouelli *et al.*, 2001).
- Equilibrio apropiado entre el aire y el agua en el suelo: el volumen del suelo mojado por el riego por goteo contiene por lo general más aire (oxígeno) que el riego por aspersión (Sneh, 2006).
- Al disminuir la superficie humedecida por el riego por goteo se minimizan las pérdidas de agua por evaporación.
- Evita el desperdicio de agua en los bordes de la parcela: con el riego por goteo el agua no se extiende más allá de los límites de la parcela, como ocurre con



el riego por aspersión. Es posible adaptar la disposición de los goteros a las dimensiones del invernadero, independientemente de su forma o topografía.

- Disminuye la infestación de malezas: reduce el área humedecida y se limita la germinación y el desarrollo de rastrojo (Fuentes, 1991).
- Aplicación integrada del agua y los nutrientes: la aplicación conjunta de los nutrientes con el agua de riego al volumen de suelo mojado disminuye las pérdidas por lixiviación, incrementa la disponibilidad de los nutrientes y economiza la mano de obra requerida para la aplicación de los fertilizantes de acuerdo con las necesidades de la planta (Yoel Bar, 2006; Marouelli *et al.*, 2001).
- No interfiere con las demás labores de campo: el humedecimiento parcial de la superficie del suelo no entorpece trabajos como la labranza, la aplicación de plaguicidas, el raleo, la cosecha y demás actividades.
- No se ve afectada por el viento: a diferencia del riego por aspersión, el viento no afecta el riego por goteo, el cual puede continuar ininterrumpidamente aun bajo altas intensidades de viento.
- Reduce la incidencia de las enfermedades del follaje y de los frutos, ya que el riego no moja los tallos ni el follaje de las plantas, minimizando el impacto ambiental con el menor uso de pesticidas (Yoel Bar, 2006; Marouelli *et al.*, 2001).
- Ahorro de mano de obra (Sneh, 2006; Fuentes, 1991).

### **Desventajas del riego por goteo**

- Riesgo de obturación: las pequeñas dimensiones del conducto por el cual fluye el agua hace que los goteros sean susceptibles a la obturación por partículas sólidas, materia orgánica en suspensión y/o sustancias que se depositan o precipitan debido a reacciones químicas que ocurren en el agua de riego, lo que implica que la planta no reciba el recurso hídrico (Figura 6.17) (Sneh, 2006).
- Alto monto de la inversión.
- Volumen restringido de las raíces: la aplicación frecuente del agua a un volumen limitado del suelo conlleva al desarrollo de un sistema radicular restringido y ocasionalmente muy superficial; en consecuencia, el cultivo depende





**Figura 6.17. Obturación de emisores donde la planta no recibe agua**

de la reposición frecuente del agua consumida y lo hace más susceptible a “estrés hídrico” cuando el clima es más seco y caluroso (Sneh, 2006).

- Las raíces exploran menos suelo en busca de agua y nutrientes (Yoel Bar, 2006).
- Es necesario personal más calificado (Sneh, 2006).

Es importante tener en cuenta que se debe realizar un adecuado mantenimiento a las mangueras después de cada ciclo de cultivo buscando asegurar que no hayan goteros taponados que impidan el paso del agua. De igual manera, durante el desarrollo del cultivo es preciso inspeccionar permanentemente el funcionamiento de cada gotero y evitar taponar las mangueras durante el aporque (Figura 6.18).



**Figura 6.18. Taponamiento de las mangueras por aporques de tierra**



## Factores que afectan la distribución del agua en el suelo

Los principales factores que determinan la distribución del agua y de los solutos en el volumen del suelo mojado por el riego por goteo son:

- **Las propiedades del suelo.** En suelos de textura fina la succión capilar supera la atracción gravitacional, lo cual significa que la dimensión horizontal del volumen del suelo humedecido es mayor que la dimensión vertical. El volumen mojado asemeja la forma de una cebolla; en suelos de textura franca (mediana), el volumen mojado asemeja la forma de una pera; y en suelos de textura gruesa, donde el flujo vertical supera al horizontal, es semejante a la forma de una zanahoria (Sneh, 2006).

En suelos arenosos con gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados, por lo cual en suelos arenosos el bulbo tiene forma alargada y en suelos arcillosos forma achatada (Fuentes, 1991).

- **Disposición de laterales de riego.** El diámetro máximo de bulbo húmedo producido por un gotero instalado sobre la superficie del suelo se obtiene a unos 10 - 30 cm por debajo de esta; en cambio, con el riego por goteo BSS (bajo la superficie del suelo) el diámetro máximo de humedecimiento se obtiene al nivel del lateral. La distancia vertical a la cual asciende el agua (por encima de un gotero instalado BSS) es aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de diámetro mojado en un suelo de textura gruesa y alcanza hasta  $\frac{1}{2}$  diámetro en un suelo de textura fina (Sneh, 2006).

- **La descarga del emisor.** Cuando el agua empieza a salir por un emisor se forma un pequeño charco, a la vez que el suelo empieza a absorber agua en toda la superficie del mismo. El tamaño del charco depende del caudal que sale por el emisor: a mayor caudal corresponde una superficie mayor del charco y por ende, un bulbo más extendido en sentido horizontal (Fuentes, 1991). Una tasa de aplicación menor humedece menor diámetro y el agua penetra a mayor profundidad del suelo formando un charco sobre la superficie de pequeñas dimensiones; a su vez, una tasa de más aplicación moja mayor diámetro y alcanza menor profundidad. El charco que se forma sobre la superficie tiene un diámetro más representativo en comparación con un gotero de menor descarga (Sneh, 2006).

- **El tiempo de riego.** A medida que aumenta el tiempo de riego (suponiendo un caudal constante en el emisor) el tamaño del bulbo aumenta en profundidad, pero apenas aumenta su extensión en sentido horizontal (Fuentes, 1991).



- **El espaciamiento entre goteros.** Cuando es pequeño y las áreas mojadas solapan, se forma una franja mojada continua. El diámetro humedecido aumenta durante el transcurso del riego hasta que los círculos solapan; una vez que esto sucede, el flujo es principalmente vertical hacia abajo. Con un mayor espaciamiento entre goteros se obtienen bulbos húmedos, de mayor diámetro y de menor profundidad (Sneh, 2006).

- **El volumen de agua aplicado.** Las dimensiones del volumen mojado aumentan radial y verticalmente a medida que se incrementa la dosis de agua (Sneh, 2006).

- **La composición química del agua.** Las sustancias disueltas en el agua de riego pueden afectar su distribución en el suelo; detergentes y otras sustancias presentes en las aguas servidas y en aguas provenientes de escurrimiento superficial reducen la tensión superficial del agua y también su distribución horizontal alrededor del punto de aplicación (Sneh, 2006).

- **La distribución de sales y nutrientes.** Las sales contenidas en el suelo y las aportadas con el agua de riego se mantienen en disolución en el agua del terreno. La planta absorbe el agua y una pequeña parte de las sales, mientras que el resto no son aprovechadas. A medida que disminuye el agua aumenta la concentración de sales, con lo cual crece la concentración osmótica de la disolución y las plantas encuentran mayor dificultad para absorber el agua (Fuentes, 1991).

El agua que asciende a la superficie del suelo por capilaridad arrastra consigo sales en solución. Conforme avanza la evaporación del agua, las sales se acumulan sobre la superficie y en la periferia del círculo humedecido por el gotero se origina una corona de suelo salino; así mismo, se forma una zona en la cual las sales alrededor del bulbo tienden a acumularse. La posición de esta zona salina depende de la eficiencia con la cual las lixivian (Sneh, 2006).

Un manejo adecuado del riego por goteo repone el agua consumida por el cultivo a la frecuencia debida, de forma que dentro del 'bulbo húmedo' el contenido de agua se mantiene alto y la concentración de sales solubles permanece baja. Los nutrientes aplicados conjuntamente con el agua de riego siguen las mismas reglas (Sneh, 2006).

La concentración de sales dentro del bulbo aumenta progresivamente hacia su periferia, sobre todo en la zona superficial, en donde se presenta con frecuencia una corona blanca de sales. Las raíces en las plantas se agrupan en la parte



más húmeda del bulbo, que corresponde a la de menor concentración de sales, en tanto que su periferia del mismo, con mayor concentración, ofrece una barrera que dificulta el paso de las raíces hacia sus zonas exteriores (Fuentes, 1991).

### **Mantenimiento del sistema de riego por goteo** (Sneh, 2006)

Un sistema de riego por goteo requiere mantenimiento cuidadoso. Se debe prestar especial atención a los puntos débiles del sistema:

- Los estrechos conductos de agua en el interior de los goteros son propensos a su obturación.
- Las cintas fabricadas para resistir bajas presiones de operación son sumamente sensibles a reventarse en el momento en que se las expone a picos de presión.
- Los sistemas de filtrado se pueden obstruir por las partículas retenidas, lo cual reduce la capacidad de destilado y ocasiona pérdidas de presión que redundan en el sistema entero.
- Sedimentos tienden a acumularse cerca del extremo final de los portales laterales, por lo que necesitan ser lavados periódicamente.

La mejor forma de realizar el mantenimiento es revisar el sistema entero habitualmente y en forma sistemática, teniendo claro que el intervalo entre las inspecciones depende de la calidad del agua y las características de los componentes del sistema. Las inspecciones pueden hacerse cada semana, cada mes e inclusive cada semestre, si las condiciones son sumamente favorables.

El monitoreo de un sistema de riego por goteo no es una tarea sencilla. Es difícil observar visualmente la uniformidad de la aplicación del agua por los emisores de bajo caudal; sin embargo, es posible evaluar aproximadamente el comportamiento del sistema.

El primer paso es medir la descarga horaria en el medidor/contador de agua en el cabezal principal y compararla con la descarga de diseño, con el número (aproximado) de emisores y su descarga nominal, y con datos de registro anteriores. Cualquier desviación de la descarga de norma es indicio de algún problema, y una descarga inferior a la del diseño es indicio de obturación. Por otro lado, una descarga superior a la del diseño puede ser síntoma de la ruptura de



alguna tubería, ya sea a nivel de la instalación de conducción, de algún portalaterales o lateral. Al existir una operación imperfecta del sistema, se manifiesta visualmente en plantas estresadas y escurrimiento superficial del agua.

El segundo paso consiste en chequear todos los manómetros y tomas de presión en el sistema y comparar la presión durante cada turno con la de diseño. Tanto los reguladores mecánicos como los hidráulicos emplean resortes, los cuales se debilitan con el tiempo, por lo que deben ser revisados y calibrados por lo menos cada dos años.

Si el sistema incluye una unidad de bombeo, es recomendable darle el mantenimiento indicado por el fabricante con respecto a su lineamiento, lubricación, engrasado, etc. Siendo que la bomba y el motor se desgastan, lo mejor es realizar una evaluación periódica, por lo menos cada 5 años o en un tiempo menor si el agua llegase a acarrear arena. Estos cuidados garantizan la prolongación de la vida útil del equipo.

El lavado periódico de las tuberías de conducción, los porta-laterales y laterales, es una tarea necesaria e indispensable para el mantenimiento del sistema. La mejor forma de realizar este lavado manualmente es abrir gradualmente, uno a uno, los extremos finales de las tuberías mencionadas y dejar fluir el agua hasta que comienza a salir limpia. También es posible instalar válvulas de lavado automático al extremo de los laterales, las cuales permanecen abiertas por corto tiempo al inicio de cada turno de riego.

Durante el lavado se libera el aire atrapado en los laterales, sobre todo si el terreno tiene ondulaciones. Para expulsar el aire se requiere de una velocidad mínima de 0,5 a 0,6 m/s a la salida del lateral.

Así mismo, se ha de chequear la operación del equipo para la inyección de agroquímicos al sistema. Una concentración excesiva de fertilizantes puede ocasionar daños por exceso de sales, y un desperfecto de operación puede combinar agroquímicos incompatibles o producir antagonismo entre ellos (Sneh, 2006).

### **Taponamientos del sistema de riego**

Uno de los problemas más frecuentes en los sistemas de riego por goteo es el taponamiento de los emisores, lo que causa una deficiente operación de dichos sistemas principalmente por el tamaño de los conductos hidráulicos en los emisores, la baja velocidad del agua en varias partes del sistema y los contaminantes que viajan junto con el líquido de riego (Zazueta, 1992).



Las obstrucciones en el sistema de riego tienen como consecuencia una disminución en la uniformidad de la aplicación del agua y los fertilizantes. Un taponamiento severo lleva a una pérdida del control sobre el manejo del agua y, en casos extremos, inutiliza el sistema de riego. Las causas del atascamiento pueden ser de origen físico, químico o biológico (Rodríguez, 2004).

Los contaminantes físicos pueden entorpecer el sistema simplemente por ser de un tamaño mayor al del conducto por donde circulan, o por sedimentarse dentro de la tubería y reducir la sección hidráulica.

Entre las causas químicas de taponamiento está la calidad química del agua o los productos que se introducen al sistema para la fertirrigación, mientras que los atascos de origen biológico son más persistentes y requieren de un manejo de mayor intensidad. Tanto la actividad bacteriana como sus subproductos originan depósitos de lama en las paredes de las tuberías y emisores, y las partículas suspendidas tienden a aglutinarse con las lamas, teniendo como resultado una obstaculización interna en el sistema de riego (Rodríguez, 2004).

Para el control de los taponamientos originados por causas biológicas existen diversos tratamientos: el mejor método para el control de algas es evitar que a estas les llegue la luz cerrando los depósitos de agua y las tuberías de transporte, lo cual trae como ventaja adicional que se puedan evitar contaminaciones de agua por fitopatógenos. Por otro lado, el cloro para el control de algas y microorganismos es una de las formas más recomendadas, aplicando el hipoclorito al 10% a razón de 200 cc por cada m<sup>3</sup> de agua (Zazueta, 1992).

### **Descripción de Sistema de Riego por Goteo** (Terán *et al.*, 2007)

- **Cabezal de bombeo**

Compuesto por el equipo de bombeo, el dispositivo de inyección de fertilizantes, el sistema de filtrado, los controles de los tanques, las válvulas, etc.

- **Equipo de bombeo**

Tiene como función suministrar la energía necesaria para que trabaje la instalación.

- **Equipo de inyección de fertilizantes**

Permite la incorporación de elementos nutritivos directamente al agua de riego.



- **Sistema de filtrado:** incluye todos los elementos necesarios para evitar la entrada de sustancias en suspensión en las redes de riego. Entre los más conocidos se encuentran los filtros de arena, de mallas y de discos.

-Los filtros de arena son tanques a presión que se llenan con algún tipo de arena con gradación de partículas. La mayoría de los filtros de arena usados en agricultura son del tipo vertical en lugar de horizontal; en ellos, la arena es retenida en el tanque por un drenaje subyacente, el cual tiene orificios pequeños que impiden la salida de las partículas, aunque sí permiten que el agua limpia pase hacia el sistema de riego. La entrada al interior del tanque está equipada con una platina difusora, cuya función es esparcir uniformemente el agua que ingresa sobre el lecho de arena.

Los filtros han sido tradicionalmente los sistemas más populares cuando se deben depurar aguas sucias. Son excelentes para la remoción de elevada suciedad de material orgánico y/o inorgánico. La profundidad del lecho de arena proporciona entonces un proceso de filtrado en tres dimensiones, en comparación con el filtro de mallas, lo que permite mayor capacidad de retención de basuras. Las arcillas y los limos muy finos usualmente no son removidos por los filtros de arena usados en agricultura.

-Los filtros de mallas están constituidos por cilindros metálicos o de material plástico anticorrosivo que llevan en su interior una serie de discos concéntricos de redes finas, las cuales deben atravesar el agua depositando en ellas las partículas en suspensión.

-En los filtros de discos el elemento filtrante consta de anillos ranurados múltiples con un hueco en el centro; cuando estos discos se disponen herméticamente juntos forman un cuerpo filtrante cilíndrico, el cual tiene alguna semejanza con una malla tubular profunda. El grado de filtrado depende del número de ranuras en cada uno de los anillos, que comúnmente se codifican por color para fines de identificación; las opciones típicas corresponden al tamaño de tamaños 40, 80, 120, 140 y 200. La posición de las ranuras de cada disco en relación con los discos adyacentes es al azar, de manera tal que se forme algo así como una matriz de varias mallas.

Los filtros de discos se seleccionan con frecuencia para caudales muy pequeños, menores de 5,7 m<sup>3</sup>/ha (25 galones/minuto, GPM), puesto que tienen una capacidad de retención de suciedad mucho mayor que las mallas y a que los filtros de tanques de arena no se encuentran generalmente a precios razonables



para pequeños caudales. Las unidades pequeñas a menudo están compuestas de solo un elemento de filtro, el cual debe desensamblarse y limpiarse manualmente con una manguera y agua a presión.

**Controles:** existe un conjunto de controles orientados a múltiples usos y que cumplen variadas funciones dentro del sistema de riego, como los controles de presión y las válvulas de distribución y de aire.

Para obtener una buena eficiencia de riego, los reguladores de presión son imprescindibles, ya que buscan evitar en los ramales de riego variaciones de presión, las que ocurren por las diferentes condiciones de funcionamiento.

Las válvulas de distribución se usan para sectorizar el riego y evitar que, en caso de mal funcionamiento o roturas, ocurran pérdidas innecesarias; así mismo, permiten el correcto trabajo de las zonas o sectores no afectados en los que no se irrumpe el riego.

Por su parte, las válvulas de aire son esenciales en los sistemas de riego por goteo, ya que:

1. Regulan la salida de grandes volúmenes de aire al arrancar el sistema, previniendo roturas y bloqueos por acción del aire y el golpe de ariete. Esto ocurre con válvulas especiales, las cuales funcionan solamente antes de que el sistema esté bajo presión.
2. Salida continua de aire después de que el sistema ha sido presurizado. De nuevo, las válvulas son necesarias para prevenir el golpe de ariete y los bloqueos por aire, lo que requiere una válvula de aire especial que tiene un orificio más pequeño que el de las válvulas de salida de grandes volúmenes de aire.
3. Previenen la creación de vacíos en las líneas después de apagado el sistema. En general, la función de alivio de vacíos es parte del diseño de las válvulas de salida de grandes volúmenes de aire.

**Red de distribución:** comprende las tuberías principales y secundarias que conducen el agua desde el cabezal a la red de riego. Dichas tuberías suelen ser de PVC o mangueras de polietileno de baja densidad, y sus diámetros dependen del diseño previo, el cual debe ser proporcional al tamaño de la instalación, la distancia respecto de la toma de agua y al caudal manejado.



**Red de riego:** comprende el múltiple y las líneas de riego, que son las conducciones que tienen los emisores o dispositivos que suministran el agua. La selección de las líneas de riego depende de su longitud y de las necesidades de cada cultivo. Los diámetros comerciales más utilizados son de 12 y 16 mm, y el material más utilizado es el polietileno, sobre el cual pueden ir insertados los emisores; sin embargo, previamente se debe especificar al fabricante la separación entre estos. Para estas mangueras se utilizan goteros con caudales que van desde 1 L/h hasta 12 L/h, siendo los de 2 L/h los más comunes. En el caso de cultivos más extensivos como frutales y árboles, se utilizan caudales más altos (Terán *et al.*, 2007).

### Requerimientos de agua del cultivo

La cantidad de agua a aplicar al cultivo de tomate dependerá de factores como: las condiciones climáticas del lugar (temperatura, humedad relativa, radiación y vientos), tipo de suelo, estado de desarrollo del cultivo y pendiente del terreno. El primer riego debe realizarse inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas y luego es conveniente realizar riegos periódicos para mantener un adecuado nivel de humedad durante todo el ciclo de desarrollo de la planta. Los riegos no se deben efectuar en las horas de la tarde, porque la evaporación del agua aumenta la humedad relativa dentro del invernadero en las horas de la noche y la madrugada, lo que conlleva a problemas de enfermedades en las plantas, siendo ideal regar el cultivo en horas de la mañana (Medina *et al.*, 2001; Shany, 2007).

El periodo crítico para el tomate comienza a los 15 días después de iniciada la floración, si bien se debe regar desde el momento del trasplante con la frecuencia adecuada según el tipo de suelo, la evapotranspiración y la fonología del cultivo (Shany, 2007).

La frecuencia de irrigación varía de acuerdo con el tipo de suelo, ya que en terrenos arenosos la irrigación es aplicada una o dos veces por día, en los medianamente pesados el intervalo de riegos es más largo según el contenido de humedad en la zona de raíces, y en suelos medianos, la frecuencia de irrigación puede ser de tres a cinco días. En general, los intervalos de la irrigación no deben ser muy cortos, porque estos no facilitan el desarrollo de un sistema de raíces bien profundo y ramificado como respuesta de la planta a la búsqueda de agua (Shany, 2007).

La parte aérea de la planta nunca debe mojarse, preservando así su sanidad y evitando la proliferación de enfermedades, razón por la que se debe evitar la irrigación por aspersion.



El exceso de agua provoca un crecimiento acelerado en las plantas, retarda la maduración de los frutos e incrementa la humedad relativa en el invernadero, puesto que se presentan la caída de flores, la aparición de disturbios fisiológicos en los frutos y la presencia de enfermedades radiculares y del follaje. La solución en el cultivo de tomate bajo invernadero es implementar la tecnología de riego por goteo, que es la más eficiente, tiene menos pérdida de agua y evita humedecer el follaje. Es importante implementar el uso de tensiómetros para determinar el momento oportuno del riego del cultivo.

Durante todo el ciclo del cultivo –principalmente antes de la formación de frutos– el riego debe ser en periodos cortos pero frecuentes, buscando así mantener la humedad del suelo cuando la planta inicia el cuajado de frutos. Si hay deficiencia de agua durante la época de formación y llenado de frutos se dificultará la absorción de nutrientes (en especial de calcio), además de producirse aborto floral, caída de frutos pequeños, malformación de frutos, reducción del número de racimos florales y en general disminución de la productividad de la planta y la vida productiva de la misma. El consumo de agua se incrementa, manteniéndose esta alta demanda de agua hasta la época de mayor carga de frutos, y poco a poco va disminuyendo hasta el final del cultivo (Medina *et al.*, 2001; Zeidan, 2005).

La mayor necesidad de agua por parte del cultivo ocurre cuando se realiza el trasplante y al estar en periodo de floración, continuando hasta el llenado de los últimos racimos (Tabla 6.8). La literatura menciona que una planta de tomate consume diariamente de 1 a 1,5 litros de agua diarios, dependiendo de la variedad y del estado de desarrollo de la planta, por lo que nunca se debe dejar que el suelo se seque demasiado y luego, repentinamente, aplicar grandes cantidades de agua, pues esto ocasiona daños en las plantas, como por ejemplo, el agrietamiento en los frutos.

### Estimación de las necesidades de agua

Existen diversos aparatos para estimar la necesidad del agua de riego, siendo el tensiómetro el más utilizado en nuestro medio.

- **Tensiómetro:** el tensiómetro mide la mayor o menor fuerza de succión que tienen que ejercer las raíces para absorber el agua del suelo. Consta esencialmente de un tubo lleno de agua, una cápsula de cerámica porosa en un extremo y un manómetro o medidor de vacío en el otro extremo. El tubo se instala en el



**Tabla 6.8. Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero**

**Necesidad diaria (litros/m<sup>2</sup>/día)**

Semana de trasplante	Estado de desarrollo	Mínimo	Máximo
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2 - 5	1 ° a 4° racimo floral	1,5	3,0
6	5° racimo floral	3,5	3,5
7 - 9	6° racimo floral	3,5	4,0
10 - 11	7 ° a 8° racimo floral	4,0	4,5
12 - 15	Inicio de cosecha	4,5	5,5
16 - 17		5,0	6,5
18 - 20		5,5	6,0
21 - 23		5,0	5,0
24 - 25		5,0	5,0
25		5,0	5,0
27		5,0	5,0

Fuente: Medina *et al.*, 2001

suelo, colocando la punta de cerámica a la profundidad que se desea medir la humedad; lo ideal es ubicarlo a una profundidad de 25 a 50 cm y a una distancia de 10 cm después de los goteros y de la planta, y el manómetro va por encima de la superficie (Figura 6.19) (Fuentes, 1991).



**Figura 6.19. Ubicación del tensiómetro en campo**

A medida que el terreno se seca, el agua del tubo pasa hacia el suelo a través de la cápsula de cerámica, con lo cual se crea un vacío dentro del tubo que es



registrado por el manómetro. Cuanto más seco está el suelo, mayor cantidad de agua sale del tubo, la cual es registrada por el manómetro. El tensiómetro lleva una escala dividida de 1 a 100 centibares, lecturas que indican el vacío creado en el tubo, indirectamente proporcional al contenido de humedad: las lecturas altas indican un suelo con poca humedad, mientras que las lecturas bajas indican un suelo con mucha humedad (Fuentes, 1991; Aparecido *et al.*, 1998).

El tensiómetro se coloca en el suelo de tal forma que la cápsula de porcelana porosa esté en contacto íntimo con la tierra. Para ello, se abre en el suelo un agujero con la ayuda de una barra del mismo grosor que el tensiómetro y a continuación se introduce el tubo, se aprieta y por último se humedece la tierra de alrededor (Fuentes, 1991; Aparecido *et al.*, 1998).

Los tensiómetros deben ser leídos diariamente en una hora fija, preferiblemente en la mañana, haciéndose necesario llevar un registro que permita sacar conclusiones para el manejo de la irrigación.

La interpretación de las lecturas del tensiómetro es:

- De 0 a 10: indica suelo saturado. Esta lectura se da después de un riego.
- De 10 a 20: indica que el suelo está a la capacidad de campo. Es la lectura que se debe mantener en riego por goteo.
- De 30 a 60: humedad útil pero escasa para el riego por goteo
- Superior a 70: las plantas no disponen de toda el agua necesaria para su crecimiento.

El mantenimiento de los tensiómetros en el campo debe ser realizado semanalmente o cuando se encuentren problemas de mal funcionamiento y/o presencia de aire en la parte superior del tubo después de la irrigación; es ahí cuando se debe retirar la tapa y completar el agua faltante con agua destilada o hervida. En caso de que el tensiómetro no funcione correctamente, se recomienda verificar su calibración, y de seguir fallando, debe sustituirse. Es preciso evitar el pisoteo alrededor del equipo para evitar alterar las características físicas del suelo (Aparecido *et al.*, 1998).

## Disponibilidad y calidad del recurso agua

El suministro de recursos de agua fácilmente accesibles está limitado actualmente a nivel mundial. Considerando que no toda el agua puede ser utilizada sino que una parte de las aguas superficiales debe ser dejada en los ríos para



salvaguardar el medio ambiente, más de la mitad de la escorrentía accesible está ya comprometida; en las regiones áridas y semiáridas, en países densamente poblados y en la mayoría del mundo industrializado existe una competencia por los escasos recursos de agua (Chanduvi y Prieto-Celi, 2000).

La calidad del agua de uso agrícola varía especialmente entre las aguas superficiales que pueden estar expuestas a contaminación temporal e intermitente, como descargas de aguas de desagües contaminados procedentes de la crianza de ganado en terrenos situados en la parte alta de la corriente. El agua subterránea que se ve afectada por el agua superficial, como la de los pozos viejos con grietas en su revestimiento, también puede estar expuesta a contaminación. Entre las fuentes típicas de agua para la agricultura se encuentran: el agua de corrientes superficiales como los ríos, riachuelos, acequias y canales descubiertos; el agua de reserva como los pantanos, estanques y lagos; el agua subterránea procedente de pozos y el agua de suministro municipal (Usda, 1998).

Una vez que se haya identificado la fuente de agua de riego se deben reconocer las posibles causas de contaminación para así evitarlas, tomando medidas preventivas o utilizando algún tipo de tratamiento como medida correctiva para tener mejor calidad de agua. Entre las fuentes de contaminación podemos mencionar las siguientes:

- Los desechos orgánicos de los seres humanos y/o animales que habitan en los alrededores de la fuente de agua y a lo largo de la misma.
- El mal drenaje de las letrinas que llega a contaminar la fuente de agua.
- La cercanía de crianza de ganado, cerdos, aves u otros tipos de animales a lo largo de la fuente de agua.

No todos los agricultores cuentan con la suerte de tener agua de riego de buena calidad, y muchas veces no se pueden controlar los factores externos que la contaminan, por lo que es necesario buscar otras fuentes, cambiar estas prácticas y/o tratar el agua para lavar el producto cosechado con un agua de mejor calidad.

Algunas opciones en el caso de no tener agua de buena calidad son:

- Utilizar agua de pozo o de acueducto: los pozos manuales o mecánicos deben estar cubiertos con sello hermético, ser impermeables para evitar la infiltración, y tener un brocal para evitar infiltración y un ribete que impida charcos de agua alrededor del pozo o agua estancada.



- Cambiar las prácticas de riego: adoptar prácticas que minimicen el contacto entre el agua y la parte comestible de la planta, como el riego por goteo, surcos, mangueras bajo tierra y el uso de aspersores de bajo volumen.
- Utilizar agua tratada para lavar los productos: almacenar el agua en tanques para que pueda ser tratada, ya sea con filtros y/o cloro, dejándola a una concentración de 0,5 a 1 ppm de cloro.

### Aspectos legales del uso del agua

En Colombia existen dos decretos importantes acerca del uso de dicho recurso: el 1594 y el 1541 del Ministerio de Justicia. Sobre el primero, en el artículo 40 básicamente se contemplan los criterios admisibles del agua para uso agrícola, la cantidad de coliformes fecales admitida y los análisis que se le deben realizar al agua para uso agrícola.

En la Tabla 6.9 se describen los criterios admisibles para la destinación del recurso agua para uso agrícola:

**Tabla 6.9. Criterios admisibles del agua para uso agrícola**

REFERENCIA	EXPRESADA COMO	VALOR mg/Lt
Aluminio	Al	5
Arsénico	As	0,1
Berilio	Be	0,1
Cadmio	Cd	0,01
Zinc	Zn	2
Cobalto	Co	0,05
Cobre	Cu	0,2
Cromo	Cr	0,1
Flúor	F	1
Hierro	Fe	5
Litio	Li	2,5
Manganeso	Mn	0,2
Molibdeno	Mo	0,01



Níquel	Ni	0,2
Ph	Unidades	4,5 - 9
Plomo	Pb	5
Selenio	Se	0,02
Vanadio	V	0,1
Boro	B	0,3 - 0,4

El Nivel Máximo Permitido de coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 cuando se use para riego de cultivos y tendrán que hacerse mediciones al agua sobre las siguientes características:

- a. Conductividad.
- b. Relación de absorción de sodio (RAS).
- c. Porcentaje de sodio posible (PSP).
- d. Salinidad efectiva y potencial.
- e. Carbonato de sodio residual.
- f. Radionucleidos.

Así mismo, el artículo 71 del Decreto 1495 hace relación al control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, donde:

- a. Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- b. Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- c. La aplicación de agroquímicos en cultivos que demanden áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de la entidad encargada del manejo y la administración del recurso.

Finalmente, el artículo 130 del Decreto 1495 hace mención de que todo usuario del recurso hídrico para efectos de vertimientos requiere autorización sanitaria de funcionamiento, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad encargada del manejo y la administración del recurso, y que se cobrarán multas a quienes utilicen de forma directa o indirecta los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas.



## Calidad del agua y su influencia en la fertirrigación

Cualquiera que sea la estructura de riego que tenga cada agricultor, es necesario hacer el análisis microbiológico del agua en forma periódica (cada 3 a 6 meses).

Un análisis típico en laboratorio de la calidad del agua incluye la determinación de la conductividad eléctrica (CE), el total de sólidos disueltos (TSD), un recuento total de bacterias (RCT) y coliformes totales; y si se sospecha de algún brote de enfermedad también se debe analizar la presencia de dicho microorganismo (virus o parásitos), la concentración de cationes y aniones individuales (tales como calcio, magnesio, manganeso, sodio, carbonato, bicarbonato, nitrato, cloruro, hierro y sulfato). Además, se debe evaluar la concentración de boro, pH y la tasa de absorción de sodio (Nathan, 2005).

La evaluación del agua para microrriego debe incluir también el análisis de contaminantes biológicos, químicos y físicos que contribuyen a obstruir el orificio de los emisores (Figura 6.20).



**Figura 6.20. Toma de muestra de aguas para evaluación de contaminantes biológicos, químicos y físicos**

### pH

El pH del agua es probablemente el indicador más importante de problemas potenciales. Este expresa la concentración de los iones de hidrógeno ( $H^+$ ) y la acidez relativa del agua. Valores de pH del agua por encima de 7,8 generalmente indican problemas potenciales con los iones carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) o bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) precipitando dentro de los accesorios del sistema (Nathan, 2005).



### **Conductividad eléctrica (CE)**

La CE del agua de riego nos da una estimación de problemas potenciales de salinidad del suelo, la cual se expresa en términos de CE medida en un extracto tomado en una pasta de suelo saturado. Debido a la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas, gran parte del agua aplicada al suelo se pierde, dejando a la mayoría de las sales solubles en él. En regiones áridas y semiáridas es importante aplicar grandes cantidades de agua para mantener la productividad de la mayoría de los suelos regados (Nathan, 2005).

### **Sales disueltas**

En una muestra típica de agua de riego existen muchas sales disueltas, por lo que un análisis completo mostrará la concentración de cada uno de los iones individuales.

### **Calcio y magnesio**

El calcio y el magnesio son los cationes divalentes principales tanto en el agua de riego como en la solución del suelo. Su concentración afecta enormemente la estructura y la tasa de infiltración del terreno, por lo que el calcio juega un rol preponderante en la formación de precipitados del agua aplicada sobre el follaje de las plantas.

### **Sodio**

El efecto principal del sodio es su influencia negativa sobre la estructura del suelo. El sodio puede también tener un efecto negativo sobre las plantas cuando la absorción es excesiva.

### **Potasio**

No es común que se presenten altos niveles de potasio en el agua de riego. En algunas regiones se usa para regar agua con una concentración muy baja de sal; en estos casos, el potasio monovalente puede comportarse como el sodio, causando la descomposición de la estructura del suelo y el sellado de su superficie.

### **Azufre y nitrógeno**

El azufre, tanto en estado de sulfuro ( $S^{-}$ ) como de sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), es analizado en el agua. El sulfato es la forma de azufre absorbida por las plantas. El agua de riego puede aportar una cantidad significativa de los requerimientos de azufre de la planta. Por su parte, el nitrato ( $NO_3^{-}$ ) es la forma de nitrógeno que se analiza en el agua de riego, debido a que altos niveles de este pueden contribuir de forma significativa a la cantidad de nitrógeno disponible para la planta.



### **Carbonato y bicarbonato**

Tanto los iones de carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) como los de bicarbonato afectan en forma significativa sobre el agua, el pH del suelo y la relación calcio/sodio. El agua de los canales porta una gran parte del flujo de retorno, mientras que pozos profundos pueden contener altos niveles de bicarbonato. La concentración relativa de carbono (en forma de carbonato) y del bicarbonato, depende del pH del agua, por lo que para un pH de 10,5 las concentraciones de carbonato y bicarbonato serán aproximadamente iguales en la muestra de agua.

A medida que el pH asciende, la proporción de bicarbonato aumenta continuamente hasta que todo el carbono se encuentra en esa forma. A un pH aproximado de 8,5 la totalidad del carbono se encuentra en forma de bicarbonato. El agua con una alta concentración de bicarbonato causa un incremento continuo del pH del suelo debido a que el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) precipita, es decir que un pH elevado puede causar deficiencias en micronutrientes, especialmente de hierro.

### **Boros y cloruros**

En muchas regiones el agua de riego contiene una elevada concentración de boro y de cloruros, lo que puede representar un peligro específico (Nathan, 2005).

### **Interacción calidad de agua y fertilizantes**

El agua de riego lleva sales en disolución, haciéndose preciso conocer las concentraciones de esas sales y las posibles interacciones para emplearlas en el fertirriego. El agua como vehículo de los fertilizantes debe tener ciertos requisitos para su uso, aun cuando el fertirriego nos permite el empleo de aguas con alta conductividad eléctrica (CE) como parte de las bondades del sistema, pero puede que algunas de esas interacciones causen diversos problemas, como son la formación de precipitados en el tanque de fertirrigación y la obstrucción de los goteros y filtros.

El agua con altos contenidos de calcio y bicarbonato y el uso de sulfatos causa precipitación de  $\text{CaSO}_4$ , así como el empleo de urea induce la precipitación de  $\text{CaCO}_3$  debido al incremento del pH. Desde el punto de vista químico, es necesario conocer el pH, la CE y la concentración de sales (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y boratos), ya que los mismos pueden interactuar en forma negativa en el fertirriego (Moratinos y Zapata, 2004).

Algunos parámetros con sus respectivos valores en un rango normal para las aguas de riego se presentan en la Tabla 6.10.



**Tabla 6.10. Análisis de laboratorio necesarios para evaluar las aguas de riego**

	PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDADES	VALORES NORMALES
SALINIDAD	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	C.E.	ds/m	0 - 3
	TOTAL DE SÓLIDOS EN SOLUCIÓN	T.D.S.	mg/l	0,2
	CALCIO	Ca	meq/l	0 - 20
	MAGNESIO	Mg	meq/l	0 - 5
	SODIO	Na	meq/l	0 - 40
	CARBONATOS	CO <sub>3</sub>	meq/l	0 - 0,1
	BICARBONATOS	HCO <sub>3</sub>	meq/l	0 - 10
	COLORO	Cl	meq/l	0 - 30
NUTRIENTES	SULFATOS	SO <sub>4</sub>	meq/l	0 - 20
	NITRÓGENO NÍTRICO	N(NO <sub>3</sub> )	mg/l	0 - 10
	NITRÓGENO AMONICAL	N(NH <sub>4</sub> )	mg/l	0 - 5
	FOSFATO	PO <sub>4</sub>	mg/l	0 - 2
OTROS	POTASIO	K	mg/l	0 - 2
	BORO	B	mg/l	0 - 2
	ACIDEZ O BASICIDAD	Ph	1 - 14	6,8 - 8,5
	R.A.S		meq/l	0 - 15

Fuente: Ayers y Wescot, 1987

## FERTIRRIEGO

Es la aplicación de agua combinada con fertilizantes a través del sistema de riego, en la que se inyecta una solución de fertilizante al sistema para que ambos se distribuyan de la forma más uniforme posible en el volumen de suelo húmedo. El objetivo es mantener la disponibilidad de agua y elementos nutritivos en la zona radicular a niveles óptimos (Figura 6.21) (Guzmán y López, 2004; Moratinos y Zapata, 2004).

La aplicación del fertilizante por medio de un sistema de riego que no humedezca toda la superficie del terreno evita desperdicios y pérdidas de fertilizante en la zona seca (Sapir y Sneh, 2005).

La fertirrigación realizada en un sistema de riego por goteo ofrece las siguientes ventajas y limitaciones con respecto a la fertilización edáfica (Guzmán y López, 2004; Nathan, 2005):





**Figura 6.21. Equipo mínimo de riego**

### **Ventajas** (Nathan, 2005)

- **Mayor eficiencia:**

- Mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los materiales como consecuencia de su previa disolución en el agua de riego.
- Cada planta en el campo recibe los nutrientes en forma exacta
- La penetración al suelo es mejor y más rápida
- Tiene la posibilidad de dividir la dosis anual de los fertilizantes en muchas porciones; de esta manera, se incrementa la disponibilidad de los nutrientes.
- Las pérdidas de nutrientes desde la superficie serán inferiores, por ejemplo, el detrimento de nitrógeno por volatilización.
- La posibilidad de adaptar la nutrición a las distintas etapas del desarrollo fenológico del cultivo, como la floración, cuajado, crecimiento vegetativo, etc.
- La fertirrigación permite aplicar los nutrientes según las necesidades del cultivo, posibilitando modificar la relación entre ellos.
- El reducir las dosis recomendadas en pequeñas porciones puede minimizar la cantidad total de fertilizantes en un tercio.

- **Control y dosificación:**

- Se pueden aplicar cantidades exactas de fertilizante a través de sistemas de control automáticos, según un programa preestablecido.
- Existe la posibilidad de controlar el proceso en forma absoluta, lo que permite la aplicación de micronutrientes a través del sistema de riego. Los mi-



cronutrientes son sustancias caras y, por medio de la aplicación continua y repetida en pequeñas porciones durante un periodo de tiempo prolongado, se puede incrementar la disponibilidad de los mismos en forma significativa, especialmente en suelos marginales, reemplazando el tratamiento de las aplicaciones foliares.

- La fertirrigación se adapta fácilmente a sistemas de control de riego automáticos, lo que incrementa la exactitud.

- **Control de profundidad y momento de aplicación:**

- Las frecuentes aplicaciones en pequeñas dosis evita la pérdida de fertilizantes; esta reducción en las pérdidas se debe a una disminución de la lixiviación por efecto de fuertes lluvias por debajo del sistema radicular de la planta. En muchas zonas tropicales se practica la fertirrigación únicamente con este objetivo.
- Existen situaciones en las cuales –dependiendo del tipo de suelo, fertilizante y cultivo– es importante aplicar el fertilizante hacia el final del ciclo de riego para evitar la lixiviación; por consiguiente, la fertirrigación permite mantener un nivel nutritivo adecuado en los suelos pobres (con baja capacidad de retención de nutrientes) posibilitando el cultivo en suelos marginales, además de la posibilidad de controlar la profundidad y el momento de aplicación, evitando que sustancias químicas contaminen las aguas subterráneas.

Se puede añadir a todo esto que:

- La operación de los sistemas es rápida y cómoda
- Se ahorra mano de obra y energía
- No se necesita maquinaria especial para la aplicación de los fertilizantes

Otras aplicaciones:

- La aplicación de otras sustancias químicas a través del sistema de riego constituye una ventaja más.

### **Limitaciones** (Nathan, 2005)

- **Toxicidad:**

Muchas estructuras de riego están ligadas a sistemas de agua potable. El agua que contiene sustancias químicas no debe ser bebida por seres humanos



ni por animales, por lo que es importante advertir en forma visible, tanto a los trabajadores como a los transeúntes, del peligro de beber esta fuente de agua. Así mismo es necesario que una fuente de agua esté disponible.

- **Contaminación de aguas subterráneas:**

Lo que antes fue mencionado como una ventaja puede constituirse en una limitación cuando no se emplean sistemas exactos de monitoreo de riego, puesto que el exceso de agua con sustancias químicas puede llegar a aguas subterráneas.

- **Adaptabilidad del fertilizante:**

La fertirrigación exige el uso de fertilizantes líquidos o sólidos solubles. Los fertilizantes que no sean fácilmente solubles, no se adaptan a esta tecnología.

- **Interacciones entre sustancias inyectadas y el agua de riego:**

- Todas las sustancias a inyectar en el sistema de riego deben ser evaluadas para determinar si causarán alguna reacción química indeseada. Por ejemplo, las fuentes comunes de cloro son agentes oxidantes, lo que causa precipitación de carbonato de calcio y de magnesio, al igual que la de óxidos de hierro (herrumbre), etc.
- Los fertilizantes fosfatados, tales como el superfosfato, pueden reaccionar con el calcio presente en el agua de riego y precipitar.
- Muchos fertilizantes causan un incremento en el pH del agua de riego, aumentando el riesgo de las precipitaciones.

- **Peligro de corrosión:**

La corrosión de los componentes del sistema puede ser un problema serio. Todas las partes que entran en contacto con soluciones concentradas y/o con sustancias químicas inyectadas deben estar hechas con materiales resistentes a la corrosión para reducirla al mínimo (Nathan, 2005).

## Manejo de la fertirrigación

Para que la fertirrigación sea eficiente, el sistema de riego debe ser manejado apropiadamente. Tanto el intervalo como la lámina de riego deben ser determinados utilizando procedimientos científicos. La aplicación de un exceso de agua a la planta no solo constituye un uso ineficiente de este recurso sino que traerá



como consecuencia el lavado de sustancias químicas y de nutrientes necesarios para el sistema radicular. Esto tiene un efecto negativo doble, ya que por un lado se están desperdiciando sustancias químicas de valor para la planta y además se está aumentando la polución de las aguas subterráneas (Nathan, 2005).

Igualmente, las aplicaciones de sustancias químicas deben ser planeadas según el calendario de riego y no viceversa. Los riegos tienen que ser aplicados de acuerdo con las necesidades del cultivo y no por un calendario arbitrario preestablecido. Es necesario conocer la lámina a aplicar, lo mismo que el intervalo para poder proceder a la calibración y operación apropiada del sistema de inyección. Es por eso que el productor recibe recomendaciones en términos de la cantidad de fertilizante a aplicar en forma de tablas basadas en análisis de laboratorio de suelo o unidades: cantidad de fertilizante por peso y por volumen, cantidad de nutrientes a aplicar por unidad de terreno, concentración de los nutrientes en el agua de riego y concentración del fertilizante en el agua de riego, entre otros. Con el fin de poder implementar estas recomendaciones, es indispensable traducirlas en instrucciones prácticas, tomando en cuenta el equipo disponible en cada parcela; por lo tanto, se requiere calibración (Nathan, 2005).

Como parte integral del paquete tecnológico, también la fertilización tiene que ser precisa e intensiva. Cuando la aplicación de los fertilizantes es a través del riego (fertirrigación o fertirriego), las dosis a aplicar se pueden determinar según el método cuantitativo o el método proporcional, teniendo los dos finalmente similares objetivos: acompañar el requerimiento nutricional diario del cultivo según su ritmo de desarrollo y aportar la cantidad de elementos que necesita la planta en un ciclo completo de cultivo (Shany, 2007).

- **La fertilización cuantitativa:** en el método cuantitativo, el cálculo se basa en las cantidades de nutrientes que la planta requiere en cada etapa del cultivo, las cuales deben ser suministradas según los días que han pasado desde el último riego. Si, por ejemplo, en tomate sabemos que la cantidad diaria de nitrógeno que requiere el cultivo en su segunda etapa (floración hasta el cuaje del tercer piso) es de 250 - 300 g N por día por 1.000 m<sup>2</sup> y si el riego se realiza cada tres días, entonces la cantidad de nitrógeno puro por 1.000 m<sup>2</sup> a aplicar en cada riego será de 750 - 900 g (esta cantidad es del elemento puro y hay que traducirla a términos de fertilizante comercial). Ya en la tercera etapa (la principal de la producción) la cantidad se duplica. Este cálculo se basa en la cantidad total del nutriente que la planta aprovecha en un ciclo completo del cultivo, dividida por los días efectivos del cultivo y ajustada a la etapa específica del mismo.



En tomate y en pimiento en invernaderos la cantidad puede ser de 40 - 50 kg de nitrógeno puro por 1.000 m<sup>2</sup> (los cálculos se basan en la cantidad de cada elemento en la materia seca de una planta desarrollada, multiplicada por el factor de la eficiencia del elemento en el suelo).

En hortalizas, las relaciones recomendables entre los elementos principales son:

$$\text{N:P:K:Ca:Mg} = 2:1:3:2:1$$

El calcio en general existe de manera natural en el suelo (o en el agua), y su nivel se mantiene a través de la fertilización básica que se da al cultivo (con el superfosfato por ejemplo), por lo tanto, se suministra solo una parte del calcio vía fertirrigación en la época del cuaje. En sustratos es preciso suministrar toda la cantidad necesaria.

La mayor dosis de potasio y de nitrógeno se aplica en la época de llenado de frutos, mientras que el fósforo se mantiene en el mismo nivel durante todas las etapas del cultivo y su mayor importancia es en la época de la floración y el cuaje. El magnesio se aplica junto con los microelementos (fertilizante compuesto), si es que no se encuentra presente en la fórmula de los macroelementos. En la primera etapa del cultivo (postrasplante) se mantiene la relación de NPK a 1:1:1 y las cantidades son bajas (100 g de nitrógeno por día por 1.000 m<sup>2</sup>). Una parte significativa de los fertilizantes debe ser aplicada como fertilización de base, es decir, debe ser incorporada al suelo antes del trasplante (Shany, 2007).

La fertilización de base es una práctica muy importante. Su objetivo es dejar más tiempo los elementos para que se establezcan y lleguen a un equilibrio con los demás componentes del suelo. Debe recordarse que también en cultivos en sustratos desconectados hay que saturar el sustrato con una solución de fósforo antes del primer trasplante.

La fertilización con microelementos tiene un alto grado de importancia porque estos son esenciales para la planta y tienen que ser parte integral de la fertilización del cultivo, lo que significa que una deficiencia de hierro, manganeso o zinc se refleja inmediatamente en la planta y puede afectar el desarrollo normal del cultivo.

Lo recomendable es realizar antes de cada estación de cultivo un análisis del suelo y, con base en los resultados completar las deficiencias observadas. De vez en cuando también se debe llevar a cabo un análisis foliar. Existen hoy en día



datos precisos para cada cultivo acerca de sus requerimientos de macro y microelementos. En caso de una deficiencia específica, es aconsejable completarla en forma de 'quelatos', a razón de 1 kg de quelato por 1.000 m<sup>2</sup>. En caso de no observarse una deficiencia particular, hay que suministrar semanalmente una cierta cantidad de microelementos, usando abonos compuestos o quelatos separados y teniendo como cantidad recomendable 100 - 200 g por 1.000 m<sup>2</sup> cada semana, de un fertilizante completo de microelementos. En países donde existen formulaciones de fertilizantes compuestos, se puede pedir que el fertilizante que contiene los macroelementos llegue ya mezclado con los microelementos. De todas formas, hay que suministrar los microelementos vía sistema de riego y no basarse únicamente en la fertilización foliar, pues esta no viene a reemplazar la fertirrigación (Shany, 2007).

- **La fertilización proporcional (en sustratos):** mediante este método de fertilización los nutrientes se suministran permanentemente a las plantas vía su presencia en la solución de la fertirrigación. Se puede emplear este método también en cultivos plantados en el suelo, siendo el único a utilizar en cultivos en sustratos desconectados. La fertilización proporcional se basa en la concentración de los diferentes macro y microelementos en la solución de la fertirrigación. Esta concentración tiene que ser la correcta para cada cultivo y adecuada a cada etapa de desarrollo del mismo. La concentración se expresa en términos de ppm (partes por millón) del elemento puro en la solución. 1 ppm es igual a 1 g del elemento puro en 1.000 litros de agua (1.000 L = 1 m<sup>3</sup>) (1 ppm = 0,0001% = 0,000001). Una concentración de 100 ppm es igual a 100 g en 1 m<sup>3</sup> de agua (hay que destacar que se refiere a elementos puros y debe hacerse el ajuste para los fertilizantes comerciales) (Shany, 2007).

En la Tabla 6.11 se presenta la concentración deseada en ppm de los macroelementos en las diferentes etapas de un cultivo de tomate:

### Características de los fertilizantes utilizados en fertirrigación

Para el empleo correcto de los fertilizantes hay que tener en cuenta aquellas características que pueden influir sobre el suelo de cultivo o sobre el manejo de la instalación (Fuentes, 1991):

- **Solubilidad.** Todos los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un grado de solubilidad que impida las obturaciones con partículas sólidas sin disolver. Es importante conocer el grado de solubilidad del fertilizante con el fin de saber la cantidad máxima del mismo que se puede añadir a una deter-



**Tabla 6.11. Concentración deseada en ppm de los macronutrientes en las etapas del cultivo de tomate**

Etapa	N	P	K	Ca	Mg
Trasplante hasta inicio de la floración	100 - 200	40 - 50	150 - 180	100 - 120	40 - 50
Floración hasta cuaje de tercer piso	150 - 180	40 - 50	250 - 350	100 - 120	40 - 50
Principal cuaje y desarrollo de frutos	200 - 220	40 - 50	300 - 400	100 - 120	50 - 60
En zonas o en épocas cálidas*	150 - 180	35 - 40	250 - 300	100 - 120	40 - 500

\*En zonas o en épocas cálidas la cantidad total de los elementos que se suministran no varía, pero el volumen de agua regado se eleva, por lo que baja la concentración de los elementos en la solución.

Fuente: Shany, 2007

minada cantidad de agua. La solubilidad depende de la temperatura del agua: a mayor temperatura mayor solubilidad.

- **Salinidad.** La concentración de sales solubles es uno de los criterios más influyentes para juzgar la calidad de las aguas de riego, puesto que la mayor o menor concentración de la solución del suelo afecta el esfuerzo de succión que la planta tiene que hacer para absorber el agua, y esto lleva a una reducción del tamaño de las células, tamaño del fruto y la cantidad de producción. Cuando el agua es de buena calidad se pueden utilizar, sin peligro grave, concentraciones altas en el abonado, pero cuando el agua es de mala calidad resulta indispensable utilizar concentraciones bajas, lo que requiere aplicaciones frecuentes.

Las plantas de tomate son consideradas tolerantes a la salinidad y capaces de crecer y producir comercialmente cuando son cultivadas en suelos salinos, aun cuando son regadas con aguas salinas; no obstante, cuando la salinidad es incontrolada, se pueden crear situaciones que tienen un efecto negativo sobre la planta y el suelo como resultado de la acumulación de sales en este último.

En situaciones cuando hay un aumento de ciertos elementos dañinos en el suelo como el sodio y el cloro, los cuales son absorbidos, se produce toxicidad en el follaje. El indicador de salinidad en el suelo es la conductividad eléctrica (CE), la que es medida en unidades de decisiemens por metro (dS/m). La CE expresa el nivel de conductividad, el cual está dado a partir de todas las sales



en la solución; algunas sales son elementos benéficos que la planta absorbe y requiere, tales como el potasio, fósforo y nitrógeno, y algunos son elementos dañinos, como el cloro y el sodio, los que no son absorbidos por la planta pero pueden incrementar la CE e incluso cambiar la textura del suelo. El análisis de suelo permite conocer la composición de cada uno de los iones requeridos por las plantas y aprender la composición específica de las sales en la solución de la tierra, así como cuáles factores influyen en el incremento de los valores de la CE en el suelo. Así, los principales factores que promueven la acumulación de sales en el terreno son:

- La concentración de sales en el agua, la cual es un indicador de su calidad.
- Los tipos y calidad de los fertilizantes.
- La nutrición sin control (aplicación de grandes cantidades de fertilizantes).
- Volumen y frecuencia de aplicación del agua de riego.

Una combinación de déficit de agua y condiciones de salinidad conduce a una disminución significativa en el nivel de producción, y la repentina deficiencia de agua favorece la aparición de la pudrición apical del fruto. Al mismo tiempo, en suelos con alto contenido de arcilla (suelos pesados) hay mayor riesgo de acumulación de sales, principalmente sodio (Na), siendo difícil el lavado de las mismas en este tipo de suelos.

- **Acidez.** Lo más conveniente es mantener una reacción ácida, lo que facilita la solubilización de los compuestos de calcio y evita, por tanto, las precipitaciones calcáreas en las conducciones (Fuentes, 1991).

Los fertilizantes tienen un efecto considerable sobre el pH del agua de irrigación en la que se disuelve. El pH óptimo de la solución del suelo está entre 5,5 y 7,0. Valores demasiado altos de pH (<7,5) disminuyen la disponibilidad de fósforo, hierro y zinc para las plantas, con lo que se pueden formar precipitados de carbonatos y ortofosfatos de calcio y magnesio en tuberías y emisores.

Cuando aumenta el pH de la solución de fertirriego, las opciones para reducirlo son el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) o ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), con la ventaja que proveen a las plantas de nitrógeno y fósforo, respectivamente.



- **Grado de pureza.** Los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un alto grado de pureza para evitar sedimentos o precipitaciones que obstruyan la instalación. Hay que evitar la incorporación de elementos tóxicos o no deseables como Cl, Na o exceso de Mg, que añadidos a los ya existentes en el agua de riego pueden llegar a dosis perjudiciales.

- **Compatibilidad de las mezclas.** Hay que evitar las reacciones químicas en donde se originen productos sólidos insolubles, así como se debe evitar la mezcla de productos que contienen sulfatos (sulfato amónico, sulfato potásico y sulfato magnésico, entre otros) o fosfatos (fosfato amónico, superfosfato y demás) y los que contienen calcio (nitrato cálcico, cloruro cálcico, etc.) (Tabla 6.12) (Fuentes, 1991; Jaramillo *et al.*, 2007).

**Tabla 6.12. Compatibilidad de algunos fertilizantes**

	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Solución nitrogenada	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato Monoamo	Ácido Fosfórico
Nitrato amónico		+	(+)	(+)	X	(+)	(+)	(+)
Sulfato amónico	+		+	(+)	X		X	(+)
Solución nitrogenada	(+)	(+)		X	(+)	(+)	(+)	(+)
Urea	(+)	(+)	X		(+)	(+)	(+)	(+)
Nitrato cálcico	X	X	(+)	(+)		+	X	X
Nitrato potásico	+	+	+	(+)	+		+	+
Fosfato monoamo	(+)	X	(+)	(+)	X	X		+
Ácido fosfórico	(+)	X	(+)	(+)	X	X	+	

+ Fertilizantes que se pueden mezclar

(+) Fertilizantes que se pueden mezclar al momento de aplicarlos

X Fertilizantes que no se pueden mezclar

Fertilizantes compuestos o solución de fertilizantes pueden ser usados o preparados a partir de la mezcla de diferentes tipos de fertilizantes, por lo que uno o dos tanques deben ser utilizados con un tamaño que sea compatible con la dimensión del área a fertilizar. Si se dispone de un solo tanque se debe garantizar el lavado correcto del mismo; sin embargo, el uso de más de un tanque facilita la aplicación de fertilizantes que no pueden ser mezclados porque se sedimentan, produciendo taponamiento del sistema de riego o desintegración de alguno de los elementos nutritivos (Tabla 6.13).



**Tabla 6.13. Composición de los fertilizantes recomendados en dos tanques (una bomba por tanque)**

<i>Tanque A</i>	<i>Tanque B</i>
Nitrato de calcio	Nitrato de potasio
Nitrato de magnesio	Ácido fosfórico
Nitrato de potasio	Ácido nítrico
Mezcla de microelementos (con boro si es requerido)	Ácido sulfúrico (si es requerido)
Quelato de hierro	Sulfato de amonio
	Amonio líquido (si es requerido)

Fuente: Zeidan, 2005

La preparación de las soluciones nutritivas concentradas es una tarea que requiere mucha atención y conocimiento, especialmente en los puntos críticos como la calidad del agua, la concentración de los iones, la solubilidad de las diferentes fuentes utilizadas, el aporte salino y el nivel de acidez. Dada esta complejidad, se requiere de un especialista en la formulación y estabilización de concentrados solubles que se utilicen en fertirrigación; en otras palabras, en el caso de no tener dicho conocimiento y experiencia lo más aconsejable es nutrir el cultivo mediante fertilizaciones edáficas hasta adquirir dicha práctica.

La aplicación de fertilizantes en terrenos cultivables debe estar orientada al uso racional de estos, disminuyendo el impacto económico y al medio ambiente. Es necesario que el manejo de la fertilización sea cuidadoso con el fin de evitar la contaminación del suelo y del agua, por consiguiente, los cuidados en el uso de fertilizantes abarcan desde el manejo en bodegas y calibración de los equipos, hasta la aplicación de fertilizantes en sí.

Entre las normas de Buenas Prácticas Agrícolas para la aplicación y almacenamiento se tienen:

### **Recomendaciones técnicas para la aplicación de fertilizantes**

- Se debe tener un programa de aplicación de fertilizantes realizado por personal capacitado que apunte a tener el máximo beneficio productivo, disminuyendo las pérdidas del productor y evitando tanto la contaminación ambiental como la presencia de sustancias dañinas al consumidor (Gobierno de Chile, 2003).



- Es preciso adquirir las cantidades de fertilizante que se demandará durante la temporada, reduciendo el riesgo de pérdidas y de contaminación durante el almacenaje de los mismos.
- En el programa de fertilización se deben considerar los siguientes puntos:
  - Tipo de cultivo.
  - Necesidades nutricionales del cultivo.
  - Características y aporte de nutrientes del terreno.
  - Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
  - Solubilidad del producto.
  - Efecto sobre el suelo.
  - Dosis y momento de aplicación.
- Para cumplir con los puntos del programa de fertilización se debe realizar un análisis del suelo o sustrato por un laboratorio especializado previo a la plantación, al inicio de la temporada, o bien, anualmente. Además, se debe conocer el historial de manejo del terreno.
- Las cantidades de fertilizante a aplicar son un punto crítico; por esto la dosificación, pesaje de los productos y preparación de las mezclas deben ser efectuadas por un técnico capacitado para ello.
- Se debe aplicar una fertilización balanceada para evitar el desarrollo de enfermedades tanto de tipo infecciosas como fisiológicas en las plantas, así como impedir la generación y acumulación de sustancias dañinas para los consumidores.
- Evitar la aplicación de fertilizantes con alta solubilidad donde exista riesgo de contaminación de aguas, ya sean superficiales o profundas.
- Se deben considerar las condiciones climáticas al momento de la aplicación de fertilizante y posterior a ella con el fin de evitar las pérdidas por escorrentía, *ergo* una posible contaminación de aguas y suelo.
- Los riegos se deben realizar minimizando las posibilidades de pérdidas de fertilizantes por escorrentía.
- En el caso de productores que cuenten con sistema de riego tecnificado se podrán hacer las aplicaciones a través de este, teniendo especial cuidado en las características de solubilidad del producto, su dosificación y las necesidades del cultivo.



- Mantener limpias y en buen estado las maquinarias usadas para la aplicación de fertilizantes. Es recomendable chequear su correcto funcionamiento cada vez que se usen y hacerles un mantenimiento por lo menos una vez al año.

### Almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos

(Gobierno de Chile, 2003)

- El área de almacenamiento de los fertilizantes y abonos orgánicos debe ser techada, estar limpia y seca.
- Los fertilizantes deben almacenarse separados de otros productos, especialmente de los fitosanitarios. Lo mejor es mantenerlos alejados de paredes para evitar la proliferación de plagas y roedores, y sobre estibas o tarimas para evitar que se humedezcan.
- Los fertilizantes y los abonos orgánicos deben ser almacenados separadamente.
- Los fertilizantes se deben almacenar en sus envases originales o en un lugar debidamente identificado si se encuentra a granel.
- Es recomendable que la zona de almacenamiento de fertilizantes se encuentre debidamente señalizada.
- El área de almacenamiento de fertilizantes es necesario incluirla en el programa de roedores del predio.
- Obligatorio mantener, en el área de almacenamiento, un registro de las existencias de fertilizante actualizada (Jaramillo *et al.*, 2007).

### Características de algunos nutrientes y su uso en fertirriego

(Moratinos y Zapata, 2004)

**Nitrógeno:** en fertirrigación su movilidad en la zona húmeda del bulbo es tan alta como en otros métodos de riego empleados.

**Fósforo:** su dificultad de asimilación en suelos alcalinos es compensada por su alto movimiento en la fase líquida saturada y por su progresiva neutralización e incluso acidificación del volumen del suelo próximo al gotero. Se ha demostrado que su movilidad es superior a 55 cm alrededor del punto de goteo.



**Potasio:** bajo condiciones de disponibilidad de agua y nitratos, es bien conocida la alta absorción de potasio.

**Calcio:** la abundancia de agua y regularidad de aplicación causa una importante reducción en la asimilación de este elemento, y a pesar de su alta cantidad en el suelo, su antagonismo con el potasio, la acidificación y lavado pueden causar un aparente decrecimiento de asimilación del calcio.

**Magnesio:** este nutriente es esencial y su absorción puede ser fuertemente reprimida por otros cationes, tales como  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$ , Mn y por  $H^+$ , es decir, bajo pH.

**Micronutrientes:** la concentración de los micronutrientes Mg, Fe, Zn y Cu en la solución del suelo depende principalmente del pH de la tierra, el potencial redox (oxidorreducción) y el contenido de materia orgánica. Por encima de 6,5 el pH puede disminuir la asimilabilidad de Fe, Zn, B y Cu. Los óxidos metálicos de Fe, Mn, Cu y Zn se hacen más solubles al bajar el pH, pudiendo llegar a resultar fitotóxicos (Zapata, 2004).

### Ejercicio práctico para aplicación de fertirriego

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, para obtener así formulaciones “a la medida” con distintas concentraciones y relaciones N:P:K de acuerdo con las necesidades nutricionales del cultivo y con cada etapa fisiológica. Lo primero al momento de fertirrigar es saber cuáles son las necesidades nutricionales y demandas de agua, según el desarrollo fenológico del cultivo (Tabla 6.14).

**Tabla 6.14. Requerimientos para la etapa vegetativa, floración y producción establecida para los invernaderos tradicional, climatizado y semiclimatizado**

Elemento	ppm 0-30 días	ppm 31-90 días	ppm 90-adel.
N	40	40	40
P	120	80	60
K	40	80	120
Ca	20	30	30
Mg	7	10	10



Las fuentes usadas para la fertirrigación por ciclo y por etapa fenológica, de 0 a 30 días en invernaderos, son:

- Ácido fosfórico (85% P).
- Fosfato monoamónico (11%  $\text{NH}_4$  y 50%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).
- Nitrato de calcio (15,5-0-0-19).
- Nitrato de potasio 13%  $\text{NO}_3$  y 46%  $\text{K}_2\text{O}$ .
- Sulfato de magnesio técnico 16%  $\text{MgO}$ .
- Sulfato de potasio (50%  $\text{K}_2\text{O}$  y 16% S).

### **Ejemplo para la primera etapa del ciclo de tomate**

Los requerimientos en ppm para la etapa fenológica de 0 a 30 días en el cultivo de tomate son: 40 ppm de N, 120 ppm de P, 40 ppm de K, 20 ppm de Ca y 7 ppm de Mg.

- La fórmula aplicada para encontrar a partir de unas ppm establecidas la cantidad de gramos/cc por litro de producto que se necesita, es la siguiente:

#### **0,1 x ppm a aplicar / % del elemento dentro de la fuente**

Entonces:

**a)** Para K – fuente nitrato de potasio (13% N; 46%  $\text{K}_2\text{O}$ ):

$$0,1 \times 40 / 46 = \mathbf{0,0869 \text{ gramos/litro}}$$

Además, esto aporta unas ppm de N, las cuales se pueden obtener de acuerdo con la siguiente fórmula:

#### **Gramos por litro de K x porcentaje de N dentro del compuesto/0,1**

$$0,0869 \times 13/0,1 = \mathbf{11 \text{ ppm de N}}$$

Esto quiere decir que el nitrato de potasio cuando aporta 40 ppm de K igualmente está aportando 11 ppm de N.

**b)** Para Ca – fuente nitrato de calcio (15,5% N; 19%  $\text{CaO}$ )

$$\mathbf{0,1 \times 20 / 19 = 0,1053 \text{ gramos/litro}}$$



Esta fuente también aporta unas ppm de N:

$$0,1053 \times 15,5 / 0,1 = \mathbf{16 \text{ ppm de N}}$$

**c)** Hasta ahora tenemos que el nitrato de potasio aporta 11 ppm de N y el nitrato de calcio 16 ppm; es decir que se tienen **27 ppm de N**.

Es así como se ajusta la cantidad de nitrógeno con la fuente **fosfato monoamónico (11% N; 50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**, que también aporta N:

La fórmula se realiza con 13 ppm de N que hacen falta:

$$0,1 \times 13 / 11 = \mathbf{0,12 \text{ gramos/litro}}$$

Esta fuente a su vez aporta unas ppm de P, las cuales son:

$$0,12 \times 50 / 0,1 = \mathbf{60 \text{ ppm de P}}$$

**d)** Se ajustan las ppm de P para este ciclo con la fuente ácido fosfórico:

$$0,1 \times 60 / 62 = \mathbf{0,10 \text{ cc/litro}}$$

**e)** Para Mg – fuente sulfato de magnesio (16% MgO)

$$0,1 \times 7 / 16 = \mathbf{0,04375 \text{ gramos/litro}}$$

En resumen, la Tabla 6.15 muestra las cantidades necesarias de las fuentes para cada una de las etapas fenológicas de un ciclo de tomate. Además, se tienen las cantidades totales de cada una de las fuentes, asumiendo que se va a aplicar 1 litro de agua al día en un invernadero de 1.000 m<sup>2</sup> donde caben 2.124 plantas.

Luego de tener las necesidades del cultivo establecidas y las cantidades de fuentes simples que se requiere aplicar para obtener las ppm consideradas, el paso siguiente es saber en qué cantidad de agua se deben disolver estos fertilizantes para llevarlos al cultivo, por lo que posteriormente es preciso calcular la solución madre para hacer la mezcla.

La solución madre se calcula de la siguiente forma:

Si se va a tomar como referencia que el cultivo necesita un litro de agua diario, se hace el siguiente cálculo en un invernadero que tiene un área de 1.000 m<sup>2</sup> y una cantidad de 2.124 plantas:



FUENTE	CANTIDAD DE AGUA A APLICAR EN LITROS	0-30 DÍAS		31-90 DÍAS		90-ADELANTE	
		G/L	Total fuente (gramos)	G/L	Total fuente (gramos)	G/L	Total fuente (gramos)
Ácido fosfórico	2124	0,100	212,4	0,02	42,48		
Fosfato monoamónico	2124	0,12	254,9	0,14	297,36	0,1	254,88
Nitrato de calcio	2124	0,10323	219,3	0,16	339,84	0,2	339,84
Sulfato Mg técnico	2124	0,04	85,0	0,06	127,44	0,1	127,44
Nitrato de potasio	2124	0,09	191,2				
Sulfato de potasio	2124			0,16	339,84	0,2	509,76

**Tabla 6.15. Cantidades de cada una de las fuentes asumiendo una cantidad de agua de un litro día y una población de 2.124 plantas**

**2.124 plantas x 1 litro de agua día/planta = 2.124 litros de agua día para todas las plantas.**

Es indispensable tener en cuenta los siguientes datos:

- Número de surcos por válvula: 18 surcos.
- Longitud de surco: 47,5 m.
- Descarga por metro lineal de la cinta de riego: 5 litros metro lineal.

**18 surcos x 47,5 m cinta = 855 metros lineales de cinta**

**855 m lineal x 5 litros/m lineal/hora = 4.275 litros hora/todo el invernadero**

Ahora la pregunta es: si en 60 minutos la cinta riega 4.275 litros de agua, ¿en cuánto regará 2.124 litros de agua, que es lo que realmente se necesita?

**2.124 litros de agua x 60 minutos/ 4.275 litros totales = 30 minutos**

Esto quiere decir que se riegan los 2.124 litros de agua necesarios en 30 minutos.

Teniendo estos datos únicamente queda saber la cantidad de agua requerida para mezclar el fertilizante, lo que lleva al término ‘tasa de inyección’, que es la cantidad de agua que el inyector absorbe en un minuto.



Para el caso de este ejemplo, la tasa de inyección es de 1 litro por minuto, conclusión a la que se llega después de un aforo hecho a la válvula de fertirriego para saber cuánta solución absorbe en un minuto; de allí se puede deducir la tasa de inyección para cada uno de los diferentes sistemas.

Se hace entonces lo siguiente:

**30 min x 1 litro/min = 30 litros de solución madre**

Esto quiere decir que se deben mezclar, de acuerdo con las compatibilidades, los fertilizantes en 30 litros de agua para asegurarse de que toda planta reciba las ppm que necesita de todos los elementos que se le están aportando, al tiempo que cada una de las plantas esté recibiendo el litro de agua que necesita para esta etapa.

Finalmente, es importante tener en cuenta el cultivo a sembrar, las necesidades de dicho cultivo en cuanto a agua y nutrientes para realizar estas fórmulas, y las condiciones del suelo donde esté ubicado el cultivo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparecido M., W.; Ribeiro da Silva, H.; Carvalho e S., W. y Alves C., O. (1998). *Tensiómetros para manejo da irrigação em hortaliças*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília D.F.
- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. (1984). *Calidad del agua de riego para la agricultura*. Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 29. FAO, Roma.
- Barreto O., J. D.; Miranda L., D.; Aguirre G., M. C.; Echeverri A., L. A.; Caicedo, A. M. y Campos V., Y. Y. (2002). *Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y frijol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agro ecológicas de la meseta de Ibagué*. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. P. 3-42.
- Chanduvi, F. y Prieto-Celi, M. (2000). *Taller Internacional: Gestión de la Calidad del Agua y Control de la Contaminación en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile. 313 p.
- Flores, I. (1986). *Cultivos de Hortalizas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Departamento de Agronomía. Monterrey, México. 170 p.
- Fuentes Y., J. L. (1991). *Características agronómicas del riego por goteo*. Hojas Divulgadoras num. 17/90 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias. Madrid. 26 p.
- Gobierno de Chile. (2003). *Especificaciones Técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Hortalizas de frutos, cultivadas en invernadero*. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Ministerio de Agricultura. 48 p.
- Guzmán, M. (2004). *Población, agua, suelo y fertilizantes: El fertirriego*. Cyted; Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura (1-5). P. 5-10.
- Guzmán Palomino, J. M.; López Galvez, J. (2004). *Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. Cyted. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Almería, España. 23 p.
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (1992). *Fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación*. Manual de asistencia técnica N° 25. Centro de Investigación Tibaitatá. Bogotá, Colombia. 64 p.
- ITAA. (2004). *El boro*. En: Información Técnica Agrícola Especializada. Volumen 2, Número 11. P. 11-12.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V.; Guzmán, M.; Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Manual técnico Corpoica, Fao, Mana. Colombia. Primera edición. 314 p.
- Lobo, M. A.; Jaramillo, V. J. (1984). *Tomate*. En: Hortalizas, Manual de Asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. P. 41-47.
- Lora S., R. (1984). *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Factores que afectan la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas*. Bogotá, Colombia. 418 p.



- Marouelli, W. A.; Silva, C., W. L.; Moretti, C. L. (2001). *Gotejamento: Opção para irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Hortícolas Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 4 p.
- Medina, A.; Cooman, A.; Escobar, H. (2001). *Riego y Fertilización*. En: Producción de tomate bajo invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colciencias. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Bogotá, Colombia. P. 29-42.
- Microfertisa. *Manual Técnico* ----. Bogotá. Colombia. 100 p.
- Moratinos P., H.; Zapata Navas, F. (2004). *Bases nutritivas del fertirriego*. Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura. Almería, España. P. 13-16.
- Muñoz A., R. (1995). *Fertilización del tomate (Lycopersicon esculentum) en Colombia*. En: Memoria seminario fertilización de cultivos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Comité regional de Antioquia. P. 56-75.
- Muñoz A., R. (1996). *Toma de muestra de suelos e interpretación de análisis químicos*. En: Memorias Curso Pasturas Tropicales. Medellín. Abril 6 de 1996. Centro de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. 20 p.
- Nathan, Roberto. (2005). *La fertilización combinada con el riego*. Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio de Extensión. Edición. Estado de Israel. 79 p.
- Noticias Agrícolas Colinagro S.A. *Colinagro. Boro: Su singular función*. Departamento Técnico. 8 p.
- Noticias Agrícolas Colinagro S.A. *Nitrógeno, Fósforo y Potasio, Elementos de Descuento*. Departamento Técnico. 8 p.
- Rodríguez D., E. (2004). *Componentes de los sistemas de fertirriego*. Cyted; Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura. P. 115-140.
- Rodríguez, M.; Flórez, V. (2004). *Elementos Esenciales y Beneficiosos. Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. Cyted. P. 25-36.
- Sapir, Elimelech y Sneh, Moshe. (2005). *Riego por Aspersión*. Ministerio de Relaciones Exteriores Centro de Cooperación Internacional Mashav. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Servicio de Extensión Departamento de Riego y Suelos. Estado de Israel. 121 p.
- Semillas Latinoamericanas Chile. (2003). *Impulsores Internacionales*.
- Shany, Meir. (2007). *Tecnología de producción bajo cobertura*. Estado de Israel. Ministerio de Relaciones Exteriores. Centro de Cooperación Internacional Mashav. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Cinadco. Israel. 69 p.
- Sneh, Moshe. (2006). *El riego por goteo*. Ministerio de Relaciones Exteriores. Centro de Cooperación Internacional Mashav. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Estado de Israel. 19.5 p.
- Terán Chávez, César; Valenzuela M., Miguel; Villaneda V., Édgar; Sánchez L., Germán y Hío P., Juan. (2007). *Manual Técnico. Manejo del Riego y la Fertirrigación en Tomate Bajo Cubierta en la Sabana de Bogotá*. Corpoica. P. 48-53.



- U. S. Department of Agriculture –Usda–. Centers for Disease Control and Prevention. (1998). *Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables*. 45 p.
- Vega, C.; Molina, J. A. (2003). *¿Qué es el riego? ¿Por qué, cuándo y cuánto regar?* Universidad Nacional Experimental de Táchira. Departamento de Ingeniería Agronómica. Plegable informativo. San Cristóbal. Venezuela.
- Yoel Bar. (2006). *Planificación y manejo del fertirriego*. Curso internacional sobre planificación y manejo del fertirriego. Shefayim, Israel.
- Zazueta, R.F.S. (1992). *Micro irrigación*. Icfa Internacional, ONC. Guadalajara, Jal. México. 202 p.
- Zeidan. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Mashav, Ciudadco. Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. Israel. 99 p.



# CAPÍTULO 7 III

## MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>1</sup>  
Germán David Sánchez León<sup>2</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>3</sup>  
Daniel Quevedo Garzón<sup>4</sup>  
Miguel Ángel Zapata Cuartas<sup>5</sup>  
Miriam Guzmán Arroyave<sup>6</sup>

**E**l diseño y desarrollo de un plan de manejo de plagas adecuado y eficiente en un cultivo requiere de vastos conocimientos, no solamente de las plagas y los aspectos agronómicos de la plantación sino de todas las interacciones que surgen en la dinámica de las poblaciones de los organismos involucrados en el agroecosistema.

Existen algunos criterios que se deben tener en cuenta para un eficiente manejo integrado de plagas, tanto en campo como en invernadero:

1. Los estudios biológicos de las especies plagas y de sus enemigos naturales, que permiten conocer aspectos tales como la duración y características de cada uno de los estados por los cuales pasan estos organismos en su desarrollo.
2. El número de generaciones que ocurre durante un año o en un ciclo de cultivo.

---

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. [jejaramillo@corpoica.org.co](mailto:jejaramillo@corpoica.org.co)

2. Ingeniero Agrónomo. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. [g.sanchez@corpoica.org.co](mailto:g.sanchez@corpoica.org.co)

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. [vipar03@yahoo.es](mailto:vipar03@yahoo.es)

4. Ingeniero agrónomo. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. [dhquevedog@gmail.com](mailto:dhquevedog@gmail.com)

5. Tecnólogo Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [miguelzapatac@gmail.com](mailto:miguelzapatac@gmail.com).

6. Tecnóloga Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. [mguzman@corpoica.org.co](mailto:mguzman@corpoica.org.co)



3. Los lugares donde transcurre cada fase.
4. El tipo y la forma de alimentación.
5. La clase de daño que produce.
6. La rata de reproducción.
7. La fecundidad, fertilidad y proporción sexual.

8. El reconocimiento de hospedantes vegetales y evolución de las poblaciones de la plaga frente a factores bióticos y abióticos, así como el tipo de cultivo y las condiciones agroambientales donde se desarrolla el plantío (Cisneros, 1980; Mesa, 2001 y Jaramillo *et al.*, 2007).

Así mismo, es necesario conocer los diferentes métodos de control disponibles, e igualmente los niveles de umbral o daño económico de las poblaciones y la metodología más adecuada para estimar o determinar dichos niveles. De otra parte, al establecer un plan de manejo de plagas es indispensable contemplar el agro ecosistema en el cual se va a aplicar.

En el caso colombiano, la producción agrícola se caracteriza por un amplio consumo de plaguicidas (en la mayoría de los casos excesivo e irracional), lo cual, además de incrementar los costos de producción, muchas veces no logra el propósito buscado y por el contrario origina otros problemas secundarios graves (Mesa, 2001).

El uso de plaguicidas se hizo común con la aparición de los insecticidas organoclorados en los primeros años de la década de los cuarenta (y la posterior síntesis de otras materias). La eficacia de muchos de ellos fue innegable, lo que llevó a considerarlos como el núcleo para el control de plagas.

Esta situación ha generado, en las últimas décadas, una serie de problemas tales como la aparición cada vez más frecuente de seres vivos invasores resistentes a los insecticidas, la destrucción de los enemigos naturales de las plagas, la reducción de la diversidad y densidad de población de las especies de fauna y flora silvestres, un desequilibrio ecológico y una alta contaminación ambiental por acumulación de pesticidas y sus residuos o metabolitos en el suelo, las aguas, el aire y en los productos agrícolas y pecuarios.



Los casos de envenenamiento, tanto de animales domésticos como de humanos, son cada día más frecuentes, e inclusive la aparición de algunas enfermedades nuevas en los humanos se cree son debidas al uso exagerado e indiscriminado de plaguicidas (Alomar *et al.*, 1989).

Tales problemas adquieren mayor importancia en las zonas hortícolas, caracterizadas por una explotación intensiva del suelo donde la mayoría de los productos son de consumo directo y su calidad se rige más por estándares cosméticos que de salubridad, con exigencias en cuanto a presentación, forma, color, tamaño y otros, pero poca atención a la presencia de residuos tóxicos o calidad nutricional del producto.

Ante esta situación, se impone la necesidad de desarrollar un plan de manejo de plagas en tomate que contemple como puntos básicos la reducción y racionalización del uso de plaguicidas mediante la utilización de técnicas alternativas como: el control biológico; el control físico; las prácticas culturales; y el uso de trampas de feromonas atrayentes, repelentes o de cualquier otro método, que sin deteriorar el ambiente contribuyan a reducir las poblaciones de plagas a niveles no perjudiciales teniendo en cuenta que estas actividades se deben realizar antes, durante y después del cultivo y no cuando aparezca la plaga (Alomar *et al.*, 1989; Mesa, 2001 y Jaramillo *et al.*, 2007).

El manejo integrado de plagas es un sistema orientado ecológicamente, que incluye todos los métodos o técnicas disponibles combinadas armónicamente (Tabla 7.1) con el fin de reducir las poblaciones de seres vivos patógenos por debajo del nivel de daño económico o para evitar que las infestaciones alcancen dicho nivel.

Está orientado hacia la convivencia con dichos seres y el manejo de las poblaciones, no a su erradicación total, y en el caso de los invernaderos, al manejo de infestaciones localizadas.





**Tabla 7.1. Métodos o técnicas para un manejo integrado de plagas y enfermedades en invernadero con un enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas**

ANTES DEL CULTIVO		DURANTE EL CULTIVO		DESPUÉS DEL CULTIVO
Adecuada selección del lote		Fertilización equilibrada y oportuna de acuerdo con el análisis de suelo		Cosecha oportuna
Buena preparación del terreno		Sistema de riego en perfectas condiciones para conseguir uniformidad en el aporte de agua y nutrientes; riego oportuno y controlado de acuerdo con el estado fenológico del cultivo.		Limpieza y desinfección de estructura y suelo
Estructura lo más hermética posible (mallas anti-insectos o anti-trips en laterales y aberturas), siempre y cuando no perjudique la ventilación al interior del invernadero		Ventilar adecuadamente para evitar el exceso de humedad relativa y altas temperaturas al interior del invernadero, lo cual favorece el desarrollo de enfermedades y plagas.		Tratamiento de focos de infección
Colocación de doble puerta o precámara a la entrada del invernadero (Figura 7.1)		Mantener el plástico en buenas condiciones (sin agujeros y limpio)		Eliminación de socas
Análisis fisicoquímico del suelo		Colgada y guiada oportuna de las plantas		Recolección de frutos enfermos
Análisis de agua para riego		Podas oportunas de yemas, brotes y hojas		Disposición de residuos de cosecha
Sembrar materiales (variedad o híbrido) con resistencia o tolerancia a enfermedades		Aplicación de un bactericida después de la poda		Solarización
Utilizar semillas de materiales (híbridos o variedades) registrados		Eliminación de focos de infección (Figura 7.2)		Rotación de cultivos
Uso de semillas sanas		Desinfección de herramientas		
No sembrar semilleros en el mismo invernadero en que ha habido un cultivo recientemente.		Visitas periódicas al cultivo. Seguimiento semanal (Figura 7.3)		
Utilizar plántulas sanas, libres de plagas y enfermedades.		Desinfección de calzado para ingresar al invernadero		
Sistema de siembra adecuado		Evitar el goteo del agua de condensación del techo del invernadero		
Distancia de siembra adecuado		Evitar asocio con cultivos que sean refugio de plagas, enfermedades o vectores		
		Oportuna eliminación de malezas		
		Favorecer la polinización, utilizando abejorros, vibración y fitorreguladores		
		Favorecer la aplicación de productos biológicos		
		Utilizar trampas: adhesivos de color amarillo (mosca blanca y minador) y azules (trips); con atrayentes sexuales (cogollero del tomate); de luz en la noche para adultos de lepidópteros y coleópteros		



**Figura 7.1. Doble puerta o precámara a la entrada del invernadero**



**Figura 7.2. Adecuada remoción de plantas enfermas**



**Figura 7.3. Visitas semanales al cultivo**



Las siembras escalonadas, el monocultivo en tiempo y espacio, los residuos de cosecha no eliminados, el uso indiscriminado de agroquímicos y las múltiples labores que demanda el mantenimiento del cultivo no atendido oportunamente, son entre otras, las razones más importantes que inducen o provocan problemas fitosanitarios por plagas o enfermedades que muchas veces conllevan a la muerte de la planta.

Desde el punto de vista entomológico, el excesivo uso de plaguicidas y su aplicación tipo calendario, además de los altos riesgos humanos, causan destrucción de los insectos benéficos rompiendo el equilibrio biológico, lo cual necesariamente se expresa en nuevas y continuas aspersiones de plaguicidas. Muchas de las especies dañinas de importancia secundaria se tornan primarias ante la presión permanente de venenos en estos cultivos.

## ► COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El manejo integrado de plagas es una estrategia que involucra componentes como el seguimiento y los controles legal, natural, cultural, mecánico, etológico, biológico y químico:

### Seguimiento

El fundamento del MIP es el manejo de poblaciones, que necesitan medirse de alguna forma. El seguimiento de estas es una práctica fundamental para determinar si las poblaciones de las plagas o las condiciones para que las poblaciones de las plagas se presenten, ameritan aplicar uno o varios métodos de control.

### Control legal

El control legal incluye la aplicación de medidas de combate que pueden ser o no de tipo preventivo, pero que siempre están basadas en disposiciones legales. Consiste en el establecimiento de leyes, decretos, normas o disposiciones legales de carácter nacional, departamental y municipal (e incluso a nivel de fincas) encaminadas a evitar la introducción, establecimiento o diseminación de plagas en un país, región o cultivo.



Tiene como objetivos:

- Evitar, en lo posible, la introducción o el arraigo de plagas procedentes de otros países.
- Evitar o retardar dentro del mismo país la dispersión de plagas localizadas en áreas restringidas.
- Reforzar y coordinar a nivel regional el combate de los insectos.
- Asegurar la calidad y eficiencia de los productos químico-biológicos (Otero, 1989).

### Control natural

Es el conjunto de factores que regulan las poblaciones de las plagas y de organismos en general. Todas las poblaciones de insectos se autorregulan naturalmente y muestran, en su mayoría, una estabilidad considerable durante un periodo definido en cualquier ecosistema.

El control natural que se da por la combinación de factores bióticos y abióticos naturales es muy específico a cada especie de insecto y depende de condiciones climáticas favorables, siendo muy susceptible a las intervenciones del hombre, quien en muchas ocasiones es el responsable de su destrucción.

El método natural es indispensable para el control racional y rentable de los insectos dañinos, lo que ayuda a reducir las poblaciones de seres perjudiciales reales y se convierte en la base fundamental para la prevención de problemas potenciales.

Los enemigos naturales de los insectos son de los factores más importantes de la protección de cultivos, ya que dependen y se ven afectados por cambios en la densidad de la plaga o de los hospederos (plantas). La eficiencia del control obedece a la capacidad controladora y a la cantidad de enemigos que se encuentren en el medio ambiente; sin embargo, un enemigo natural altamente eficiente no requiere de una densidad de población muy grande para mantener el control del insecto plaga.

Todos los procedimientos de control natural, si se interfieren, tienen consecuencias desastrosas e irreparables (Schotman y Lacayo, 1989).

Los principales agentes de control natural son:



### **Factores bióticos**

son todos aquellos organismos presentes en el agro ecosistema que actúan –bajo condiciones ambientales específicas– en forma natural sobre los insectos plaga, regulando sus poblaciones. Se clasifican en parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Barfield, 1989).

Los parasitoides son organismos que se desarrollan en un solo hospedero, al cual matan al término de su desarrollo, con un grado de especificidad alto siendo uno de los controles más eficientes dentro de los controles naturales. Los insectos parasitoides en su estado adulto son muy activos, ya que deben localizar a su presa y parasitarla al colocar sus huevos dentro o sobre ella

Los depredadores son organismos generalmente artrópodos y vertebrados (pájaros) que consumen parte o todo el insecto plaga para alimentarse. Consumen varios individuos en el transcurso de su vida y son activos buscadores de su alimento.

Los entomopatógenos son microorganismos capaces de provocar epidemias en las plagas al matar a su hospedero, liberando posteriormente millones de individuos que son dispersados por el agua, el viento u otros insectos. En algunos casos el control por parte de estos microorganismos puede llegar casi a la totalidad, en tanto que en otros se genera un efecto de debilitamiento que hace que las plagas sean más susceptibles a diversos factores de mortalidad. (Figura 7.4).



**Figura 7.4. Larva afectada por hongo fitopatógeno**

### **Factores abióticos**

son todos los factores ambientales que pueden intervenir directa o indirectamente sobre las poblaciones de los organismos fitopatógenos. De manera directa, los factores abióticos provocan cambios en el número de insectos al influir sobre su longevidad, crecimiento, reproducción, dispersión y comportamiento;



de manera indirecta, afectan a las plantas hospederas (floración, crecimiento, fructificación) y a los enemigos naturales de los insectos plaga. Entre los más importantes están la lluvia, las temperaturas extremas y la saturación de agua en el suelo. La aplicabilidad del control natural se refuerza con las labores del cultivo, que hacen parte del control cultural.

### **Control cultural**

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de prevenir el ataque de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos o disminuir sus daños. No se trata de medidas tomadas de improviso ante la presencia de la plaga sino que, por el contrario, normalmente corresponden a una planificación previa dentro del proceso normal de producción agrícola, lo que hace que tengan un efecto extendido en el tiempo sin que aumenten los costos de producción ni se contamine el ambiente, además de ser compatibles con otros tipos de control (Cisneros, 1980).

### **Control mecánico**

Es una serie de procedimientos que realiza el hombre para manejar las plagas, tanto a nivel preventivo como curativo. El control mecánico es sencillo, económico cuando no requiere de excesiva mano de obra y compatible con otras técnicas de control. Este control recurre al uso de métodos como la remoción y destrucción manual de insectos y órganos de la planta afectados. Es el procedimiento más antiguo de control de plagas en la agricultura (Cisneros, 1980).

### **Control físico**

Consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, insolación, fotoperiodo o radiaciones electromagnéticas en intensidades que resulten letales para los insectos. El fundamento del método es que las plagas solamente pueden desarrollarse y sobrevivir dentro de ciertos límites de los factores físicos ambientales, puesto que más allá de los límites mínimos y máximos las condiciones resultan letales. Los límites oscilan según las especies de insectos, y para una misma especie según su estado de desarrollo. Así mismo, los extremos de cada factor varían en interacción con los valores de los otros factores ambientales y con el estado fisiológico del insecto. Los insectos en dia-



pausa, por ejemplo, son capaces de soportar condiciones que resultarían letales para los individuos que no se encuentran en ese estado.

La efectiva manipulación de los agentes físicos del medio solo es posible en ambientes cerrados que se pueden utilizar para combatir las plagas de productos almacenados (Cisneros, 1980).

### Control etológico

La posibilidad de manipular el comportamiento de plagas insectiles e insectos benéficos mediante el uso de mediadores químicos, ha adquirido un lugar novedoso y prometedor entre los recursos disponibles al manejo integrado de plagas y enfermedades. El aprovechamiento del comportamiento de las plagas para su vigilancia o para su captura masiva se denomina control etológico, en el que los insectos se desenvuelven en su medio ambiente respondiendo en forma característica –y a menudo estereotípica– a una diversidad de señales o estímulos visuales físicos o químicos. Aquellos compuestos químicos que emanan de un organismo y actúan en otro evocando una determinada respuesta, juegan un papel crucial como reguladores del comportamiento insectil y se han denominado semioquímicos; entre ellos están las feromonas sexuales (Figura 7.5), los atrayentes, repelentes e inhibidores de alimentación (Chiri, 1989).



**Figura 7.5. Trampa con feromonas para la captura de adulto de gusano cogollero *Tuta absoluta***

### Trampas

son instrumentos de captura de insectos que se valen de materiales impregnados con un producto pegajoso que presenta un color atractivo a los insectos, o de

trampas propiamente dichas (trampas de luz) (Figura 7.6) que detienen los insectos, con una efectividad en el control de trips bajo invernadero (trampas pegajosas azules) (Figura 7.7) y de mosca blanca (trampas pegajosas amarillas) (Figura 7.8).



**Figura 7.6. Trampa de luz para la captura de insectos**



**Figura 7.7. Trampa azul para captura de insectos**



**Figura 7.8. Trampa amarilla para captura de insectos**

### **Barreras físicas**

la mejor alternativa que hay para el control de plagas es impedir la entrada de las mismas al interior del invernadero, lo que se logra con la instalación de mallas anti-insectos ubicadas en el exterior del mismo (Figura 7.9); estas mallas tienen orificios muy pequeños (entre 25 y 50 mesh), lo que evita la entrada de las formas adultas de minadores, áfidos, mosca blanca y trips vectores de virus. El proble-



ma es que la alta densidad de trama de estos materiales acentúa la deficiencia de ventilación, que suele ser un problema en condiciones cálidas. Igualmente, por el tamaño de los pequeños orificios de la malla se va tapando por el polvo, por lo que se hace necesaria una limpieza frecuente. En el caso de usar mallas más densas, que son las de trips, la superficie de ventilación puede verse reducida a la cuarta parte disponible en el invernadero (Cisneros, 1980; Howell, 1989).



**Figura 7.9. Invernadero climatizado con malla anti-insectos**

### Control biológico

Realizado por el hombre (característica que lo diferencia del control natural), quien introduce o aumenta los enemigos naturales de los insectos plaga para reducir la densidad de población de las plagas. El control biológico se fundamenta en el hecho de que toda plaga en su lugar de origen tiene enemigos naturales, por lo que el hombre debe intervenir para reestablecer nuevamente la armonía ecológica propia de los ecosistemas naturales. Dadas las condiciones particulares de algunas regiones, la población de las plagas en su posición de equilibrio supera ampliamente la de los enemigos naturales, siendo necesario recurrir a medidas complementarias que garanticen un control efectivo. Este mecanismo regulatorio es más barato, permanente y económicamente deseable, ya que los riesgos de efectos colaterales son menores, no causa daños al medio ambiente, es eficiente en áreas relativamente grandes, eleva la diversidad de especies en el ecosistema y normalmente es compatible con otros tipos de control (Cisneros, 1980).

El éxito de este tipo de control depende de una rápida adaptación del organismo introducido a las condiciones climáticas locales, de una coordinación de ciclos con las plagas y de buenas prácticas agrícolas (BPA) que permitan su conservación. Sumado a esto, el método presenta limitaciones intrínsecas y ex-

trínsecas, que obligan a combinarlo con otros tipos de controles para el exitoso combate de las plagas.

El control biológico incluye –al igual que el control natural– parasitoides, depredadores y patógenos de una gran especificidad hacia las plagas que se pretenden controlar. Para que un organismo sea un buen controlador debe poseer alta movilidad y gran capacidad reproductiva, adaptándose a las condiciones ambientales del medio donde ha de ser liberado. Los parasitoides de las plagas son insectos que completan su desarrollo o parte de él a expensas del cuerpo de otro insecto (hospedero), al que atacan causándole la muerte; los depredadores son insectos u otros animales que causan la muerte a su presa, consumiéndola total o parcialmente; y los patógenos son microorganismos (hongos, bacterias, rikettsias, protozoarios, nematodos y virus) (Cisneros, 1980; Bustillo, 1989). Algunos métodos de control biológico ampliamente utilizados son el hongo *Beauveria bassiana* (Bauveril), la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Dipel, Turilav, etc) y la liberación en los cultivos del parasitoide de huevos *Trichogramma* sp. (Figura 7.10).



**Figura 7.10. Parasitismo de huevos por *Trichogramma* sp.**

### Control con extractos vegetales

Otro método usado en este tipo de control lo constituyen los biopreparados, que pueden ser utilizados también en el control de plagas o como estimulantes de crecimiento, para lo cual se emplean los extractos de algunas plantas de gran actividad bioquímica como controladores naturales de insectos. Se destacan especies como ruda, albahaca, caléndula, ají, ajo, flor de muerto y diente de león, entre otras.

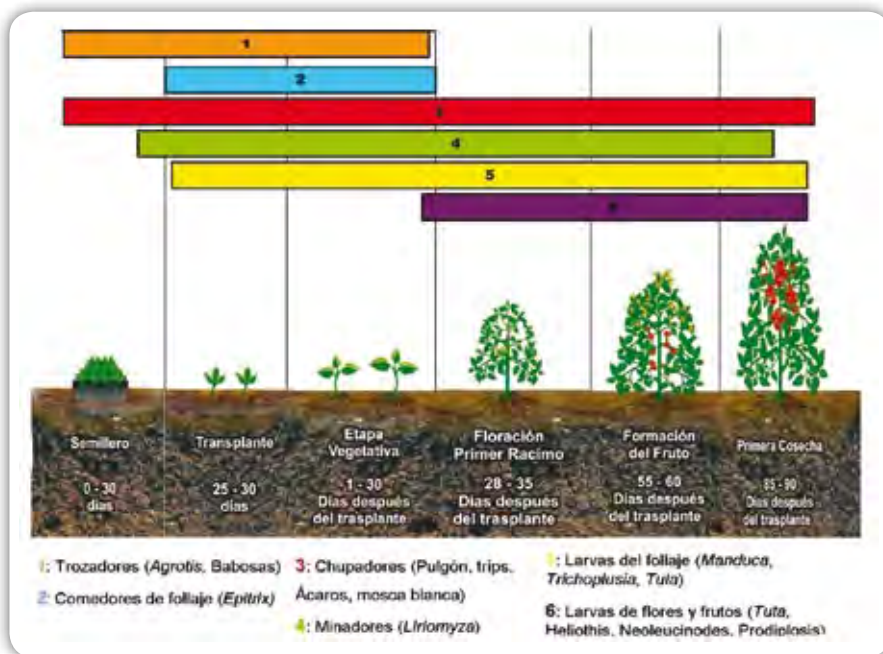
### Control químico

El control químico hacia los seres invasores es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas insecticidas. Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de pesticidas o plaguicidas.



El uso de plaguicidas químicos debe ser justificado y racional, de acuerdo con criterios técnicos basados en seguimientos sistemáticos y teniendo en cuenta los umbrales de daño para cada cultivo (cuando se disponga de ellos), nunca por aplicaciones calendario. Por tanto, se debe contar con una asesoría técnica de personal idóneo en este tema y seguir las recomendaciones de la etiqueta. Es necesario identificar el problema y definir claramente la necesidad o no de un control químico (Tabla 7.2).

Cuando el control químico sea necesario se debe tener la identificación correcta de la plaga que ocasiona un mayor daño en el cultivo y la fase de su ciclo biológico. El conocimiento de la fenología del cultivo es muy importante para el manejo integrado de plagas, ya que la susceptibilidad del cultivo al daño por los organismos plaga varía según su estado de desarrollo. A su vez, la incidencia de las plagas está en función de los factores ambientales y de la condición del cultivo. El conocimiento de la presencia de estos seres perjudiciales, de acuerdo con el estado de desarrollo del tomate, puede servir al técnico o al agricultor para concentrar sus esfuerzos de detección, seguimiento y control. Se podrá entonces evaluar con mayor propiedad la importancia del ataque de una plaga en particular y las posibles medidas de manejo al conocer la variedad del cultivo, la población de la plaga y sus umbrales de acción en función de la etapa del desarrollo del tomate (Figura 7.11).



**Figura 7.11. Ataque de plagas según el estado de desarrollo del cultivo**



**Tabla 7.2. Criterios a tener en cuenta para el uso de plaguicidas en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.**

ANTES DE LA APLICACIÓN	DURANTE LA APLICACIÓN	DESPUÉS DE LA APLICACIÓN
<p>El uso de plaguicidas químicos debe ser justificado y racional, de acuerdo con criterios técnicos basados en muestreos sistemáticos y teniendo en cuenta los umbrales de daño para cada cultivo, nunca por aplicaciones calendario de enfoque preventivo.</p>	<p>Antes de empezar a aplicar, revisar la etiqueta para ver si hay algún elemento de protección especial que se recomienda colocar.</p>	<p>Si sobró mezcla en la aspersora, aplicarla en una parte del cultivo no tratado, en una parte del cultivo tratado o en un área destinada para estos residuos (denominada "barbecho"), alejada del paso del público y debidamente demarcada.</p>
<p>Elegir el producto más específico para la plaga a controlar y su forma de aplicación teniendo en cuenta el modo y mecanismo de acción, la clase toxicológica, el precio y el efecto sobre otras plagas, la eficiencia y poder residual, dosis, plazo de seguridad (tiempo de espera o de reingreso) y productos aplicados anteriormente.</p>	<p>Revisar cuidadosamente los equipos y accesorios de aplicación, con el fin de corregir fugas en las diferentes partes de los equipos.</p>	<p>Lavar los equipos de aplicación, sin contaminar fuentes de agua. Pueden lavarse directamente en el sitio de trabajo y echar el agua del lavado al cultivo o en el "barbecho" (lugar aislado de la finca destinado para la eliminación de estos residuos).</p>
<p>Se deben emplear productos oficialmente registrados en el país (Registro ICA) y recomendados para el cultivo.</p>	<p>Emplear todos los elementos de protección personal recomendados.</p>	
<p>Se deben rotar o mezclar adecuadamente los plaguicidas para asegurar que las aplicaciones tendrán buenos resultados y que se han realizado según las normas nacionales dadas.</p>	<p>Aplicar con viento leve o en calma y de tal manera que el viento aleje la nube de aspersión del operario.</p>	<p>Guardar bien cerrados los empaques o envases con sobrantes en la bodega destinada a los plaguicidas.</p>
<p>Usar preferiblemente los plaguicidas de categoría III y IV de toxicidad.</p>	<p>Darse cuenta hacia dónde está corriendo el viento cuando se vaya a iniciar el recorrido de aplicación, para hacerla en esa dirección.</p>	





ANTES DE LA APLICACIÓN	DURANTE LA APLICACIÓN	DESPUÉS DE LA APLICACIÓN
<p>Los agricultores deben ser conscientes de restricciones de ciertos químicos en países específicos. Se ha excluido totalmente la aplicación de productos cuyos grupos químicos pertenezcan a Fosforados, Clorados y Carbamatos, desde el cuaje de los frutos en la planta hasta la cosecha.</p>	<p>Aplicar con bajas temperaturas en las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde, evitar las horas más calientes del día (ya que hay mayor evaporación y los equipos de protección producen mayor sudoración).</p>	<p>Descontaminar los envases (bolsas o frascos) que vayan quedando vacíos mediante la técnica del triple lavado, en la siguiente forma: llenarlos con agua hasta en una tercera o cuarta parte, taparlos y agitarlos vigorosamente y echar el enjuague a la aspersora o al tanque donde se está preparando la mezcla. Repetir el procedimiento varias veces más. Esta práctica, además de descontaminar el envase, permite aprovechar la totalidad del plaguicida.</p>
<p>Usar preferiblemente los plaguicidas de categoría III y IV de toxicidad.</p>	<p>Darse cuenta hacia dónde está corriendo el viento cuando se vaya a iniciar el recorrido de aplicación, para hacerla en esa dirección.</p>	<p>Perforar el frasco una vez realizado el triple lavado para evitar adulteraciones del producto.</p>
<p>No comprar productos en envases deteriorados, rotos o con fecha de expiración vencida, o con el sello adulterado.</p>	<p>No permitir que los niños apliquen y/o manejen plaguicidas.</p>	<p>Almacenar los envases inutilizados en un sitio cerrado y exclusivo para este uso.</p>
<p>El centro de acopio o comercializador debe revisar con frecuencia las restricciones sobre el empleo de agroquímicos e informar a los productores.</p>	<p>No permitir el ingreso de personas y animales al lugar o cultivos donde se encuentra realizando la aplicación.</p>	
<p>El transporte del producto debe cumplir las normas de ley, desde el punto del distribuidor hasta el lote de aplicación, a fin de evitar intoxicación o contaminación ambiental.</p>	<p>No fumar, comer y/o beber durante la manipulación y aplicación del producto.</p>	

ANTES DE LA APLICACIÓN	DURANTE LA APLICACIÓN	DESPUÉS DE LA APLICACIÓN
<p>Tener en cuenta la recomendación técnica con relación a la oportunidad y frecuencia de aplicación según el problema a tratar, plazos recomendados entre la última aplicación y la cosecha de los productos (período de carencia), así se evitará contaminación de los productos cosechados.</p>	<p>Utilizar los insecticidas y acaricidas cuando la planta no tenga condiciones de estrés por agua, ya que estos pueden acarrear toxicidad.</p>	<p>La ropa usada para la aplicación de plaguicidas, debe lavarse separada de la ropa de la familia y usar guantes de caucho, para evitar intoxicaciones de la persona que realiza esta actividad doméstica.</p>
<p>Tener en cuenta el momento de la aplicación de los agroquímicos para evitar deriva y pérdida del producto por lluvias. En algunos casos se deben emplear adherentes.</p>	<p>Verificar que la cobertura de la aplicación sea la adecuada, evitando conejos o áreas sin fumigar. De ser posible, revisar la cobertura mediante el uso de papel hidrosensible.</p>	<p>Bañarse completamente el cuerpo con agua y jabón, incluyendo el cuero cabelludo y uñas</p>
<p>Calcular el volumen de producto de acuerdo con el área a aplicar y calibración del equipo según las dosis recomendadas en la etiqueta del producto. Es recomendable el uso de probetas para la medición de los plaguicidas líquidos, evitando en todos los casos el reenvase.</p>	<p>Tomar las precauciones necesarias y aplicar las recomendaciones técnicas para evitar daños al ambiente, a cultivos cercanos o animales.</p>	<p>Mantener registros de inventario de los agroquímicos que se están empleando para la protección de cultivos.</p>



## Muestreo y niveles críticos

La base para el uso racional de productos enfocados en la protección de cultivos es la vigilancia y seguimiento (muestreo) constante de la plantación. La única manera de saber si se justifica aplicar un agroquímico es ir al campo, observar y determinar cuál es el nivel de las poblaciones de organismos plaga. Para realizar un buen seguimiento, resulta esencial conocer la fenología de los cultivos y su biología, así como el comportamiento de los organismos plaga y sus factores de regulación natural. De la misma forma, antes de cada cultivo es necesario conocer la historia del lote en cuanto a plagas y el estado de los cultivos vecinos.

Después de cada seguimiento (muestreo) se decide si se puede convivir con los organismos dañinos, o se requiere manejo o supresión, utilizando un producto para la protección de cultivos, teniendo en cuenta que el empleo de este debe realizarse únicamente si la población del organismo es tan abundante (superando el nivel crítico) que pueda provocar pérdidas económicas en los plantíos; esto significa que las pérdidas causadas por la población de organismos no benéficos deben tener un valor por lo menos igual al costo de comprar y aplicar un agroquímico. Si una población plaga no ha alcanzado su nivel crítico, no sería rentable aplicar un agroquímico.

Los productos para la protección de los cultivos seleccionados (agroquímicos o plaguicidas) tienen que causar el mínimo impacto ambiental sobre los enemigos naturales y deben ser utilizados según las dosis recomendadas en la etiqueta; además del tipo de plaguicida, el método de suministro puede determinar la eficacia de una aplicación y su impacto sobre los enemigos naturales, razón por la cual es importante considerar: i) el volumen total de mezcla a aplicar por unidad de área; ii) a qué parte de la planta se dirigirá la aplicación; iii) el momento oportuno (hora) de aplicación; y iv) el uso de adherentes u otros productos que permitan incrementar la eficiencia de la misma. El muestreo no solo cuantifica el daño económico sino que además permite evaluar los factores de mortalidad natural dentro de los cultivos, dando la oportunidad de adoptar otras alternativas de manejo de plagas antes de que suceda lo peor.

Existen varios factores que influyen en la toma de muestras y que se amplían a continuación (Barfield, 1989):

**Herramientas de muestreo.** Estas varían según la plaga que se quiere muestrear (ecología y biología) y de las características del cultivo; por ejemplo, al monitorear gusanos cogolleros en maíz se utiliza un muestreo visual (lo mismo



ocurre para el muestreo de larvas o gusanos en hortalizas), mientras que para el arroz, trigo y pastos se utiliza una red entomológica. Se debe tratar de hacer uso de herramientas que provean información de más de una plaga al momento de tomar la muestra, como también es necesario que la herramienta utilizada para el muestreo pueda brindar información confiable para poder efectuar las estimaciones de la densidad de población en todo el campo y así elegir las alternativas de control más acertadas (Barfield, 1989).

**Muestreo de plagas en el suelo.** Para tomar muestras de plagas en el suelo se utiliza un azadón o pala para realizar un hueco de 30 cm de ancho x 30 cm de largo y 20 cm de profundidad. Este suelo se tamiza o se deshace sobre un pedazo de polietileno (plástico) de color blanco, con el propósito de descubrir larvas o gusanos de polillas y cucarrones. Cuando se registra una densidad de población de 6 larvas grandes o 12 pequeñas en 25 agujeros por hectárea, se considera estar en el nivel crítico.

**Camilla de muestreo.** Consiste en una manta pesada, preferiblemente blanca o amarilla, a la cual se le pueden agregar dos bolas en el extremo más largo para facilitar su extensión. Las medidas de la manta varían según el distanciamiento de siembra del cultivo entre las hileras (surcos), pero por lo general es de 1 m de largo x 0,90 m de ancho. Dicha manta se coloca en la calle entre los surcos o hileras de las plantas del cultivo que se va a muestrear y luego se sacuden vigorosamente con las manos para que los animales caigan de las plantas a la manta y puedan ser contados.

**Inspección visual.** Es quizá la herramienta de monitoreo de plagas más utilizada debido a su uso simple y conteos directos de los organismos patógenos por unidad de área o hábitat en el lugar o sitio de muestro. El conteo y registro de datos se realiza al observar la planta entera o sus estructuras vegetativas específicas (hojas, tallos, frutos, yemas terminales, etc.). Para realizar este muestreo se necesita en algunas ocasiones de una lupa de mano (lente de aumento), especialmente si los insectos u otros artrópodos monitoreados son muy pequeños. Existen casos en los cuales el método de inspección visual requiere de la destrucción de las plantas a muestrear, por ejemplo, en el caso de barrenadores del tallo o de la vaina. La destrucción de plantas solamente podría ser preocupante si las plantas a muestrear son de gran valor comercial.

**Trampas con atrayentes.** Consiste en fabricar trampas con alguna especie de cebo (atrayente alimenticio, sexual o luminoso), el cual capturará las plagas para luego determinar su densidad poblacional (Figura 7.12).





**Figura 7.12. Trampas para captura de insectos: a) Trampa de agua con feromona sexual para cogollero del tomate; b) Trampa pegante de color amarillo para mosca blanca y minadores; c) Trampa pegante de color azul para trips**

### Número de sitios a muestrear

El número de sitios a muestrear en el campo varía según los siguientes factores:

- **Tamaño del campo:** En el caso de cultivos hortícolas en los cuales los lotes de producción no son mayores de una hectárea, se recomienda tomar cinco sitios por lote.
- **Disposición espacial de la plaga en el campo:** para determinar el número de muestras a realizar y los sitios dentro del campo para tomar dichas muestras es necesario conocer la forma en que la plaga se distribuye en el campo (al azar, uniforme o agregada); por ejemplo, si la plaga a monitorear se encuentra en todo el terreno de manera uniforme el muestro requerirá de menos muestras que si está distribuida agregadamente. Ya que la mayoría de plagas que afectan el tomate se distribuyen por focos, hay que emplear un número tal que cubra áreas con y sin focos.
- **Precisión:** la precisión en los monitoreos de plagas aumenta con el incremento del número de muestras, pero el número de estas debe proporcionar datos que sean confiables y obtenidos en forma rápida y económica.
- **Frecuencia de muestreo y etapas fenológicas del cultivo:** la susceptibilidad de la planta al daño provocado por las plagas varía según las etapas fenológicas del cultivo, de tal manera que en aquellas etapas críticas (más susceptibles al ataque de plagas o cuando las condiciones climáticas favorezcan el desarrollo de dicha plaga) los muestreos deben ser más frecuentes, hasta dos veces por semana.



- **Niveles críticos (umbrales de acción):** la filosofía del MIP tiene como una de sus finalidades racionalizar el uso de los productos para la protección de cultivos (plaguicidas). Por tal motivo, se ha desarrollado la técnica del nivel crítico (umbrales de acción), una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. La aplicación del control de la plaga se hace cuando la población de esta sobrepasa el nivel crítico.

El concepto en general es soportar la presencia de la plaga hasta el punto que dicha plaga cause suficiente daño para que el beneficio marginal de su control justifique el costo de este control.

El nivel crítico será entonces el nivel mínimo de la población, donde el beneficio marginal del control es igual al costo marginal del mismo. La definición del nivel crítico se aproxima a lo que se llama 'niveles de daño económico'. Los niveles críticos (umbrales de acción) son expresados como:

- Densidades absolutas: por ejemplo, un promedio de 25 crisoméidos por metro lineal.
- Densidad relativa: por ejemplo, 15 loritos verdes por golpe de la red.
- Estimados de daño: por ejemplo, porcentaje de frutos dañados.

Es muy importante considerar que los niveles críticos no son estáticos sino más bien cambiantes, y pueden variar debido a varios factores, dentro de los que se encuentran:

- Diferentes regiones.
- Valor económico de los insumos y productos que se comercializan.
- Etapas fenológicas de los cultivos.
- Variedades.
- Factores ecológicos.

En periodos susceptibles los niveles críticos son bajos, mientras que durante etapas resistentes estos suben; es así como cultivos saludables, provistos con suficiente agua y nutrientes, soportan más daños que las siembras en condiciones marginales. Otros factores que influyen sobre los niveles críticos son la densidad de plantas, el ataque de dos o más plagas simultáneamente y la presencia de enemigos naturales. Los cultivos atacados simultáneamente



por dos o más plagas pueden sostener el daño, aunque las poblaciones de las plagas no alcanzan sus niveles críticos individuales. Al momento de tomar la decisión de aplicar es importante considerar la presencia de los enemigos naturales –ya sea porcentaje de parasitismo o depredadores presentes– y la etapa de desarrollo del insecto.

Para obtener niveles críticos locales es conveniente consultar a agencias de extensión agrícola de la zona, a personal técnico calificado o a productores independientes que tengan experiencia en el cultivo de interés, buscando así contar con información más precisa. También es necesario recordar que estos niveles críticos son calculados de manera individual para las especies y para el tipo de control a usar, aunque en muchas ocasiones pueden ocurrir situaciones en las cuales se tiene presencia de diversas variedades animales dañando el mismo cultivo, para lo cual deben considerarse niveles críticos más estrictos.

## ▶ PRINCIPALES PLAGAS DEL TOMATE EN INVERNADERO

### Plagas del suelo, semillero y sitio de trasplante

Estas plagas hacen daño a las raíces, tallos y tejidos tiernos causando pérdidas en la población de plántulas. Generalmente sus ataques se encuentran localizados en focos en el semillero o en el campo.

- **Babosas (Gastropoda: Stylommatophora: Limacodidae)**

*Deroceras reticulatum* (Müller), babosa reticulada o gris pequeña; *Milax gagatex*, babosa rayada de las hortalizas.

Las babosas, al igual que los caracoles, pertenecen al *Phylum Mollusca*; no son insectos, pero sí una plaga de la etapa inicial del tomate una vez trasplantado a sitio definitivo en la sabana de Bogotá. Estos pequeños animales tienen el cuerpo desnudo, son sensibles a cambios climáticos y alteraciones del hábitat, tienen huevos ovoides a esféricos, de color blanco a amarillo grisáceo y translúcidos (de 4 a 5 mm de diámetro), y son puestos en grupos de 20 a 100 pegados con una sustancia mucosa. El periodo de incubación dura de 20 a 30 días, y si las condiciones no son favorables algunos meses. Los estados inmaduros alcanzan la madurez en dos a cinco meses y son similares a los adultos en morfología y hábitos, aparte de ser hermafroditas con capacidad de autofertilización, aunque también presentan fertilización cruzada. En estado adulto pueden llegar a



medir hasta 50 mm de longitud. Todos los estados de las babosas son de color café claro o gris con rayas longitudinales, dependiendo de la especie; poseen un manto que en la familia Limacidae cubre solo la parte dorsal anterior del cuerpo, mientras que en otras familias como la Veronicellidae el manto cubre todo el cuerpo. Tienen dos pares de tentáculos en la cabeza, los superiores retractales con ojos en el extremo; el cuerpo es blando, de consistencia mucosa, sin patas y se mueven reptando, dejando un rastro de baba por donde pasan (Cabezas, 2001).

El ciclo de vida de las babosas puede durar de uno a varios años –dependiendo de la especie– y demora de 12 a 18 meses para llegar al estado adulto. En este estado colocan huevos y viven por otros meses, o en muchos casos, hasta tres años más. Los individuos adultos poseen ambos sexos, colocan huevos en grupos dentro de nidos ubicados en materia orgánica, residuos de cosecha, tallos húmedos de gramíneas y bajo terrones de suelo.

La actividad de las babosas es nocturna, y cuando la humedad es alta durante el día permanecen ocultas bajo los residuos de cosecha, basuras, piedras, hojarasca húmeda, terrones de suelo, tablas y madera en descomposición, zonas internas de plantas con hojas envainadoras y arrocetadas, y en los demás residuos existentes en los lotes. Algunas secretan una sustancia sedosa y brillante, la cual permite detectarlas; además, la alta humedad del suelo y del ambiente, la baja luminosidad, la alta densidad de siembra y la presencia de malezas en los cultivos y sus alrededores favorecen el aumento de sus poblaciones. Los potreros de pastos que colindan con las hortalizas proporcionan condiciones húmedas para ellas (Sánchez y Moreno, 2004).

Las especies atacadas por las babosas son hortalizas de clima frío como repollo, col, coliflor, lechugas, espinaca, acelga, remolacha, zanahoria, fresa en campo abierto y tomate (Figura 13), maíz dulce, pepino bajo cubierta, flores (clavel, gladiolo, rosa,



**Figura 7.13. Babosa atacando tomate**



alstroemeria, gerbera, orquídeas, jardines y ornamentales en general) y cultivos como papa, maíz, frijol, achira, caléndula y tréboles.

Las babosas poseen cuerpo blando pero tienen un aparato bucal fuerte, el cual es utilizado para alimentarse de tejido vegetal tierno, principalmente de la parte foliar mediante raspaduras y en ocasiones de raíces, las cuales son cortadas y masticadas (de la misma forma que los trozadores cortan las plántulas recién trasplantadas, pero a diferencia de estos las consumen completamente). Las horas de alimentación son nocturnas, especialmente después del riego o de la lluvia y pueden subir a un tallo de 1,8 m, alimentarse y regresar a su escondite.

Así mismo, son muy activas en periodos húmedos, zonas regadas de forma constante y cerca de sitios de mal drenaje; por el contrario, en épocas secas entran en un periodo de dormancia y solo vuelven a activarse cuando aparecen de nuevo las lluvias o ante la presencia de agua.

Las recomendaciones para el manejo de las babosas son muy similares a las de los trozadores: preparación del suelo, recolección y destrucción manual. Cabezas (2001) reporta algunos estudios donde se encontró, como método de seguimiento y control para babosas, el uso de cebos a base de cogollos de alstroemerias o la mezcla de cogollos de ellas con zanahoria en relación 1:1. Durante muchos años los productores han utilizado pedazos de costales de fique, que son humedecidos al final de la tarde y colocados en lugares donde se presume pueden estar atacando los moluscos; al día siguiente se levanta para detectar y establecer la presencia de la plaga. El nivel de población encontrada y el tamaño de los individuos permitirán tomar las medidas de control pertinente. Del mismo modo, se usa la relación entre los signos dejados por las babosas en su desplazamiento, como son los hilos sedosos y el daño ocasionado en las plantas, raspaduras en el mesófilo, corte de plántulas y –en ocasiones– huecos en hojas jóvenes, por lo que se puede proceder a buscarlas debajo de las hojas más próximas al suelo, bajo terrones grandes y húmedos. Diferentes especies de arañas, pájaros, sapos y ratones ayudan en la regulación de babosas y además para su manejo se viene utilizando metaldehído como cebo y fermentados de ajeno seco.

- **Tierreros y Trozadores (Lepidoptera: Noctuidae)**

*Agrotis ipsilon* (Hufnagel), gusano trozador negro; *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), gusano cogollero del maíz; *Copitarsia* sp., muque de la papa.

El gusano tierrero negro es posiblemente una de las plagas más comunes. Es conocido entre los agricultores como trozador, cortador, tierrero o rosqui-

lla. Forma parte de un grupo de *Noctuidae*, entre los que se destaca también *Spodoptera* spp., *Copitarsia* sp. y otros que son frecuentes en la primera etapa de desarrollo de muchos cultivos de importancia económica y cuyos daños son frecuentes (Vélez, 1994; Sánchez y Moreno, 2004).

Son polillas nocturnas cuyo daño más importante lo hacen las larvas, que generalmente atacan en focos o parches y se presentan de forma abundante durante periodos secos, con temperaturas altas y en presencia de malezas y gramíneas, pastos o residuos de cosechas anteriores. Las hembras adultas depositan alrededor de 1.800 huevos en el suelo o sobre las malezas, los que tardan de 4 a 14 días en eclosionar; posteriormente, las larvas se alimentan de las plantas en las primeras semanas después del trasplante, atacando sus cuellos y raíces y dañando en ocasiones el follaje, principalmente en las horas de la noche. Estas larvas se pueden localizar escarbando el suelo junto a la base de la planta cortada, ya que permanecen inmóviles dentro del suelo durante el día (Figura 7.14).



**Figura 7.14. Larva de trozador**

El daño que causa este gusano se diferencia del causado por hongos porque en la raíz o tallo se observa la superficie roída o cortada por estos insectos (Rodríguez *et al.*, 1994; La Torre, 1990).

El gusano tierrero negro tiene un amplio número de plantas hospedantes, tanto cultivadas como silvestres. Los cultivos más afectados son generalmente maíz, algodón, frijol, tabaco, arroz, ajonjolí, maní, papa, tomate, cebolla, crucíferas (repollo, brócoli, coliflor), zanahoria y otras especies hortícolas como la soya, pinos, fresa y plantas ornamentales (Vélez, 1987).



Este gusano afecta únicamente plantas en primera etapa de desarrollo, frenando sus ataques cuando la planta adquiere mayor desarrollo o haciéndolo en forma muy limitada, aspecto en el que difiere de algunas especies de *Spodoptera* y en el muque de la papa.

Por su parte, el gusano cogollero del maíz es una de las especies insectiles que más afecta cultivos de importancia económica. Las larvas muestran marcada predilección por las gramíneas cultivadas como silvestres, destacándose dentro de las primeras el arroz, el maíz, el sorgo, el trigo, la avena, la caña de azúcar y los pastos; siendo además frecuente en ajonjolí, soya, maní, tabaco y especies hortícolas como el tomate. Más de 62 especies han sido reportadas como hospedantes de esta plaga (Vélez, 1987).

Finalmente está el muque, que actúa como trozador cuando las plántulas están recién trasplantadas (cortando las plantas sin consumirlas), como raspador en los primeros ínstaes y como comedor de follaje en los dos últimos ínstaes. Es dañino en épocas secas y en los estados iniciales de desarrollo de las plantas. El muque ataca la mayoría de cultivos de clima frío; por ejemplo crucíferas, lechuga, espinaca, cilantro, cebolla de bulbo, arveja, haba, alfalfa, papa, maíz, cebada, trigo, flores (pompón, clavel, rosal, alstroemeria, gladiolo, crisantemo), curuba y caléndula, y se ha reportado en malezas como la gualola (Posada, 1989, citado por Sánchez y Moreno, 2004)

Para el control de este tipo de gusanos la principal práctica es la preparación del terreno y la recolección manual de larvas y pupas durante esta labor al interior del invernadero, la eliminación de malezas dentro y fuera del mismo (estas especies preferentemente ponen sus huevos en ellas), y la ubicación de trampas de luz alrededor del invernadero para la captura de los insectos adultos, estimando así sus poblaciones relativas. Otra medida de control es el uso de coberturas plásticas sobre las camas, ya que muchas larvas se lanzan al suelo para empupar y al encontrarse con el plástico se evita que puedan entrar en el suelo y completar su ciclo (La Torre *et al.*, 1990; Vélez, 1987; Jaramillo *et al.*, 2007).

En caso de encontrarse la plaga en el interior del invernadero se recomienda la aplicación de un cebo tóxico 8 días antes del trasplante, preparado a base de un ingrediente activo como clorpirifos (Lorsban) a razón de 3 a 5 g, Carbaryl (Sevin) 2 a 3 g/L de miel o melaza en 2 kg de cascarilla de arroz, aserrín u otros, y adicionando agua hasta que la mezcla tenga una consistencia blanda. Todos estos ingredientes se revuelven muy bien y se forman pequeñas bolas, las cuales



se distribuyen al interior del invernadero. Es importante que la persona encargada de preparar la mezcla utilice guantes y tapabocas para evitar intoxicación (Londoño, 2006).

En cuanto al control biológico, las larvas son afectadas con frecuencia por el hongo *Nombre rileyi* y *Metarrizhium anisopliae* (La Torre *et al.*, 1990). En la sabana de Bogotá el muque es afectado por *Apanteles* sp. (Sánchez y Moreno, 2004). Esta plaga es limitante en las primeras siembras dentro del invernadero, pero luego –si se maneja adecuadamente y la estructura está aislada por baberos sellados con suelo– la población es controlada totalmente. El control químico solamente se debe aplicar cuando las poblaciones del insecto sean muy altas (ver Tabla 7.3).

- **Chiza, mojoy o cucarrón marceño**  
(Coleoptera: Scarabidae - Melolonthidae)

Existe una gran diversidad de especies de este tipo de insectos; su importancia varía de una región a otra, dependiendo de la especie incidente. El surgimiento de los adultos está asociado con la llegada de las lluvias durante los meses de marzo, abril y mayo (de allí se deriva su nombre de cucarrón marceño); por tanto, en dichos meses se inicia la infestación. Se ha observado que la acumulación de materia orgánica de origen animal atrae a los adultos para la postura. En su estado de larva ataca las raíces cortándolas y consumiéndolas, causando raquitismo y volcadura de plantas, permaneciendo allí en el proceso de consumo durante seis meses. Los adultos perforan las hojas, dejándolas esqueletizadas y causando retrasos en el desarrollo de las plantas (Figura 7.15) (Londoño, 2001).

La estrategia de control es a mediano y a largo plazo. El control biológico se puede realizar con el hongo *Metarrizhium anisopliae*, la bacteria *Bacillus popillae* o con el nematodo *Steinernema carpocapsae*, organismos que se encuentran en forma natural en los suelos donde se presentan los daños.



**Figura 7.15. Larva de chiza o mojoy**



También existen formulaciones comerciales de algunos de estos organismos que se pueden aplicar al suelo, para que con el tiempo se establezcan en el lote y vayan reduciendo las poblaciones de la plaga (Londoño, 2001).

Para el manejo del adulto (cucarrón marceño) se recomienda utilizar de manera preventiva la trampa de luz ultravioleta y promover campañas comunitarias para la captura de los escarabajos. Esta práctica elimina un gran número de insectos, de tal manera que las posturas disminuyen y el número de larvas en el suelo será menor.

La preparación de suelos previa a la siembra ha demostrado ser de gran utilidad en el manejo de chizas en el cultivo de tomate, práctica que permite exponer las larvas a la acción del aire y del sol, factores del clima que les causan deshidratación y muerte. El recoger a mano al momento de la preparación del lote y en el momento del aporque ayuda a reducir la población en estado larval, además de facilitar el reconocimiento de los agentes naturales de control por parte del agricultor (Londoño, 2001).

### Chupadores o minadores del follaje

- **Mosca Blanca (Homoptera: Aleyrodidae)**

*Trialeurodes vaporariorum* (West); *T. variabilis* (Quaintance); *Bemisia tabaci* (Genn); *B. tabaci* biotipo B.

Su importancia como plaga radica en el daño causado por adultos y estados inmaduros al succionar la savia de la planta (Figura 7.16); aunque son muy pequeños, su número en las hojas de las plantas puede llegar a ser tan alto que cubre completamente el envés de estas estructuras, produciendo grandes cantidades de melaza o miel de rocío, la cual cae sobre las hojas inferiores y frutos, a su vez que estimula la formación de fumagina u hollín, deteriorando la calidad de los frutos (Figura 7.17) (Vélez, 1987).

La fumagina se forma al crecer el hongo *Cladosporium* sp. sobre la excreción azucarada o miel de rocío de adultos y ninfas de la mosca blanca. El daño causado por la fumagina es mucho mayor que el ocasionado por los adultos e inmaduros de mosca blanca al succionar la savia, favoreciéndose el desarrollo del hollín por la humedad relativa y temperaturas altas (Casadevall *et al.*, 1979). Otro daño importante es la transmisión de virus que ocasiona en cultivos de tomate, junto con el enrollamiento de los folíolos hacia el haz, mosaicos, enanismos y raquitismos; también se presenta este problema en plantas asintomáticas de corta edad.



La mosca blanca puede ser transmisora de virus, especialmente el Begomovirus y el Crinivirus, para los cuales se recomienda el empleo de variedades resistentes al complejo insecto virus (Barreto *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 1994).



**Figura 7.16. Adulto de mosca blanca en hojas**

La especie *Bemisia tabaci* es capaz de transmitir TYLC, conocido como el virus de la cuchara (Rodríguez *et al.*, 1994). En Colombia, el *T. vaporariorum* transmite al tomate el virus del amarillamiento de las nervaduras de la papa (PYVV) y *B. tabaci* biotipo B transmite el virus del mosaico suave del tomate (ToMMV) y el virus del mosaico amarillo del tomate (ToYMV) (Martínez *et al.*, 2009).



**Figura 7.17. Producción de fumagina por daño de mosca blanca afectando los frutos**



Las hembras prefieren los brotes tiernos y las hojas para ovipositar. En general, los adultos son fácilmente perturbados por el movimiento de las plantas, y verdaderas nubes de ellos realizan vuelos cortos cuando se les molesta. La clorosis, la marchitez, el enanismo y la abundante presencia de fumagina son resultados comunes cuando hay un alto número de ninfas y adultos (Vélez, 1987).

Los recuentos de mosca blanca se hacen mediante el empleo de las trampas pegajosas o redes entomológicas y recuentos directos de adultos en el follaje. Como umbral económico en tomates, se ha sugerido 10 adultos por hoja. Los huevos se pueden contar en hojas nuevas y las ninfas en hojas de mediana edad, al tiempo que las pupas en hojas desarrolladas (La Torre, 1990).

El control biológico se presenta como la mejor alternativa dentro de un programa de manejo integrado de plagas con el parasitoide *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). *E. Formosa* parasita al menos quince especies de mosca blanca de ocho géneros, y es la especie más utilizada para el control de la mosca blanca en invernaderos. La liberación puede consistir en colocar 5 pupas/m<sup>2</sup>/semana durante cinco semanas, buscando que la avispa se establezca y se reproduzca en el invernadero (Figura 7.18). Las liberaciones se deben iniciar cuando la población de la mosca blanca sea todavía baja, pues de otra forma este enemigo natural no podrá mantener su ritmo de programación a la par de la plaga ni defender adecuadamente el cultivo. Las tarjetas en que vienen las ninfas parasitadas se deben colocar debajo de hojas con ninfas de tercer instar a parasitar, para que al emerger los adultos encuentren fácilmente sus hospederos (Casadevall *et al.*, 1979; Rodríguez *et al.*, 1994; Terán *et al.*, 2007).

Para lograr mayor eficiencia en el uso de *Encarsia* se debe liberar un parasitoide por cada 17 ninfas de mosca blanca de tercer instar, evaluando el control después de 35 días, con lo cual se obtiene control del 80%. Se pueden realizar nuevas liberaciones de *E. formosa* dirigidas al control de las nuevas ninfas encontradas en los muestreos periódicos del cultivo (Aragón *et al.*, 2008).



**Figura 7.18. Adultos de *Encarsia formosa*.  
Forma de liberar el parasitoide en el cultivo**

*Encarsia formosa* es un parasitoide que hace la puesta de un huevo en una ninfa de mosca blanca, desarrollándose en el interior de esta hasta convertirse en adulto. Cuando la ninfa de mosca blanca está parasitada adquiere un color negro en el caso de *T. vaporariorum*, y marrón claro cuando se trata de *B. tabaci* (Alomar, 1989; Rodríguez *et al.*, 1994).

La clave del éxito de la avispa se debe a que las temperaturas elevadas del invernadero incrementan su actividad y reproducción más que las de la plaga. Los adultos de la avispa necesitan mucha luz y una fuente de azúcar para estimular su vuelo y buscar su hospedero; bajo estas condiciones favorables, son sumamente eficientes en encontrar y parasitar las pocas ninfas de la mosca blanca que estén distribuidas por una gran superficie del follaje denso de los tomates. El productor puede verificar el progreso en la labor de la avispa, comparando el número de aquellas ninfas de mosca blanca que se han tornado negras con el número de ninfas no parasitadas, las cuales conservan su color normal blanco-verdoso. Si el productor encuentra que más del 50% de las ninfas están parasitadas, puede sentirse seguro de que el programa está funcionando bien.

La avispa *Encarsia formosa* reduce las poblaciones de mosca blanca de dos formas: chupando los fluidos de las ninfas de primer estadio (estado inmaduro) y depositando sus huevecillos en las ninfas inmóviles de tercer estadio. Las avispas también encuentran alimento en la mielecilla excretada por los adultos de la mosca blanca cuando se alimentan de la savia del cultivo.

Otro controlador biológico que se puede utilizar es el parasitoide *Amitus fuscipennis* para manejar focos, con liberaciones de 10 a 50 pupas/ m<sup>2</sup> en 2 o 3 oportunidades.

Como alternativas de manejo de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), se ha evaluado el efecto de entomopatógenos sobre los diferentes estados de desarrollo de la plaga, observándose el 80% de eficacia insecticida de *Beauveria bassiana* ( $2,2 \times 10^{10}$  ufc/ml) sobre los dos primeros instar de las ninfas, el 30% sobre el tercer instar y el 6% sobre los adultos. Este entomopatógeno presenta el 70% de selectividad sobre el parasitoide *Encarsia formosa* y el depredador *Chrysoperla carnea* (Fuentes, 2008).

Otro controlador biológico que se encuentra en forma natural en el país es *Dicyphus agilis*, (Heteroptera: Miridae: Bryocorinae), que se ha reportado depredando moscas blancas en plantaciones de tomate y tabaco. *Dicyphus* es un depredador que hace parte del MIP en cultivos de tomate del Mediterráneo, Cana-



dá y Estados Unidos, con una eficiencia superior a la obtenida por el parasitoide *Encarsia formosa* (Acosta *et al.*, 2008).

Entre las prácticas culturales se recomienda:

- Eliminar las malezas hospedantes al interior y exterior del invernadero.
- Compostar adecuadamente los restos de cultivo.
- Usar cintas pegajosas de color amarillo, ya que la mosca blanca es atraída por este color.
- Utilizar coberturas plásticas –especialmente plateadas– sobre la cama.
- Emplear barreras vivas alrededor del invernadero para evitar la entrada de la plaga.
- Rotar el tomate con otros cultivos que no sean hospederos de la mosca blanca (lechuga, cilantro, maíz dulce o cebolla de rama y de bulbo).
- Utilizar mallas anti-insectos alrededor del invernadero.
- No abandonar los brotes al final del ciclo, ya que los más jóvenes atraen los adultos de mosca blanca.
- Realizar siembras uniformes, deshojes periódicos, manejo de las plantas hospedantes, alternas y uso adecuado de los fertilizantes, particularmente los nitrogenados (La Torre, 1990).

La utilización de aspiradoras se ha convertido en una buena alternativa para el control de la mosca blanca (Figura 7.19), con lo que se permite capturar las formas adultas de este insecto (Vélez, 1994; Jaramillo *et al.*, 2007).



**Figura 7.19. Uso de aspiradora para el control de mosca blanca**



Dentro del componente de control etológico está el uso de trampas de plástico amarillo (40 - 50 cm de ancho por 2, 4 o 6 m de largo) impregnadas de pegante (Biotraper o Biotrampa) para la captura de mosca blanca, colocándolas en el interior del invernadero a la altura en la que se encuentran los adultos y ejerciendo así un buen control en las etapas iniciales de la plaga.

En el control químico se debe tener en cuenta que hay que romper el ciclo biológico del insecto, de tal forma que es necesario utilizar un insecticida para el control de la fase adulta y otro para el control de los estados ninfales; además de ejercer una adecuada rotación de productos para evitar que la plaga adquiera resistencia (Tabla 7.3).

Las aplicaciones de productos químicos deben realizarse con equipos de ultra bajo volumen o alta presión para una distribución uniforme de las gotas finas que permitan un buen cubrimiento del follaje (Jaramillo *et al.*, 2007).

- **Trips (Thysanoptera: Thripidae)**

*Frankliniella occidentalis* (Pergande); *Thrips palmi* (Karny); *Thrips tabaci* (Linderman), Trips del tabaco.

Los trips son insectos muy pequeños; los adultos miden de 1 a 2 mm (Figura 7.20), son de color amarillo, poseen gran movilidad y viven principalmente en el envés de las hojas, aunque también se localizan en el haz. Los adultos y las ninfas causan punteados o pequeñas manchas cloróticas o plateadas en los tejidos, que cambian después a pardo marrón y deforman las hojas (Rodríguez *et al.*, 1994). Si las poblaciones de estos insectos son altas, las hojas se secan parcial o completamente.

*F. occidentalis* prefiere las flores y brotes jóvenes, en donde causa deformaciones; por su parte *Thrips palmi* prefiere el follaje y los frutos jóvenes, en los que se producen deformaciones disminuyendo así sus calidades para el mercado.

Estas tres especies de trips pueden transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV), que causa la enfermedad peste negra o marchitez manchada del tomate. La incidencia de este patógeno está también dada por otros factores, como la presencia de las arvenses bledo *Amaranthus dubius* y oreja de alce *Emilia sonchifolia*, razón por la que es importante su control (Acosta *et al.*, 2009).

Los daños de la postura se observan en frutos verdes y rojos, como punteaduras.





**Figura 7.20. Adulto de trips**

El control biológico ha dado buenos resultados con el uso de predadores como *Chrysoperla externa*, que ataca los diferentes estados de desarrollo de *T. palmi*; aparte de utilizarse *Orius* spp. y *Amblyseius* spp. Es fundamental tomar medidas de control cultural y físicas, como la destrucción de malezas hospederas alrededor de los cultivos (bledo y oreja de alce), especialmente cuando están en periodo de floración, rotación de cultivos y uso de trampas atrayentes, que se hacen con plástico azul de 40 a 50 cm de ancho por 2, 4 o 6 m de largo impregnadas de pegante (Biotraper o Biotrapa) para la captura de adultos, colocándolas a la altura en la que predominan los adultos.

En cuanto al control químico, puede hacerse teniendo en cuenta el nivel poblacional de la plaga mediante seguimientos permanentes al cultivo (especialmente en épocas secas con altas temperaturas), la biología y sus hábitos de desarrollo. De igual forma es importante evaluar en las malezas circundantes si es necesario tratarlas cuando se observan mínimo tres trips por planta, y así no tratar el cultivo si este se mantiene libre de la plaga.

Junto con todo esto, es importante la eliminación total de los residuos de cultivos anteriores de tomate antes de iniciar nuevas siembras, con una antelación mínima de 30 días.

En Colombia se comercializan tres híbridos resistentes a TSWV: los híbridos determinados Tyson y Sandokan, y el indeterminado Milano Beverly RZ. (Acosta *et al.*, 2009).



- **Minadores de la hoja (Diptera: Agromyzidae)**

*Liriomyza sativae* (Blanchard), minador del follaje; *Liriomyza trifolii* (Burgess), minador de la hoja; *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard).

Esta especie es altamente polífaga, afectando un amplio rango de familias botánicas como Compositae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Cucurbitaceae, Amarilidaceae, Alliaceae, Malvaceae, Solanaceae, Umbelíferae, Zygophyllaceae, Leguminosae y Gramineae.

Entre los cultivos agrícolas de importancia económica reportados con daños están el crisantemo, la margarita, la caléndula, la cineraria, las gérberas, la gypsophyla, la boca de dragón, el tomate, el melón, el pepino, los tagetes, el frijol y el apio (Vélez, 1994).

El daño económico lo realizan las larvas de estos insectos al construir minas y galerías en las hojas, con lo que desarrolla necrosis (Figura 7.21) (Rodríguez *et al.*, 1994). Las minas interfieren con la fotosíntesis y la transpiración de las plantas, de tal manera que si el daño se presenta en plantas jóvenes se atrasa su desarrollo. En ataques fuertes las hojas se secan por completo, y si el daño es severo en la época de fructificación la planta se defolia y los frutos expuestos al sol pueden aparecer lesionados, con lo que pueden presentarse pérdidas económicas de consideración. Cuando las larvas terminan su desarrollo, salen de la mina y quedan sobre la hoja o caen al suelo, donde se entierran un poco y forman la pupa, de la cual sale el adulto (Vélez, 1994).



**Figura 7.21. Daño por minador en hojas**



Los daños ocasionados por los adultos de la plaga se traducen en pequeñas punteaduras originadas por las picaduras de la alimentación y postura (Rodríguez *et al.*, 1994).

*L. sativae* es difícil de controlar una vez que está presente en altas poblaciones, tanto por su resistencia como por su hábito de minador que la protege de las aspersiones foliares; debido a esto, para prevenir los ataques iniciales se pueden utilizar productos translaminares (ver Tabla 7.3).

Se recomienda adoptar las siguientes medidas de control:

- Cinta pegajosa de color azul, la cual atrae los estados adultos del minador.
- Adecuada y oportuna preparación del suelo.
- Recolección y completa destrucción de residuos de cosecha donde se continúa multiplicando el insecto (este material puede aprovecharse para producir compost a aplicar en el mismo cultivo).
- Podas sanitarias de hojas afectadas, siempre y cuando no perturbe el normal desarrollo y maduración de los frutos.
- No exceder el uso de los fertilizantes nitrogenados, pues una exuberancia del follaje atrae más la plaga.
- Manejo adecuado de las malezas, cuya destrucción debe realizarse si se comprueba que existe peligro de migración de esta especie al cultivo.
- Uso de máquinas aspiradoras para captura de adultos (Vélez, 1994).

#### • **Áfidos o pulgones (Homoptera: Aphididae)**

*Aphis gossypii* (Glover), pulgón del algodón; *Myzus persicae* (Sulzer), pulgón verde de la papa; *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), pulgón mayor del algodón.

Estas plagas generalmente se ven favorecidas por las épocas secas y son limitantes en las plantas en sus primeros estados de desarrollo. Aunque pueden aparecer durante todo el ciclo de cultivo, el periodo más crítico está entre la siembra en semillero y los primeros 30 días después del trasplante.

Este tipo de insectos se alimentan de los tejidos vegetales de las plantas y tanto los adultos como las ninfas viven en colonias, en el envés de las hojas terminales y en los brotes. En altas infestaciones, invaden las hojas más maduras;



al alimentarse succionan savia e inyectan una saliva tóxica que provoca arrugamiento de las hojas, disminuyendo el vigor de la planta y ocasionando deformaciones y amarillamientos, enanismo y en ocasiones la muerte (Figura 7.22).

Puede causar cuantiosas pérdidas a los cultivos, ya que su alcance radica en la transmisión de virus a las plantas. Entre las infecciones transferidas por los áfidos al tomate están: el PYVV (virus del amarillamiento de las nervaduras de la papa), el VMP (virus del mosaico del pepino), el VGT (virus del grabado del tabaco) y el TRSV (virus de la mancha anular del tabaco); cada uno de ellos puede ser transmitido por más de una especie de áfido. Igualmente producen contaminación producida por la melaza o miel de rocío excretada por los pulgones, la transmisión de enfermedades como la fumagina en las excreciones azucaradas y el hongo negro que cubre totalmente las hojas e impide todos los procesos fotosintéticos de las mismas (Rodríguez *et al.*, 1994; La Torre *et al.*, 1990).



**Figura 7.22. Pulgones chupadores de follaje**

Entre los diversos métodos, los más utilizados para estimar las infestaciones por áfidos son: el promedio de áfidos por hoja, la incidencia de áfidos en el cultivo expresado porcentualmente y el número de áfidos capturados en trampas amarillas, las cuales permiten detectar la llegada de los áfidos alados y tomar medidas oportunas para prevenir la transmisión de ciertas virosis (La Torre *et al.*, 1990).

Para el control de áfidos se han empleado tácticas diversas, entre las que se encuentra el control biológico, ya que los áfidos son los insectos que más enemigos naturales (depredadores, parásitos y entomopatógenos) atraen a un cultivo;

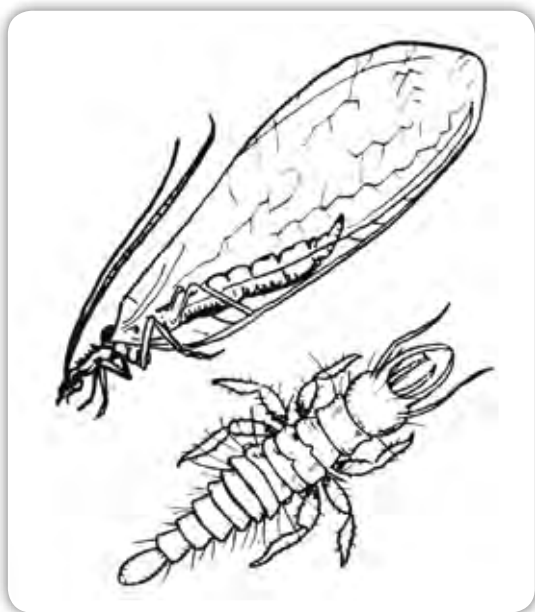


de ahí lo importante de no eliminarlos totalmente con insecticidas. Como depredador de larvas y adultos están los insectos *Chrysoperla externa* (Figura 7.23) y el *Chrysopa formosa*, cuyas larvas son muy voraces y móviles, y cuyos adultos comen melaza y polen actuando fundamentalmente sobre pulgones, mosca blanca y ácaros (Rodríguez *et al.*, 1994; Perkins, 2009).

Así mismo están los coleópteros coccinélidos (*Coccinella septempunctata*) (Figura 7.24), que tanto adultos como larvas se encargan de regular las poblaciones de áfidos. El *Eriopis connexa* (Germar) es el depredador de áfidos más frecuente en los campos de la sabana de Bogotá y demás zonas de clima frío. Es un cucarroncito negro pequeño –de 5 mm de largo por 2,5 mm de ancho– con 8 manchas rojas semicirculares sobre sus élitros o alas endurecidas. Una larva de *E. connexa* destruye en promedio, bajo condiciones de laboratorio, 44,2 áfidos diarios y vive como larva 24,6 días, de los cuales se alimenta durante 20 (Sánchez y Moreno, 2004).

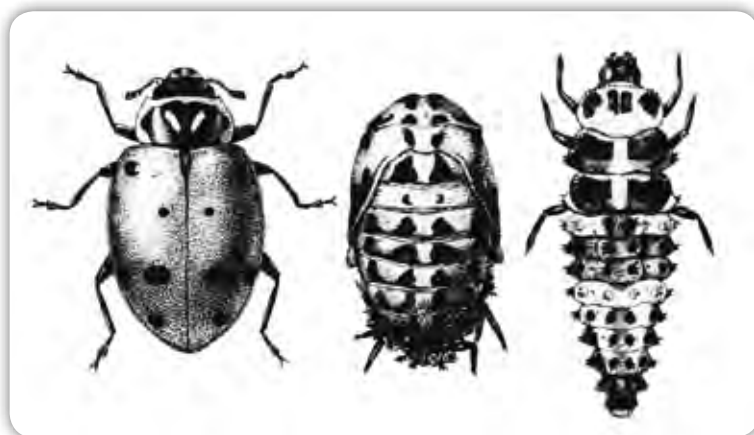
Los parasitoides *Aphelinus* sp. (Hym.: Aphelinidae) y *Praon pos. occidentale* (Hym.: Braconidae) son potenciales controladores de áfidos (*Macrosiphum euphorbiae*), siendo el primero más eficiente, principalmente cuando los hospederos son juveniles (< a 3 días de emergidos); mientras que el segundo es más eficaz cuando los hospederos son sexualmente maduros (> a 4 días de emergidos) (Cantor *et al.*, 2008).

Los parasitoides *Aphidius matricaria* y *Lysiphlebus testaceipes* son dos géneros de parasitoides cuyas hembras depositan un huevo en el interior del cuerpo del pulgón. La larva nacida de este huevo se desarrolla en el interior del pulgón, a expensas de él, lo fija a la planta y le hace tomar un aspecto hinchado, endurecido y una coloración marrón (denominado como ‘momia’). El adulto emerge haciendo un orificio en la parte posterior de la momia (Rodríguez *et al.*, 1994).



**Figura 7.23. Adulto y larva de *Chrysoperla***





**Figura 7.24. Larvas y adultos de Coccinellidae**

Los entomopatógenos más utilizados son productos comerciales a base de los hongos *Beauveria bassiana* ( $2,2 \times 10^{10}$  ufc/ml) (Fuentes, 2008) o *Verticillium lecanii*. Las trampas pegajosas de color amarillo son atrayentes de las formas aladas y se utilizan para la detección de las primeras infestaciones de la plaga (Rodríguez *et al.*, 1994).

Las liberaciones de *Crisoperla* en cultivos de porte bajo varían en dosis que van entre 20.000 y 60.000 larvas/ha. En bolsas de papel de 2 kg se colocan 5.000 huevos de crisopa, junto con huevos de *Sitotroga* y cascarilla de arroz. Iniciada la eclosión de las crisopas, el contenido de las bolsas se mezcla uniformemente en recipientes que contengan 5 galones de cascarilla de arroz y entonces se procede a distribuir las al voleo sobre la superficie del cultivo. En cultivos bajo invernadero el sistema es similar al anterior, sin embargo, las dosis a usar son superiores y van entre 50.000 y 300.000 larvas/ha, debido a lo intensivo del cultivo y a los bajos niveles de daño permitidos. Se deben dosificar y empaclar por bolsa la cantidad requerida por cama (Perkins, 2009).

El control químico de los áfidos por medio de insecticidas ha sido el más utilizado. En la actualidad existen productos específicos que, usados en dosis bajas y con suficiente agua, no afectan la fauna benéfica (ver Tabla 7.3). Con todo, la *Myzus persicae* es una de las especies que más ha desarrollado resistencia a los plaguicidas.

Las poblaciones también pueden reducirse con el uso de aplicaciones jabonosas al 2%, de aceites vegetales como Triona al 5% y de extractos de plantas como Biomel en dosis de 2,5 cc/L (García, 2000).



- **Ácaros o Arañuelas**

*Tetranychus urticae* (Koch), arañita roja; *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval), arañita roja; *Aculops lycopersici* (Massei); *Polyphagotarsonemus latus* (Banks).

Todas las especies de ácaros, a excepción del *P. latus* que se presenta en época de floración y tiempo lluvioso, son plagas que incrementan sus poblaciones en época seca y con altas temperaturas (Vélez, 1987). Generalmente su daño se inicia por focos, en los que se presenta un follaje con coloraciones amarillas provocando necrosis y caída de hojas. Estos focos deben tratarse con aspersiones de productos a base de azufre.

Sumado a esto, es primordial antes de dirigir el control verificar si hay huevos y estados móviles de los ácaros para evaluar el verdadero efecto de los acaricidas a aplicar; la mayoría de los acaricidas no tienen efecto ovicida y obran por acción de contacto. Por otra parte, si la población de huevos es muy alta y no se cuenta con un producto ovicida, se justifica una segunda aplicación en los focos para eliminar las formas móviles nacidas de estas posturas (Barreto *et al.*, 2002).

Considerando que el periodo vegetativo del tomate es muy corto y que el daño ocasionado por los ácaros es drástico y muy rápido, se recomienda mantener controles preventivos aplicando fungicidas a base de mancozeb y azufre elemental en tiempo seco, a intervalos no mayores de 10 días (Barreto *et al.*, 2002).

### **Ácaro rojo (Acarina: Tetranychidae)**

*Tetranychus urticae* (Koch), arañita roja

*T. urticae* es una de las especies más polífagas de la familia Tetranychidae, con una extensa lista que incluye más de cuatrocientas plantas hospedantes. Es una plaga común en diversos cultivos, tales como hortalizas, ornamentales, árboles frutales, algodón, frijol, tomate, yuca, crisantemo, rosas, mora, lulo y fresa, entre otras (Vélez, 1987).

Todos los estados móviles de estas arañitas se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales, generalmente por el envés de la hoja, generando puntos necróticos de aspecto amarillo o blanco en el haz. Tanto los adultos como las formas inmaduras activas poseen un aparato bucal con estiletes sólidos y finos que se insertan en las células e ingieren su contenido.



Las colonias permanecen la mayor parte del tiempo en el envés de las hojas (Figura 7.25) y al aumentar la población de arañas toda la hoja presenta una coloración amarilla difusa, se seca y puede caerse. Cuando la población es alta, los ácaros comienzan a formar una telaraña que puede cubrir el haz de las hojas, tallos y frutos, migrando hacia las partes altas de la planta donde se pueden formar grupos de arañas. De allí, las hembras se dispersan a otras plantas con la ayuda del viento e hilos de telaraña. En ataques muy severos, se puede producir el marchitamiento total de la planta (Vélez, 1987).



**Figura 7.25. Ácaros**

Generalmente el ataque de ácaros es agravado por condiciones de sequía y altas temperaturas dentro del invernadero, afectando la presión osmótica de las células de las plantas, de tal manera que se multiplica la producción de huevos del ácaro, aunque su longevidad puede disminuir. Para conservar su balance de agua, la población aumenta su alimentación chupando las células, lo cual incrementa la transpiración de la planta y ocasiona una falta de humedad, junto con la aceleración de la muerte de la planta debido a las condiciones secas. Altos contenidos de nitrógeno y fósforo en las hojas acrecientan la fecundidad del ácaro y, por ende, el mayor ataque a la planta (Vélez, 1987). Es importante evitar que esta plaga llegue al cultivo porque pueden establecerse y mantenerse pasando de un ciclo al otro; se recomienda para ello limpiar o desinfectar las estructuras del invernadero antes de la siembra, eliminando también las malezas. Como control biológico se puede utilizar *Phytoseiulus permisimilis*, un ácaro depredador que se alimenta devorando todos los estados de la arañita roja y que tiene cuerpo globoso y color anaranjado o rojizo. En Europa se ofrece una raza especial para aplicaciones en tomate, ya que los tricomas de las hojas representan una trampa mortal para los ácaros depredadores (De Vis *et al.*, 2007).



### **Ácaro Blanco (Acarina: Tarsonemidae)**

*Polyphagotarsonemus latus* (Banka), ácaro blanco tropical

Es un ácaro pequeño de color blanco perlado. Los síntomas del daño temprano se presentan en el haz y el envés de las hojas jóvenes. La nervadura central es la parte más afectada (lugar en el que son depositados los huevos), ya que sufre un resquebrajamiento con el que se interrumpe el desarrollo de la hoja, presentando deformaciones en ella.

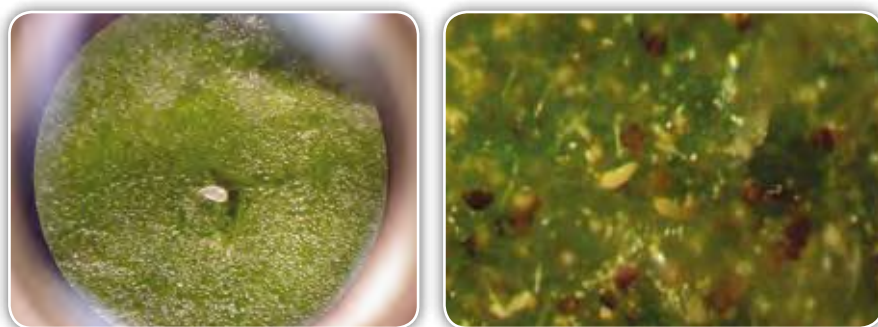
La floración es incipiente y hay aborto de gran número de botones florales. Si el daño es severo, la planta no se desarrolla, queda enana y con apariencia raquítica; la floración se inhibe totalmente; y las hojas quedan completamente deformadas, sin láminas y enrolladas, si bien no se produce clorosis.

### **Ácaro del bronceado (Acarina: Eriophyidae)**

*Aculops lycopersici* (Masse)

El ácaro del bronceado es diminuto: los adultos miden 0,12 a 0,15 mm y no se pueden ver sin la ayuda de una lupa (Figura 7.26). Se distingue por su cuerpo amarillento y alargado, y solo tiene dos pares de patas. Antes de poder verlo se observan sus síntomas: hojas, tallos o frutos con un aspecto grisáceo (de color bronce); cuando sus poblaciones son altas, las hojas se van marchitando, necrosando y secando desde el borde, y las flores se pueden abortar.

Sin lupa se puede observar un polvillo en frutos, hojas y tallos, pero al mirar más de cerca, bajo estereoscopio, se ven millones de estos ácaros sobre la superficie del tejido (De Vis *et al.*, 2007). Bajo las condiciones de veranos prolongados las poblaciones de estos ácaros crecen notoriamente, cumpliendo el ciclo de vida en menos de una semana.



**Figura 7.26. Ácaro del bronceado *Aculops lycopersici***



Para su control se recomienda la desinfección de estructuras y suelos, previa a la plantación en parcelas con historial de ácaros. Igualmente se sugiere la eliminación de malezas hospedantes y restos de cultivo, evitando también los excesos de nitrógeno y vigilando las plantaciones en las primeras fases de desarrollo.

Se reconocen un gran número de especies predatoras ácaros bajo invernadero, entre ellas *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* y *Metaseiulus occidentalis*. El control químico puede ser necesario en algunas ocasiones (ver Tabla 7.3).

### Plagas masticadoras del follaje

#### • Pulguillas, cucarroncitos del follaje y cucarrones perforadores de las hojas (Coleoptera: Chrysomelidae)

*Epitrix cucumeris*, pulguilla negra, pulguilla saltona; *Diabrotica balteata* Le Conte; *Systema* spp., pulga saltona, pulguilla de las hojas; *Cerotoma* sp. y *Colaspis* sp.

Aunque estas plagas no representan una importancia económica en el cultivo del tomate, esporádicamente pueden presentar ataques severos que obligan al agricultor a tomar medidas inmediatas de control. El nombre de pulguillas es aplicado a un gran número de pequeños cucarrones de la familia Chrysomelidae, que se caracterizan porque los adultos saltan muy ágilmente cuando se les molesta. Las plantas pequeñas y plántulas en semilleros son usualmente las más afectadas por estas especies. Si existe un daño de importancia económica lo hacen los adultos (Figura 7.27), quienes perforan las hojas (Figura 7.28), los brotes tiernos e incluso las flores, haciendo huecos redondos e irregulares en plantas pequeñas, lo que puede llegar a causar fuertes defoliaciones perjudicando seriamente el crecimiento y desarrollo del cultivo.

La pulguilla negra *Epitrix* puede ser transmisora del virus del mosaico del tabaco, que también afecta al tomate (Vélez, 1994), facilitando la penetración de organismos patógenos como *Phytophthora infestans* y de bacterias (La Torre, 1990).

Las plantas hospederas son muy variadas e incluyen otras cultivadas, como frijol, maíz, papa, nabo, ají, crucíferas, cucurbitáceas, ají, berenjena, pimentón, algodón, tabaco, tomate, zapallo, sorgo y malezas como bleado, batatilla y gramíneas (La Torre, 1990; Barreto *et al.*, 2002; Vélez, 1994).



Los recuentos se basan en revisiones semanales, o con más frecuencia, desde la emergencia de las plántulas hasta su establecimiento definitivo. Cuando el tomate alcanza el estado de 5 hojas verdaderas, puede tolerar un promedio de 4 adultos por planta. Como medida de control se aconseja la remoción de las plantas hospederas, las cuales albergan las formas adultas de estos crisomélidos, y los estados inmaduros en la zona de las raíces. Los hospederos se deben eliminar antes de establecer el cultivo en el invernadero, ya que si este está establecido las pulguitas emigrarán a las plantas de tomate (La Torre, 1990).

Las recomendaciones de control químico van dirigidas a los adultos cuando se alcanzan ciertos niveles de población o de daño; en este caso, dos a tres pulguitas por planta en las primeras etapas del cultivo en estado de plántulas o plantas con poco follaje. En épocas de intenso verano no es recomendable cortar las malezas alrededor del invernadero, ya que en el caso que estas se encuentren en dichas malezas, inmediatamente van a migrar al interior del invernadero en busca de nuevas fuentes de alimento.



**Figura 7.27. Adultos de Chrysomelidae**



**Figura 7.28. Perforaciones en el follaje por Chrysomelidae**

• **Gusanos masticadores del follaje (Lepidoptera:Noctuidae-Sphingidae)**

*Trichoplusia ni* (Hubner), falso medidor del ajonjolí. -*Pseudoplusia includens* (Walker), falso medidor del algodón. -*Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), gusano ejército, gusano cogollero del maíz. -*Heliothis virescens* (Fabricius), gusano del fruto del tomate. (Lepidoptera: Noctuidae). -*Manduca sexta* (Johanssen), gusano cachón, (Lepidoptera: Sphingidae).

Son plagas de gran importancia económica que causan numerosas pérdidas en la producción. El daño lo hacen las larvas o gusanos (Figura 7.29), consu-



miendo los brotes terminales o todo el tejido de las hojas y dejando únicamente las nervaduras. El daño más perjudicial lo hacen en los frutos, en donde realizan cavidades con abundantes excrementos y restos de mudas, lo cual dispara el desarrollo de enfermedades (La Torre, 1990).

El falso medidor es un gusano de color verde que posee una línea blanca a cada lado del cuerpo y camina sobre las hojas o tallos doblando la parte media del cuerpo, con lo que parece estar midiendo el trayecto con su cuerpo; de allí se deriva su nombre común: ‘gusano medidor’.



**Figura 7.29. Larvas masticadoras del follaje**

Las larvas del género *Spodoptera* dañan el follaje y suelen morder los frutos, provocando con frecuencia defoliación intensa que puede causar la muerte de las plantas jóvenes o afectar el crecimiento y el vigor en forma significativa, comprometiendo algunas veces tallos, flores y raíces. Además, la mayoría de las larvas de estas especies pueden actuar como verdaderos gusanos cortadores de plántulas, afectando el buen establecimiento del cultivo (La Torre, 1990).



Las larvas del gusano cachón constituyen una de las plagas insectiles que más ataca al tomate y otras solanáceas –especialmente en zonas cálidas– consumiendo el follaje de las plantas, las inflorescencias y frutos de diferentes tamaños. Las larvas de mayor desarrollo son voraces; en infestaciones severas llegan a defoliar completamente grandes áreas del cultivo y pueden alcanzar hasta 80 - 90 mm de largo cuando maduran. Su color es verde o verde gris, con siete rayas blancas oblicuas laterales (Figura 7.30) y un cuerno de color púrpura en el penúltimo segmento abdominal (La Torre, 1990).



**Figura 7.30. Larva de gusano cachón**

Para los umbrales económicos de daño, los recuentos se basan en determinar el número de huevos y larvas por planta en los primeros estadios, por lo que se debe sacudir el follaje sobre un paño o manta plástica. En el caso de *Spodoptera*, se ha recomendado un umbral económico de 4 larvas por cada 10 plantas. El segundo método de recuento consiste en la detección de masas de huevos sobre el follaje, lo que es un indicativo de un pronto ataque; del mismo modo, dependiendo de su abundancia se puede inferir la magnitud de la próxima infestación. El tercer método de cálculo consiste en identificar la frecuencia de mordeduras frescas de frutos, expresadas porcentualmente. Y el cuarto, es la incidencia de plántulas cortadas, donde se recomienda como umbral económico incidencias del 1% al 5%. Para *Manduca sexta* en tabaco, el umbral de daño utilizado es de más de 5 larvas por cada 100 plantas (La Torre, 1990).

Como control cultural en superficies pequeñas se sugiere la recolección y destrucción manual de las larvas (permite mantener estas plagas bajo control);



eliminar los residuos de las cosechas, incorporándolos y picándolos inmediatamente (destruye pupas invernantes); eliminar las malezas hospederas; efectuar una correcta preparación del suelo, que permite reducir la incidencia de pupas y larvas del suelo; y aislar el invernadero con mallas anti-insectos si la ventilación no es limitada (La Torre, 1990).

Estas especies defoliadoras tienen enemigos naturales muy abundantes. Parasitoides como *Copidosoma truncatellum* y *Meteorus leviventris* regulan las poblaciones de *Trichoplusia ni* y *Pseudoplusia includens*; *Manduca sexta* posee un alto parasitismo en huevos por las avispas *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp. y sus larvas son frecuentemente parasitadas por *Apanteles* sp. Las aplicaciones a base de *Bacillus thuringiensis* pueden ser efectivas para el control de *Trichoplusia ni* (La Torre, 1990; Barreto 2002). A su vez, para *Spodoptera* se conocen varios depredadores como *Chrysoperla* sp., *Geocoris* sp. y *Polistes* sp. Entre los parasitoides de huevos se reportan *Trichogramma fasciatum*, y como parasitoides de larvas las avispas de los géneros *Apanteles* y *Chelonus*. Como control microbiano se dispone de baculovirus, el virus de la poliedrosis nuclear y también la bacteria *Bacillus thuringiensis* (La Torre, 1990).

Si se decide usar el control químico para reducir la población de una plaga, es necesario estar seguro de que el nivel de infestación justifica la aplicación, además de seleccionar un insecticida específico a ella (ver Tabla 7.3).

### Perforadores del fruto

- **Cogollero del tomate (Lepidoptera: Gelechiidae)**

*Tuta absoluta* (Meyrick) (syn. *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick))

El cogollero del tomate está considerado como uno de los principales problemas entomológicos de esta hortaliza en Colombia, especialmente en las regiones de clima cálido (Amaya, 1998) y en invernaderos en zonas de clima medio y frío, cuando las estructuras tienen poca ventilación y alcanzan altas temperaturas.

Los adultos son de hábitos nocturnos (emergen, copulan, ovipositan y se alimentan en la noche), demostrando una actividad diurna limitada y permaneciendo ocultos bajo el follaje de las plantas. Los huevos son depositados generalmente en el envés de los folíolos; las larvas, tan pronto emergen de los huevos, empiezan a minar las hojas (Figura 7.31), mientras que otras se dirigen a los brotes (Figura 7.32) donde se adhieren a las hojas terminales que posteriormen-



te se secan y luego profundizan dentro del tallo haciendo una galería de arriba hacia abajo; otras veces reúnen los limbos de dos hojas y se alimentan dentro de la cavidad así formada (Figura 7.33). En ocasiones, barrenan el ovario de la flor del tomate, propiciando la caída de los botones, las flores y los frutos, y también pueden perforar los frutos tiernos, restándoles calidad comercial (Figura 7.34). Es así como las larvas complementan su desarrollo dentro de las minas (La Torre *et al.*, 1990; Vélez, 1994).

El cogollero del tomate parece exclusivo de plantas solanáceas. Ha sido registrado en plantas de importancia económica tales como tomate, papa y tabaco; y en las malezas friegaplatos (*Solanum saponaceum*), lulo de perro (*Solanum* sp.), yerbamora (*S. nigrum*) y tomatillo (*Solanum* sp.) (Vélez, 1994). La población de la plaga aumenta significativamente en épocas de verano y en invernaderos poco ventilados donde se alcancen altas temperaturas.



**Figura 7.31. Minaduras en hojas por daño de cogollero**



**Figura 7.32. Larva atacando el cogollo**





**Figura 7.33. Hojas pegadas por larva de cogollero**



**Figura 7.34. Perforaciones en fruto por cogollero**

El ataque se manifiesta por la presencia de hojas moteadas o parcialmente secas. Los adultos pueden ser detectados usando trampas de luz o trampas con agua y feromonas que atraen a los machos (Figura 7.35); sin embargo, lo más fácil es vigilar permanentemente el follaje y determinar la existencia de larvas vivas en hojas dañadas. El control se inicia al constatar la presencia de larvas activas (La Torre, 1990). Cuando se colocan trampas con feromona sexual, inicialmente se coloca una cada 2.500 m<sup>2</sup>; conforme aumenta la población de la plaga, se colocan más trampas hasta llegar a una por cada 500 m<sup>2</sup>.

Para mantener un adecuado control de la plaga se debe revisar dos veces por semana el cultivo, contabilizando el número de huevos y larvas del cogollero y retirándolos del cultivo. Se evalúan un promedio de 20 plantas/1.000 m<sup>2</sup>, ya que una vez radicada la plaga el control químico no es eficiente, porque el insecto permanece dentro del fruto o el cogollo durante su estado larval; por tanto, se encuentra protegido sin que logren penetrar los insecticidas.





**Figura 7.35. Trampa de agua con feromona de cogollero**

Como umbrales de daño se recomienda el 1% de brotes terminales infestados con larvas vivas o muertas; 5 a 10 larvas por cada hilera de 3 m; 2 a 3 frutos perforados por planta, y de captura 35 adultos por trampa con feromona por noche (La Torre, 1990).

El uso de controladores biológicos, como *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (parasitoide de larvas) y *Trichogramma* (parasitoide de huevos), son una excelente alternativa de producción más limpia, siendo más utilizado comercialmente *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma exiguum* (Palacios, 1989). El éxito del control del cogollero del tomate también se debe a la acción combinada de liberaciones de *Apanteles* e instalación de trampas con feromonas. Con las estrategias presentadas, “no han sido necesarias las aplicaciones con insecticidas para el control de las plagas del tomate en las semanas de cada uno de los casi 13 ciclos de cultivo de tomate en la sede de la Universidad Nueva Granada en la sabana de Bogotá, donde se encuentra el cultivo experimental de tomate” (Cantor *et al.*, 2008).

Si se halla infestación temprana del cogollero en semillero, se puede liberar *Trichogramma* en dosis de 5 a 10 pulgadas por 100 m<sup>2</sup>, liberando de 10 a 20 por 1.000 m<sup>2</sup> (hasta 200 pulgadas por hectárea) y como mínimo 10 liberaciones por ciclo (Perkins, 2009), acompañada también de aplicaciones foliares especialmente dirigidas a los cogollos de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*, a razón de 1g/L de agua más un adherente humectante como Inex-A, a razón de 1 cc/L de agua. Estas aplicaciones es mejor efectuarlas en horas tempranas de



la mañana para evitar el efecto negativo de la radiación sobre la bacteria, teniendo en cuenta que las aplicaciones deben realizarse al momento de iniciarse la floración. Probablemente será necesario repetir la aplicación a los tres o cuatro días (Amaya, 1998; García, 2000; Perkins, 2009).

Dichas liberaciones también funcionan para controlar otros lepidópteros, entre ellos: *Neoleucinodes elegantalis*, *Manduca* sp. y *Heliothis* sp. (gusano rosado) (Perkins, 2009), las cuales deben ir acompañadas de la aplicación de *Bacillus thuringiensis*, a razón de 500 - 600 g/ha (16.000 unidades internacionales, adicionando un adherente o melaza en dosis de 500 cc/ha/caneca de 200 litros). La aspersión se debe hacer en las primeras horas de la mañana. Es importante mantener el insecticida microbiológico fresco y almacenado a temperaturas menores de 12 °C (Amaya, 1998).

Se recomienda que las liberaciones de *Trichogramma* en el cultivo se hagan lo más uniformemente posible, teniendo en consideración que es un parasitoide de poca movilidad, de muy corto desplazamiento y que su actividad depende directamente de la densidad de la población del huésped. Se deben colocar puntos fijos cada 12 a 20 m, y en cada punto se colocan de 2 a 3 pulgadas, con diferentes fechas de parasitación para que la emergencia del parasitoide sea en diferentes fechas, logrando un mejor cubrimiento en el ciclo del cultivo (Amaya, 1998).

Una de las características más importantes es que *Trichogramma* spp. como parasitoide de huevos es que requiere ser liberado en forma inundativa, es decir, en cantidades muy grandes y con una periodicidad muy corta, ya que *Trichogramma* no tiene la capacidad de seguir reproduciéndose en el campo, más allá de una o dos generaciones, como sí lo pueden hacer otros parasitoides (Amaya, 1998).

Ya que la duración del adulto liberado es solamente de 3 a 5 días en condiciones climáticas favorables, lo más aconsejable sería realizar liberaciones cada 5 días, teniendo claro que pueden elevarse los costos. Lo ideal es colocar huevos parasitados con diferentes fechas de parasitación en cada liberación, obteniéndose emergencia de adultos durante 2, 3 o 4 días, lo que permite que el intervalo de liberación sea más amplio, entre 8 a 10 días.

Aunque en el invernadero el cultivo no está sometido a lluvias que mojen o deterioren las pulgadas que contienen el parasitoide o a los depredadores, es conveniente cubrir las pulgadas con un vaso desechable o una bolsa de papel, las cuales se cuelgan de la planta con la ayuda de un alfiler o en el pecíolo de una



hoja (Amaya, 1998). Dentro del componente de control físico se sugiere utilizar precámara o doble puerta y la malla anti-insectos, que se deben colocar en las ventanas laterales.

En el caso extremo que tenga que acudir al control químico, las liberaciones deben y pueden reiniciarse 48 horas después de la aplicación del producto químico; en el caso de la aplicación de insecticidas químicos se recomienda seleccionar el más específico y selectivo posible, utilizando las dosis más bajas de productos categoría III y IV (Tabla 7.3).

- **Pasador del fruto (Lepidoptera: Pyralidae)**

*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)

Las hembras colocan los huevos entre el cáliz y el fruto, en la unión del fruto con el pedúnculo más que sobre el fruto, el cáliz o el pedúnculo floral. El insecto prefiere colocar sus huevos en frutos pequeños para asegurar el desarrollo larval. Esta preferencia puede ser un mecanismo de protección contra el efecto letal que podrían ejercer factores ambientales, parasitoides, depredadores o cualquier otro agente de mortalidad (Salas *et al.*, 1990). Las larvas recién nacidas penetran rápidamente en el fruto, ocasionando un pequeño orificio (de 0,5 a 1,0 mm) y dejando una cicatriz suberizada denominada espinilla, la cual sirve para reconocer el fruto afectado por la plaga. El insecto durante todo su estado larval se alimenta de la pulpa del fruto (Figuras 7.36 y 7.37) hasta completar su desarrollo, y solo sale cuando está listo para empupar en el suelo o sobre el follaje, dejando un orificio redondo en el fruto de 3 a 4 mm (Figura 7.38) (Barreto, 2002).



**Figura 7.36. Adulto del pasador del fruto**    **Figura 7.37. Larva del pasador del fruto**

Para el control de estos insectos perforadores de fruto (*Heliothis virescens*, *Neoleucinodes elegantalis*) generalmente se hacen aplicaciones químicas, las cua-





**Figura 7.38. Daño por pasador del fruto**

les resultan ineficientes por el hábito de vida de la plaga ya que permanecen durante su estado inmaduro dentro del fruto, el cual protege a la larva contra la acción de los insecticidas.

Se recomienda entonces, como control cultural para el manejo de las poblaciones, la práctica de recolección de frutos que presentan orificios de entrada y salida, resaltando la importancia de enterrar o incinerar dichos frutos, así como eliminar las hojas maduras y secas, destruir socas para la reducción del número de pupas, tener uniformidad en las siembras, monitorear permanentemente la plaga y evaluar la actividad de parasitoides de huevos y demás agentes de control biológico (Vélez, 1994; Barreto *et al.*, 2002).

La adecuada fertilización, la rotación de cultivos, las siembras y los trasplantes tempranos pueden ayudar a reducir la incidencia de estas plagas. Se ha aconsejado destruir las malezas hospederas o los restos de las cosechas e implementar siembras intercaladas de alfalfa, que favorecen la multiplicación de los enemigos naturales. Las condiciones húmedas propician el desarrollo de enfermedades que afectan las larvas y las pupas de *Heliothis* (La Torre, 1990; Vélez, 1994).

La instalación de trampas de luz en la parte externa del invernadero se convierte en una herramienta eficaz para el monitoreo y captura de los estados adultos de estos perforadores, ya que son de hábitos crepusculares y nocturnos (Salas *et al.*, 1990).

El uso de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki* ha demostrado ser efectivo para el control de estos insectos, evitando así mismo brotes



de plagas secundarias, puesto que no causa mortalidad a la fauna benéfica. Las aplicaciones deben realizarse inmediatamente después de iniciada la floración.

Otro método de control es el uso de feromonas sexuales, que permite la detección temprana de la plaga atrayendo solamente machos. El insecto no desarrolla resistencia alguna por parte de las feromonas, las cuales pueden alterar o modificar el comportamiento normal de las plagas, siendo una herramienta eficaz para monitorear sus poblaciones.

La liberación de parasitoides, especialmente de la especie *Trichogramma exiguum*, ha dado buenos resultados a partir de los 20 días de haberse liberado y después del trasplante, empleando de 250 a 300 pulgadas semanales y fraccionando esta dosis para distribuir entre cinco días a la semana (50 - 60 pulgadas/día) (García, 2000; Amaya, 1998).

- **Prodiplosis (Diptera: Cecidomyiidae)**

*Prodiplosis longifila* Gagné

El adulto es una mosquita diminuta, de aspecto delicado y frágil; la hembra puede ovipositar entre 40 y 60 huevos, que son colocados en los brotes, botones florales y cáliz del fruto en forma individual o en grupos de 2 a 7 huevos. Se ha reportado en cultivos de tomate, pimentón, ají, papa, espárrago, cítricos y algodón, en donde el daño es producido por las larvas, las cuales se localizan entre las pequeñas hojas de los brotes que aún no han desplegado (tejidos tiernos); de esta forma, se alimentan de los brotes, y al extenderse las hojas aparecen con manchas oscuras y tienden a deformarse.



**Figura 7.39. Daño causado al fruto por prodiplosis**



Al alimentarse del ovario de las flores y de los tejidos superficiales de los frutos recién formados se observan costras superficiales, las que aumentan de tamaño conforme el fruto se desarrolla, llegando en muchos casos a deformarse. Bajo el cáliz del fruto realiza su alimentación produciendo, como en el caso anterior, el daño conocido como ‘caracha’, que determina la pérdida del valor comercial del tomate (Figura 7.39).

Al completar su desarrollo habitualmente abandonan estos órganos y caen al suelo o se localizan en el tallo donde empupan. La prodiplosis causa grandes pérdidas en el cultivo de tomate por tener un ciclo de vida muy corto, lo que a su vez aumenta las poblaciones de la plaga.

Actualmente las estrategias de manejo integrado de prodiplosis incluyen el manejo adecuado de la humedad superficial, la eliminación de hospederos (pasto *king grass*), las trampas de luz con paneles pegantes, la fertilización para fortalecer el primer brote, un periodo de cosecha adecuado, la aplicación de productos químicos a base de imidacloprid o clorpirifos bajo condiciones especiales (Tabla 7.3), o uso de extractos de plantas como Ecomix, en dosis de 3 - 4 cc/L. No se conocen controladores biológicos eficientes, pero se observa parasitismo por *Synopeas* y predación por *Chrysoperla asoralis*.

Aún hay mucho por investigar y validar, tanto en las estrategias disponibles en la actualidad como en nuevas propuestas que van desde nuevas herramientas de monitoreo poblacional hasta novedosos productos para el control químico y biológico, pasando por la posibilidad de agentes de control biológico eficientes (entomopatógenos, parasitoides y predadores).

- **Heliothis (Lepidoptera: Noctuidae)**

*Heliothis virescens* (Fabricius)

Las larvas perforan, taladran y destruyen los frutos (Figura 7.40); si no hay frutos, perforan las flores y botones florales, y en algunas ocasiones también taladran el tallo permitiendo la entrada de patógenos y su posterior pudrición. El daño más severo se debe a las cavidades que las larvas realizan en los frutos, donde dejan abundantes restos de mudas, favoreciendo el desarrollo de pudriciones (los frutos dañados generalmente caen de la planta en menos de cuatro semanas). Las larvas prefieren frutos verdes y por lo general completan el ciclo larval en un solo fruto, aunque las larvas pequeñas son capaces de afectar varios de ellos.





**Figura 7.40. Larva de *Heliothis virescens* causando daño en fruto**

Cuando la larva madura baja al suelo, en donde empupa; mientras, la actividad del adulto (vuelo, alimentación con néctar, acoplamiento y oviposición) se concentra a la hora de oscurecer y en la noche.

Los recuentos de esta plaga se basan en la determinación del número de huevos y larvas de los primeros estadios. En tomate, el umbral económico de *Heliothis virescens* es de una larva por cada 5 plantas examinadas, siendo importante, además, estimar la población de adultos empleando trampas de feromonas (La Torre, 1990).

Esta especie, de amplia distribución geográfica, tiene un abundante número de plantas hospederas, tanto cultivadas como malezas. Entre los cultivos de importancia económica están: algodón, frijol, soya, tomate, ajonjolí, caupí, guandul, maní, melón, ahuyama, sandía, girasol, geranio, rosas, crotalaria y alfalfa; entre muchas de las malezas en que se alberga, el pega-pega o amor seco (*Desmodium* sp.) y la forrajera alfalfa del Brasil (*Stylosanthes* sp.) (Vélez 1994).

### Barrenadores y minadores del tallo

- **Minador del tallo del tomate (Diptera: Agromyzidae)**

*Melanagromyza caucensis* (Steyskal); *Melanagromyza tomaterae* (Steyskal)

Los adultos son moscas de tamaño pequeño (2,8 - 3,5 mm), color negro brillante y alas transparentes; las hembras colocan los huevos individualmente, in-



sertándolos en los tallos o cerca de la base de las hojas; las larvas apodas hacen galerías dentro de las hojas y tallos, alimentándose del centro de estos últimos y ocasionando clorosis, marchitez y muerte de las plantas. Antes de empupar, la larva hace un orificio en el tallo por donde saldrá el adulto. Si la infestación es baja, la plaga pasa desapercibida; sin embargo, cuando las larvas están en los pecíolos, las hojas comienzan a amarillarse y se pueden secar por completo. Cuando se presenta en tallos, la planta muestra inicialmente síntomas de marchitamiento recuperable, pero cuando es severo (más de 10 larvas por tallo) la planta se marchita por completo y muere.

En variedades de tomate que tienen tallos delgados la plaga causa más daño que en variedades con tallos gruesos (Ubaque y Triana, 2007). En zonas donde el problema es endémico se encuentran las primeras plantas afectadas después del trasplante; para evitar que el problema se generalice se deben arrancar las primeras plantas infestadas destruyéndolas, acción con la que se reducirá la emergencia de adultos de la mosca y diseminación de la plaga. Si bien, existen recomendaciones de tipo químico para controlar los adultos de *Melanagromyza*, la aspersión de los insecticidas puede ser errática, ya que esta debe estar sincronizada con la emergencia de los adultos, lo que exige un monitoreo del material infestado. Además, las aspersiones foliares con agroquímicos interfieren en el programa de control biológico recomendado en el cultivo y elimina los enemigos naturales.

Otra recomendación importante es la eliminación oportuna de residuos de cosecha y de la maleza bledo (*Amaranthus* spp.), hospedera de esta plaga, así como también son necesarias las siembras uniformes, ya que el escalonamiento en el cultivo brinda condiciones ideales para la supervivencia de la plaga (Barreto *et al.*, 2002).

El uso de químicos debe ser muy racional, de forma que se permita el establecimiento del control natural con el cual se establecen algunos parasitoides de larvas como *Syntompus* sp. Los parasitoides buscan los orificios que dejan las larvas antes de empupar y parasitan las larvas o pupas dentro del tallo (Ubaque y Triana, 2007).



**Tabla 7.3. Listado de plaguicidas usados para el control de plagas en tomate**

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	MODO DE ACCIÓN	DOSIS	PLAGAS QUE CONTROLA	PERIODO DE CARENANCIA*	DISTRIBUIDO POR
Actara	<i>Tiametoxan</i>	III	Actúa por ingestión y contacto	400 g/ha	Ninfaticida		Syngenta
Alsystin	Triflumuron	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina	260 - 500 cc/ha	Cogollero	10 días	Bayer
Avaunt 150 sc	Indocacarb	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.	0,5 cc/L	Perforadores de fruto, cogollero	15 días	Du pont
Belt	<i>Flubendiamide</i>	IV	Ingestión	50 cc/200 L 0,25 cc/L	Cogollero y pasador del fruto		Bayer
Biocanii	<i>Verticillium lecanii</i>	IV	Por contacto	1,5 g/L	Mosca blanca		Biotropical
Biomel	Aceites vegetales de cocina. Saponificados y homogeneizados	IV	Impide el intercambio de oxígeno del insecto con su medio al taponar los espiráculos. Altera la composición cerosa de la cutícula haciendo al insecto más susceptible a la acción de agentes ambientales y produciendo disecación.	5 - 7,5 cc/l	Minador, mosca blanca y trips		Bioma
Bioveria	<i>Beauveria bassiana</i>	IV	Por contacto	1 g/L	Trips		Biotropical
Bulllock	B-Cyfluthin	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.	1 cc/L	Minador	3 días	Bayer
Capsialil	Aji-ajo	III	Repelente	0,3 - 0,7 cc/L	Trips, áfidos y mosca blanca	2 días	Ecoflora
Chlorpyrifos Agrogen	Chlorpyrifos	III	Contacto, ingestión e inhalación. Inhibe la acción de la acetilcolinesterasa ocasionando disturbios en el sistema nervioso y su muerte.	1,5 L/ha	Minador	21 días	Agrogen
Clorpiricol	Clorpirifos	III	Contacto, inhalación e ingestión. Inhibidor de colinesterasa.	1,5 - 2 cc/L	Minador, mosca blanca y prodiplosis	21 días	Coljap



NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	MODO DE ACCIÓN	DOSIS	PLAGAS QUE CONTROLA	PERIODO DE CARENANCIA*	DISTRIBUIDO POR
Confidor	Imidacloprid	III	Actúa por contacto e ingestión. Propiedades sistémicas.	0,3 cc/L	Mosca blanca, áfidos, minador, trips, ácaros, cogollero y prodiplosis	21 días	Bayer
Dart	Teflubenzuron	IV	Inhibidor de síntesis de quitina	0,25 cc/L	Cogollero y gusanos masticadores del follaje	7 días	Basf
Decis	Deltametrina	IV	Contacto e ingestión. Produce inapetencia, afecta el sistema nervioso y paraliza los insectos.	0,8 cc/L	Minador, cucarroncillos del follaje y gusanos masticadores del follaje	20 días	Bayer
Dimilin	Diflubenzuron	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina.	0,5 - 1,0 g/L	Cogollero y perforadores de fruto	7 días	Proficol
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i>	IV	Ingestión que produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico.	1 g/L	Cogollero	Sin restricciones	Bayer
Ecomix	Extractos vegetales	III	Actúa como repelente de insectos.	3,5 cc/L	Minador, mosca blanca y prodiplosis	2 días	Ecoflora
Engeo	<i>Lambdacyclotrina</i> + <i>Tiametoxam</i>		Amplio espectro de acción. Actúa por contacto e ingestión, efecto de repelencia y acción antialimentaria. Actividad sistémica.	0,5 - 0,7 cc/L	Adulticida		Syngenta
Evisects	Thiocyclam hidrogenoxalato	III	Actúa principalmente por ingestión, posee una buena acción de contacto y tiene propiedades sistémicas.	0,5 - 1,0 g/L	Minador, mosca blanca, cogollero y perforadores de fruto	3 días	Coljap
Harper	Clorpirifos	III	Contacto, inhalación e ingestión.	1 - 3 L/ha	Minador, mosca blanca, cogollero y trips	21 días	Bayer
Helmectina	<i>Abamectina</i>	I	Traslaminar, ingestión y contacto.	0,4 cc/L	Trips, minador y ácaros		Helm





NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	MODO DE ACCIÓN	DOSIS	PLAGAS QUE CONTROLA	PERIODO DE CARENANCIA*	DISTRIBUIDO POR
Intrepid 2F	<i>Methoxyfenozide</i>	III	Regulador de crecimiento actuando sobre Ecdisona, la hormona natural que induce la muda.	0,5 cc/L	Perforador del fruto	4 horas	Dow AgroSciences
Karate EC o Zeon	Lambdacialotrina	III	Contacto e ingestión. Aplicar en el inicio de eclosión de los huevos antes de la apertura de flores.	0,3 L/ha	Araña roja, áfidos, gusanos mastigadores del follaje y pasador del fruto	5 días	Syngenta
Lorsban	Clorpirifos	III	Actúa por contacto, ingestión e inhalación (vapor). Inhibe la acción de la enzima acetilcolinesterasa, ocasionando disturbios en el sistema nervioso de los insectos y la muerte de los mismos.	2,0 cc/L	Minador, cogollero y trozadores	21 días	Dow
Matababosa	Metalaldehído	IV	Cebo molusquicida; actúa por ingestión.	25 - 30 lb/ha	Babosas		Superabono Ltda.
Metarex	Metalaldehído	IV	Cebo granulado actúa por ingestión	4 - 6 kg/ha	Babosas		Basf.
Match 50 EC	Lifenurom	III	Inhibidor de quitina. Aplicar a comienzos de floración.	0,5 cc/L	Cogollero, minador y perforadores de fruto	7 días	Syngenta
Neerisect	<i>Tiocyclam hidrogenaxalato</i>	III	Actividad translaminar y sistémica.	0,5 g/L	Mosca blanca y cogollero	20 días	Proficol
Ninja	Lambdacialotrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.		Minador y trips	35 días	Syngenta
Omite 6E	Propargite	III	Contacto, ingestión y gasificación.	1,5 - 1,75 cc/L	Ácaros		Proficol
Oportune	Buprofezin	III	Ingestión y contacto	0,3 cc/L	Mosca blanca	4 días	Bayer
Orthene	<i>Acephato</i>	III	Sistémico y de contacto	0,5 cc/L	Pasador del fruto, cogollero y minador	7 días	Arysta Life Science
Padan	Cartap	III	Contacto e ingestión. Se paralizan los insectos rápidamente. Sistémico.	1 g/L	Minador y cogollero	14 días	Bayer

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	MODO DE ACCIÓN	DOSIS	PLAGAS QUE CONTROLA	PERIODO DE CARENCIA*	DISTRIBUIDO POR
Pirestar	Permetrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.	0,5 cc/L	Cogollero	20 días	Du pont
Polo	Diafentiuuron	III	Paraliza los insectos al afectar el proceso energético en las mitocondrias. Aplicar con las primeras ninfas.	1 - 1,5 cc/L	Ácaros, áfidos y mosca blanca	7 días	Syngenta
Rambler	<i>Cipermetrina</i>	III	Actúa por contacto e ingestión. Tiene prolongado efecto residual en las plantas. tratadas y acción antialimentaria sobre las plagas.	0,5 - 0,6 cc/L	Tostón		Proficol
Rescate SP	<i>Acetamiprid</i>	III	Translaminar y sistémico. Actúa por contacto.	0,5 g/L	Mosca blanca	14 días	Basf
Rimon	<i>Novalurón</i>	III	Actúa inhibiendo la síntesis de la quitina. Penetra por ingestión o contacto.	0,3 - 0,4 cc/L	Gusano cogollero y mosca blanca	20 días	Proficol
Tracer 120 SC, Succer	Spinosad	III	Ingestión y contacto. Acción en el sistema nervioso.	0,3 cc/L	Minador, larvas de cogollero y trips	24 horas	Dow AgroSciences
Trigard	Cyromazina	IV	Actividad sistémica que actúa como regulador del crecimiento de los insectos. Inhibe el desarrollo de las larvas, impidiendo la emergencia de insectos adultos.	0,4 g/L	Minador y mosca blanca	14 días	Syngenta
Turilav	<i>Bacillus thuringiensis</i>	IV	Ingestión. Produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico.	500 - 800 g/ha	Cogollero	Sin restricciones	Laverlam
Vertisol	<i>Verticillium lecanii</i>	IV	Proceso infeccioso; penetra a través de la cutícula o por vía oral. Afecta a los insectos del orden Hemiptera, Homóptera y Thysanoptera.	0,5 - 1,0 L/ha	Mosca blanca	No procede	Laverlam

\*Periodo de carencia, días transcurridos desde la aplicación hasta la cosecha.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta A., R.; Ebratt R., E. E. y Guerrero G., O. A. (2009). *Reconocimiento del virus TSWV (Tomato Spotted Kilt Virus) y sus vectores los trips, en tomate de mesa (Solanum lycopersicum L.) en el departamento de Cundinamarca*. Trabajo de grado de Ingeniería Agroecológica. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería. Bogotá. 96 p.
- Acosta, R.; Martínez, A.; García, A. y Ebratt, E. (2008). *Dicyphus agilis (Uhler, 1987) (Heteroptera: Miridae: Bryocorinae), nuevo reporte para el control biológico de moscas blancas en cultivos de tomate en el Trópico*. En: Libro de resúmenes del Simposio Internacional de Tomate en el Trópico. Villa de Leyva, Colombia. 123 p.
- Alomar, O.; Adillón, J.; Bordas, E.; Castañe, C.; Gabarra, R. y Albajes R. (1989). *Prácticas culturales de control integrado en invernaderos*. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Número 11/89, Barcelona, España. 26 p.
- Amaya N., M. (1998). *Trichogramma. Producción, uso y manejo en Colombia*. Guadalajara de Buga, Valle del Cauca, Colombia. 176 p.
- Aragón, S.; Rodríguez, D. y Cantor, F. (2008). *Criterios de liberación de Encarsia formosa Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de Trialeurodes vaporariorum (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en tomate*. Agronomía Colombiana. 26 (2): 277-284.
- Barfield, C. S. (1989). *El muestreo en el manejo integrado de plagas*. En: *Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro*. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras, Centroamérica. P. 146-162.
- Barreto O., J. D.; Miranda L., D.; Aguirre G., M. C.; Echeverri A., L. A.; Caicedo, A. M. y Campos V., Y. Y. (2002). *Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y frijol en el sistema de siembra en camas plásticas, bajo las condiciones agro ecológicas de la meseta de Ibagué*. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. P. 3-42.
- Bustillo. (1989). *Utilización de agentes microbiológicos*. En: *Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro*. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 211-228.
- Cabezas G., M. (2001). *Algunos aportes sobre el manejo integrado de babosas en cultivos hortícolas*. En: *Hortalizas: Plagas y enfermedades*. Corpoica, Regional 4. Rionegro, Antioquia. P. 30-35.
- Cantor, F.; Rodríguez, D. y Cure, J. R. (2008). *Avances en el control de plagas del tomate bajo invernadero mediante el empleo de enemigos naturales*. En: *Simposio Actualidades en el manejo integrado de plagas en hortalizas y aromáticas*. Memorias. Socolen. 25 de abril de 2008. Bogotá, Colombia. 3 p.



- Casadevall, M.; Bordas, E. y Albajes, R. (1979). *La mosca blanca de los invernaderos Trialeurodes vaporariorum, en el Meresme. I. Resultados preliminares de lucha integrada en un cultivo de tomate*. Anales Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias –Inia–. Serie Protección Vegetal No. 11. P. 44-46.
- Chiri, A. A. (1989). *Utilización del control etológico*. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 267-282.
- Cisneros V., F. H. (1980). *Principios del control de las plagas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 179 p.
- De Vis, R.; Fuentes, L. S. y Escobar, H. (2007). *Manejo integrado de plagas*. En: *Producción de tomate bajo invernadero*. Manual Técnico Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Bogotá. P. 59-75.
- Fuentes Q., L. S. (2008). *Controladores biológicos promisorios en el manejo integrado de plagas de hortalizas en la Sabana de Bogotá*. En: Simposio Actualidades en el manejo integrado de plagas en hortalizas y aromáticas. Memorias. Socolen. 25 de abril de 2008. Bogotá, Colombia. 3 p.
- García R., F. (2000). *Manejo integrado del gusano cogollero y del pasador de los frutos de tomate*. Revista Asiava No. 56. Palmira. P. 26-27.
- Howell, H., N. (1989). *Utilización de métodos físicos y mecánicos*. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 255-259.
- Jaramillo N., J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán A., M.; Zapata C., M. y Rengifo M., T. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. FAO, Gobernación de Antioquia, Mana, Corpoica C.I. La Selva. Medellín, Antioquia. 314 p.
- Latorre, B.; Apablaza, J. U.; Vaughan, M. A.; Kogan, M.; Helfgott, S. y Lorca, G. (1990). *Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado*. Oficina regional de la FAO. Santiago de Chile.
- Londoño, M. E. (2001). *Las chizas y su manejo*. En: Hortalizas: Plagas y enfermedades. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, Regional 4, Rionegro, Antioquia, Colombia. P. 36-46.
- Londoño, M. E. (2006). *Manejo Integrado de Plagas*. En: El cultivo de las crucíferas. Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Manual Técnico 20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Centro de Investigación Agropecuaria. Rionegro, Antioquia, Colombia. P. 75-94.
- Martínez B., O. Y.; Ebratt R., E. E.; Guerrero G., O. A. (2009). *Reconocimiento de Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Alyrodidae) vector de Begomovirus en cultivos de tomate de mesa (Solanum lycopersici L.) en Cundinamarca*. Trabajo de grado de Ingeniería Agroecológica. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería. Bogotá. 106 p.
- Mesa, N. C. (2001). *Consideraciones básicas sobre problemas entomológicos en el agroecosistema de tomate y propuesta de un manejo integrado de plagas*. En: Hortalizas: Plagas y enfermedades. Corporación Colombiana de In-



- vestigación Agropecuaria –Corpoica–, Regional 4. Rionegro, Antioquia, Colombia. P. 23-29.
- Otero, G. R. (1989). *Utilización de medidas legales*. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 261-266.
- Palacios, Y. (1989). *El cultivo de tomate en Colombia*. En: Taller Sudamericano de manejo integrado de plagas y el cultivo de hortalizas. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia. 13 p.
- Perkins. (2009). *Información técnica de insumos biológicos. Parasitoides y depredadores, insecticidas botánicos, biofertilizantes*. Palmira, Colombia.
- Rodríguez R., M. D.; Moreno V., R.; Rodríguez, M. P.; Lastres G., J. M.; Téllez M., M. y Mirasol C., E. (1994). *IPM Tomate. Programa de Manejo Integrado en el Cultivo de Tomate Bajo Plástico en Almería*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. España. 78 p.
- Salas, J.; Álvarez, C.; Parra, A. (1990). *Contribución al conocimiento de la ecología del perforador del fruto del tomate Neoleucinodes elegantalis Gene (Lepidoptera Pyraustidae)*. Agronomía Tropical. 41(5-6): 275-283.
- Sánchez L., G. D. y Moreno P., M. (2004). *Manejo integrado de plagas de crucíferas y lechuga en la sabana de Bogotá*. C.I. Tibaitatá, Corpoica. Programa MIP. Bogotá, Colombia. 20 p.
- Schotman, Ch. y Lacayo P., L. I. (1989). *El control natural. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro*. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 111-128.
- Tamayo M., P. J. (1994). *Integración de métodos de control de las enfermedades de las plantas*. Guía ilustrada. Boletín de divulgación. Regional No. 4. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, C.I La Selva. Rionegro, Antioquia.
- Terán Ch., C. A.; Valenzuela M., M.; Villaneda V., E.; Sánchez L., G. D. e Hío P., J. C. (2007). *Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Mosquera, Colombia. 88 p.
- Vélez A., R. (1987). *Plagas Agrícolas de Impacto Económico en Colombia*. Editorial Universidad de Antioquia. Ciencia y Tecnología. 482 p.



# CAPÍTULO 8 III

## MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Luis Fernando Gil Vallejo<sup>1</sup>

Juan Clímaco Hío<sup>2</sup>

Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>3</sup>

Viviana Patricia Rodríguez<sup>4</sup>

### ► CONCEPTO DE ENFERMEDAD

Una planta está sana cuando cumple todas sus funciones fisiológicas y expresa todo su potencial genético. Cuando una o algunas de esas funciones fisiológicas son interferidas por patógenos o por ciertas condiciones ambientales la planta se encuentra enferma, y la enfermedad pudo haber sido ocasionada por factores bióticos o abióticos, respectivamente.

Una de las clasificaciones de las enfermedades de las plantas tiene como base el organismo que las ocasiona. Bajo esta clasificación se tienen enfermedades infecciosas o bióticas ocasionadas por hongos, bacterias, virus, viroides, nematodos, fitoplasmas y protozoos; y enfermedades no infecciosas o abióticas ocasionadas por excesos o defectos de condiciones ambientales, toxicidad por pesticidas y/o prácticas culturales mal realizadas (Agríos, 1997).

Las plantas en su ambiente natural se encuentran en contacto con innumerables microorganismos; sin embargo, solo un porcentaje muy bajo de estos tiene la habilidad para ocasionar enfermedad y pueden afectar desde una variedad hasta cientos de especies de plantas.

1. Ingeniero Agrónomo. MSc. Fitopatología Investigador CORPOICA C.I. Caribia. lgil@corpoica.org.co

2. Ingeniero Agrónomo. MSc. Fitopatología Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. jclimaco@corpoica.org.co

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

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



Para que ocurra una enfermedad deben coincidir tres actores: la planta susceptible, el patógeno virulento y las condiciones ambientales favorables (para que se lleve a cabo la interacción entre los dos primeros). El conocimiento de estos tres tiene implicaciones en el manejo integrado, ya que cualquier variación que ocurra en uno de ellos incidirá en la magnitud de la enfermedad.

Los mecanismos específicos para que se produzca una enfermedad, así como el órgano afectado, varían según el tipo de patógeno y de planta. El patógeno puede penetrar las capas superficiales de los tejidos de la raíz, tallos, hojas, flores y frutos directamente (usando fuerza mecánica o enzimas que degradan el tejido), a través de aperturas naturales –como por ejemplo los estomas (relacionados con el intercambio gaseoso)– o por heridas mecánicas.

Una vez ha penetrado en el hospedante, la interacción entre la célula de la planta y el patógeno es de naturaleza química y no se observa a simple vista; posteriormente, la reacción se extiende a otras células y se manifiesta macroscópicamente, dando lugar a los síntomas característicos de cada enfermedad, entre los que se encuentran mosaicos, necrosis o pudriciones, manchado, marchitamiento, nódulos en raíces, etc.

Los daños ocasionados a la planta por los patógenos son debidos a:

- a) Absorción continua de los nutrientes de las células que debilitan al hospedante.
- b) Secreción de enzimas, toxinas o reguladores de crecimiento que alteran o eliminan las células del hospedante.
- c) Bloqueo de los tejidos conductores que transportan nutrientes y agua en la planta. d) Consumo del contenido de las células que inmediatamente son afectadas.

(Agrios, 1997).

El éxito de los patógenos vegetales se atribuye a su modo efectivo de infección, que permite una tasa de reproducción alta durante la estación de crecimiento de las plantas; a los mecanismos de dispersión eficientes a través de agua, viento u organismos vectores (transmisores) como los insectos; a que algunos producen estructuras (esporas, esclerocios) que pueden sobrevivir por largos períodos (hasta 30 años); y a que presentan una gran capacidad de generar diversidad genética a través de mutaciones y recombinaciones, que les otorgan ventajas para su adaptación y favorecen el origen



de nuevos genotipos o variantes del patógeno a partir de los cuales pueden surgir nuevas epidemias.

Cuando diferentes plantas (tomate, algodón o caña de azúcar, entre otras) se encuentran enfermas como resultado del ataque de patógenos, dichos patógenos generalmente son diferentes para cada tipo de planta y son específicos para ese tipo de planta en particular. De acuerdo con lo anterior, cada clase de planta es hospedante a un pequeño grupo de patógenos que, a su vez, es una proporción muy pequeña del total de patógenos de plantas conocidos.

Dentro de un mismo tipo de plantas existen diferencias en resistencia a un determinado patógeno. Ese conocimiento ha sido utilizado en dos vías: en la primera, el agricultor propaga aquellas plantas menos afectadas y con el tiempo desarrolla cultivos genéticamente homogéneos y completamente vulnerables ante los cambios genéticos del patógeno; en la segunda, se utiliza ese conocimiento en programas de mejoramiento genético para obtener continuamente variedades resistentes a determinadas enfermedades. Estas variedades son una solución a la diseminación de epidemias y a la disminución del rendimiento y la calidad de los cultivos, siendo uno de los componentes del manejo integrado de enfermedades (Agris, 1997).

## ▶ **EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES**

La dependencia del uso de fungicidas de síntesis química para la producción de tomate presenta efectos colaterales, entre ellos: resistencia de los patógenos, surgimiento de enfermedades secundarias, daño ambiental y peligros para la salud tanto del productor como del consumidor. Tales efectos adversos impulsan la búsqueda de alternativas químicas, culturales, biológicas y genéticas, que utilizadas solas o en combinación (dentro de un concepto de manejo integrado de enfermedades) provean protección efectiva y prolongada contra las enfermedades de este cultivo (Howar, 2005; Jaramillo, 2001; Latif, 2009; Rodríguez, 1994; Sandoval, 2004; Tamayo, 1997).

### **Diagnóstico**

Posiblemente el primer fundamento para el manejo integrado de enfermedades es el diagnóstico correcto del agente causal de la enfermedad, ya que permitirá definir con exactitud las estrategias de manejo a seguir.



Para un adecuado diagnóstico es necesario:

- Consultar la información disponible sobre enfermedades y problemas más importantes del cultivo.
- Conocer las características de resistencia de la variedad o cultivo sembrado.
- Evaluar las prácticas de manejo realizadas, al igual que las condiciones ambientales del lugar.
- Determinar la distribución de las plantas afectadas dentro del cultivo y conocer el patrón de avance de la enfermedad.
- Determinar la parte de la planta afectada y el tipo de síntomas que se presentan.
- Buscar la presencia de estructuras del patógeno.

Además, se deben tener en cuenta factores como la presencia de vectores, el origen de la semilla o de las plántulas utilizadas y la fertilización empleada, entre otros.

## Manejo de enfermedades

El fundamento para el manejo de las enfermedades de una plantación debe ser un manejo preventivo; por lo tanto, desde la planeación del cultivo es preciso diseñar medidas que permitan reducir las probabilidades de aparición de patógenos en cualquiera de las etapas de desarrollo del cultivo. Como medida complementaria se puede recurrir a la aplicación de productos químicos.

### Manejo químico

Como se indicó anteriormente, el manejo químico debe ser un complemento a otras medidas de manejo; a su vez, el tipo de producto a aplicar depende del organismo identificado en el diagnóstico. También debe tenerse en cuenta el ciclo de vida del patógeno para así realizar la aplicación, y dependiendo de ello utilizar un producto con acción preventiva, curativa o erradicativa.

Otros factores de importancia son: tecnología de aspersión a utilizar, efecto residual del producto, lugar de la planta donde debe localizarse el producto, periodos de carencia (tiempo entre la aplicación y la cosecha) y reingreso (tiempo entre la aplicación y el reinicio de labores en el lote).

En todos los casos es necesario tener presente el uso de productos de baja residualidad y baja toxicidad, aplicándolos el menor número de veces posible y en rotación con productos de distinto modo de acción.



En la Tabla 8.5 se presenta un listado de plaguicidas utilizados para el manejo de enfermedades en tomate.

### **Manejo biológico**

Actualmente se avanza en el conocimiento de la capacidad de una serie de microorganismos para actuar como antagonistas de algunos patógenos. Este antagonismo se ejerce mediante mecanismos tales como antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacción directa con el patógeno e inducción de resistencia. Entre los microorganismos a partir de los cuales se ha desarrollado un mayor número de productos, se encuentran: *Trichoderma* spp. (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii* y *T. hamatum*); *Gliocladium* spp.; *Pseudomonas* spp. (hoy *Burkholderia*), (*P. syringae* ESC-10 y ESC-11, *P. fluorescens* A506, *P. chlororaphis*, *P. aureofaciens* TX1 y *P. cepacia*); *Bacillus subtilis*, *Paecilomyces lilacinus*, una cepa no patogénica de *Fusarium oxysporum* y *Verticillium lecanii* (Cristancho, 2003).

*Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. se utilizan para el manejo de enfermedades del suelo; *Bacillus subtilis*, para el manejo de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. y *Cercospora* spp.; *Paecilomyces lilacinus* para el manejo de nematodos; así como *Fusarium oxysporum* no patogénico para el manejo de enfermedades causadas por la misma especie, y otras especies como *F. moniliforme*. Por su parte, *Verticillium lecanii* parasita royas, mildes polvosos y nematodos.

### **Manejo cultural**

Reúne todas las prácticas agronómicas tendientes a la reducción de fuentes de infección, evitando las condiciones apropiadas para el desarrollo y diseminación de patógenos.

### **Manejo genético**

Tiene como base el empleo de genotipos comerciales a los que se les han incorporado genes de resistencia a algún patógeno. Posiblemente esta sea la práctica más adecuada para evitar el daño por patógenos.

## **▶ LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)**

Dentro del concepto de calidad e inocuidad alimentaria, las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son un conjunto de procedimientos generales para los cultivos que permiten evitar riesgos o manejarlos en caso de que ellos aparezcan. Las



BPA se basan en tres principios fundamentales: obtener productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, proteger el medio ambiente y buscar el bienestar para los trabajadores (Sandoval, 2004; Jaramillo *et al.*, 2007).

Para el caso de manejo de las principales enfermedades del tomate bajo invernadero, Jaramillo *et al.* (2007), Parrado *et al.* (2004), Pedraza (2006) y Zeidan (2005) recomiendan las siguientes BPA:

### Antes de la siembra

- Conocer la historia del lote, especialmente la presencia de patógenos u otros agentes contaminantes.
- Eliminar restos vegetales y arvenses hospedantes para evitar inóculo de diferentes patógenos.
- Utilizar semillas y plantas sanas, impidiendo así contaminaciones con inóculo de patógenos presente en las semillas. En caso de no tener certeza de la sanidad de la semilla, es importante realizar una desinfección de esta o de la planta mediante la aplicación de fungicidas, los cuales deben ser aplicados con base en las recomendaciones de un técnico capacitado y de acuerdo con las indicaciones de la etiqueta del producto.
- Utilizar variedades resistentes a las enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus.
- Tener especial cuidado con el manejo de los sustratos y las aguas de riego, buscando evitar que a través de ellos se diseminen las enfermedades. Igualmente, antes de su uso se deben lavar muy bien las bandejas para semilleros, estructuras de soporte de las bandejas y anillos de amarre.
- Sembrar en terrenos con suelos livianos y con buena de capacidad de drenaje. En suelos pesados, evitar riegos en exceso.
- Establecer distancias de siembra adecuadas para favorecer la circulación del aire dentro de la plantación, así como la evapotranspiración, manteniendo a su vez un microclima favorable al cultivo y desfavorable para los patógenos importantes.
- Uso de barreras vivas para limitar el acceso al lote de insectos vectores.
- Ubicar piletas a la entrada del invernadero para la desinfección de zapatos con el fin de evitar el ingreso de patógenos o contaminación al cultivo.



## Durante el cultivo

- Manejar regímenes nutricional e hídrico adecuados, evitando la posibilidad de pudriciones, rajadura de frutos, pudriciones apicales en los frutos y otros.
- Conservar una adecuada ventilación dentro de los invernaderos y evitar la presencia de rocío o humedad sobre las plantas, lo que disminuye el riesgo de enfermedades.
- Monitorear permanentemente el cultivo y eliminar todas aquellas plantas que presenten síntomas, especialmente de virus.
- Eliminar constantemente hojas y flores secas, las cuales favorecen la proliferación de hongos como *Oidium* y *Botrytis*.
- Eliminar arvenses/malezas que puedan ser hospedantes alternos de las enfermedades más frecuentes, como *Alternaria* y *Botrytis*.
- Retirar del invernadero todo el material desechado y eliminarlo de forma adecuada. Los residuos vegetales no deben ser quemados ni apilados en las cercanías de alguna zona de producción; se sugiere enterrarlos fuera del cultivo.
- Rotación de cultivos para cortar los ciclos de patógenos que quedan en el suelo de un año a otro, o de un cultivo a otro.
- Inmediatamente después de realizar podas, utilizar productos a base de cobre para evitar la entrada de patógenos por las heridas.
- Realizar tratamientos localizados en el sitio donde se presentan enfermedades del suelo.
- Monitorear constantemente los cultivos para la toma de decisiones sobre la aplicación de fungicidas al follaje en forma preventiva, o con la aparición de los primeros síntomas. La aplicación de fungicidas debe seguir las indicaciones de la etiqueta del producto.
- Desinfectar las estructuras del invernadero anualmente.
- Desinfectar constantemente las herramientas y las manos de los trabajadores durante las prácticas de manejo del cultivo (poda, deschuponada, deshojes, amarres, descuelgue de plantas, cosecha y demás).
- Evitar la sobrefertilización nitrogenada para que no se presenten desórdenes fisiológicos, expresados con un alto desarrollo vegetativo de las plantas.
- Impedir la presencia de insectos vectores de virus, utilizando barreras físicas que eviten su ingreso al invernadero y/o trampas atrayentes que disminuyan sus poblaciones.
- No fumar dentro del cultivo, ya que el tabaco puede ser una fuente de inóculo de virus.



### Durante la cosecha

- Realizar la cosecha en los momentos más frescos y con menor humedad del día.
- Desinfectar constantemente las manos de los operarios y las herramientas.
- No cosechar frutos mojados.
- Cosechar cuidadosamente, evitando causar heridas o desgarres del tejido.
- Trasladar rápidamente el producto a un lugar sombreado y fresco.

## ENFERMEDADES DEL TOMATE EN COLOMBIA

Las plantas de tomate son afectadas por más de 100 patógenos diferentes que atacan una o varias de las estructuras de la planta (APS, 2009; Sandoval, 2004). La alta dependencia ambiental para que ocurra una enfermedad hace que únicamente un pequeño grupo de esos patógenos esté presente en una determinada región, país o continente, y de allí la serie de restricciones legales impartidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el ingreso de plantas o semillas al país.

A continuación se presentan las principales enfermedades de importancia económica del cultivo de tomate en Colombia, ocasionadas por hongos, bacterias, virus y nematodos, junto con una descripción de cada una de ellas y recomendaciones para su manejo. En la Tabla 8.5 se expone un listado de fungicidas utilizados para el manejo de las enfermedades del tomate en Colombia.

### Presencia de patógenos en la semilla

En general, y dependiendo de su procedencia, las semillas de hortalizas pueden estar contaminadas con patógenos como *F. oxysporum f. sp. Lycopersici*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, bacterias como *Clavibacter michiganense* y virus como el TMV y TSWV. Para prevenir las pérdidas en los cultivos ocasionadas por semillas infestadas de patógenos se recomienda el uso de semillas certificadas; en caso de no ser posible su consecución, y de ser necesario obtener directamente la semilla en la finca, se aconseja desinfectar las semillas con algunas prácticas caseras



tales como una lejía obtenida a partir de ceniza de residuos de leña al 50% y el empleo de 40 - 50 g/l de cloro activo durante 15 - 20 minutos con un lavado posterior con agua limpia para eliminar los restos de cloro que disminuyen el poder germinativo de las semillas. Cuando el tratamiento se hace bien, las semillas germinan más rápido y con más vigor (Jaramillo *et al.*, 2006).

Para el tratamiento de los virus presentes en la cubierta de la semilla, se sugiere sumergirlas en fosfato trisódico al 10% en agua durante 10 minutos para inactivar las partículas virales, afectando levemente la germinación de las semillas. Este método se considera efectivo para TMV y TSWV (Jaramillo *et al.*, 2007).

### Enfermedades causadas por hongos y oomicetos

Los hongos y los oomicetos son organismos microscópicos y multicelulares que presentan un cuerpo denominado micelio, compuesto por ramas o filamentos (hifas) y se reproducen por esporas que pueden formarse sexual o asexualmente (Agrios, 2005).

Algunos hongos y oomicetos pueden vivir y multiplicarse solamente en presencia de la planta hospedante (parásitos obligados); otros requieren de una planta hospedante solo parte de su ciclo de vida y lo completan sobre materia orgánica muerta (parásitos no obligados).

La sobrevivencia de los hongos y los oomicetos depende fundamentalmente de las condiciones prevalentes de temperatura y humedad, así como de la presencia de agua en su ambiente, aunque muchos tienen la capacidad de producir estructuras especializadas de resistencia que les permiten soportar condiciones ambientales adversas.

La diseminación de los hongos y los oomicetos se realiza por agentes como agua, viento, insectos, animales y humanos, los cuales transportan esporas, fragmentos de hifas o masas de micelio hasta la nueva planta para ser infectada (APS Net).

En la Tabla 8.1 se presentan las principales enfermedades del tomate ocasionadas por hongos y oomicetos, el órgano afectado y el patógeno asociado a esa enfermedad.



**Tabla 8.1. Enfermedades del tomate ocasionadas por hongos y oomicetos**

ÓRGANO AFECTADO	NOMBRE DE LA ENFERMEDAD AGENTE CAUSAL
Tallo	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Pudrición de plántulas, Damping – off, pata seca</b></li> <li>o <i>Pythium, Rhizoctonia, Fusarium, Phytophthora, Sclerotium.</i> (Complejo de hongos)</li> <li>o <b>Gota, tizón tardío</b> – <i>Phytophthora infestans.</i></li> <li>o <b>Mancha de Alternaria, tizón temprano</b> – <i>Alternaria solani, Alternaria alternata.</i></li> <li>o <b>Carate</b> – <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i></li> <li>o <b>Botrytis, moho gris</b> – <i>Botrytis cinerea</i></li> <li>o <b>Moho blanco, Esclerotinia</b> – <i>Sclerotinia sclerotiorum</i></li> <li>o <b>Marchitez vascular, Fusarium</b> – <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici.</i></li> <li>o <b>Cenicilla, Oidium, mildew polvoso</b> – <i>Oidium</i> sp. Link</li> </ul>
Cuello	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Estrangulamiento del cuello de plántulas</b> – <i>Phytophthora infestans.</i></li> <li>o <b>Tizón del cuello</b> – <i>Alternaria solani, Alternaria alternata</i></li> <li>o <b>Carate</b> – <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i></li> </ul>
Hojas	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Gota, tizón tardío</b> – <i>Phytophthora infestans.</i></li> <li>o <b>Mancha de Alternaria, tizón temprano</b> – <i>Alternaria solani, Alternaria alternata.</i></li> <li>o <b>Botrytis, moho gris</b> – <i>Botrytis cinerea</i></li> <li>o <b>Cenicilla, Oidium, mildew polvoso</b> – <i>Oidium</i> sp. Link</li> <li>o <b>Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia</b> – <i>Fulvia fulva, Cladosporium fulvum.</i></li> <li>o <b>Fumagina</b> – <i>Cladosporium</i> Link: Fr.</li> </ul>
Flores	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Botrytis, moho gris</b> – <i>Botrytis cinerea</i></li> <li>o <b>En sépalos: Cenicilla, Oidium, mildew polvoso</b> – <i>Oidium</i> Link.</li> <li>o <b>Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia</b> – <i>Fulvia fulva, Cladosporium fulvum.</i></li> </ul>
Frutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Gota, tizón tardío</b> – <i>Phytophthora infestans</i></li> <li>o <b>Mancha de Alternaria</b> – <i>Alternaria solani, Alternaria alternata</i></li> <li>o <b>Pudrición del fruto y del pedúnculo</b> – <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis.</i></li> <li>o <b>Mancha fantasma del fruto</b> – <i>Botrytis cinerea</i></li> <li>o <b>Moho blanco, Esclerotinia</b> – <i>Sclerotinia sclerotiorum</i></li> <li>o <b>Antracnosis</b> – <i>Glomerella cingulata</i> (anamorfo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>).</li> <li>o <b>Fumagina</b> – <i>Cladosporium</i> Link:Fr</li> </ul>

(Navarro et al., 1989; Sánchez et al., 1998; Tamayo et al., 2006; Jaramillo et al., 2007).

### **Gota, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)**

La enfermedad es común en zonas con temperaturas entre 15 y 22 °C y humedad relativa alta (mayor de 80%). El oomiceto puede sobrevivir en forma de micelio, en otras plantas cultivadas, en malezas de la familia de las solanáceas o



en residuos de cosecha que permanecen en el suelo (Sánchez *et al.*, 1998; Sandoval, 2004; Jaramillo *et al.*, 2007). Cuando la incidencia de la enfermedad es alta en hojas o tallos las esporas del hongo son fácilmente diseminadas por el viento, las herramientas o por el salpique del agua de riego.

Los síntomas de la gota se pueden presentar en hojas (Figura 8.1), tallos (Figura 8.2) o frutos (Figura 8.3). Generalmente los primeros síntomas aparecen en las hojas, como manchas grandes de color café o castaño, de aspecto húmedo y con una coloración verde pálido alrededor de la lesión. En el envés de la hoja o sobre la superficie de los tallos las lesiones son del mismo color y se observa un leve crecimiento blanquecino en el centro de la lesión, que corresponde a la esporulación del oomiceto.

Durante periodos de humedad relativa alta, las lesiones en los tallos o ramas crecen cubriendo grandes extensiones de tejido, anillándolos y causando su muerte (Tamayo *et al.*, 2006). Las plantas severamente afectadas en sus ramas parecen haber sufrido los efectos de una helada.



**Figura 8.1. Síntoma de gota (*P. infestans*) en hojas**



**Figura 8.2. Síntoma de gota (*P. infestans*) en tallo**



El patógeno afecta los pecíolos y causa doblamiento de los mismos, mientras que en los frutos las lesiones se inician generalmente en la mitad superior, con formas redondas o elípticas en principio y de color café oscuro. El patógeno cubre rápidamente la superficie del fruto, tornándose irregular; dependiendo de las condiciones ambientales las lesiones pueden cambiar de color castaño a negro y presentar manchas irregulares de tejido acuoso. Usualmente, los frutos afectados son invadidos por otros microorganismos que ocasionan su rápido deterioro (Tamayo *et al.*, 2006; La Torre *et al.*, 1990).



**Figura 8.3. Síntoma de gota en frutos**

*P. infestans* también puede atacar plántulas de tomate en la etapa de semilleros, ocasionando en las hojas y en el cuello lesiones que producen volcamiento y muerte de la plántula (Tamayo *et al.*, 2006).

Como manejo cultural se recomienda disminuir las densidades de siembra, realizar podas de hojas bajas para reducir la humedad dentro del cultivo, evitar el riego por gravedad cuando se han presentado plantas afectadas en las partes más altas del cultivo y eliminar los restos de plantas o partes enfermas retirándolas en bolsa plástica (Tamayo *et al.*, 2006; La Torre *et al.*, 1990; Ávila *et al.*, 1999).

Así mismo, como control químico se recomiendan aspersiones de fungicidas protectores (ver Tabla 8.5).

### **Mancha de *Alternaria*, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissl.)**

El hongo que causa la mancha de *Alternaria* es favorecido por ambientes húmedos y cálidos. El patógeno se disemina por la lluvia y el viento, y sobrevive en tejidos enfermos y en otras plantas de la familia de las solanáceas (Schwartz *et al.*, 2007).



En semilleros el hongo puede causar lesiones en hojas y tallos, dejando en estos últimos laceraciones pequeñas, oscuras y ligeramente hundidas que luego se alargan y adquieren formas de circulares a alargadas, con anillos concéntricos y color ligeramente claro en su centro que se unen anillando el tallo y produciendo la muerte de las plántulas. Cuando las plántulas afectadas sobreviven, su crecimiento y producción son reducidos.

En condiciones de campo los primeros síntomas se observan en los bordes de las hojas más viejas, las cuales presentan lesiones pequeñas de color café oscuro con bordes irregulares. Estas lesiones crecen rápidamente y se tornan redondas, secas, de color café oscuro o negro, con bordes irregulares, marcados anillos concéntricos y rodeadas de un halo clorótico. Cuando estas laceraciones son abundantes provocan el amarillamiento generalizado de la hoja (Figura 8.4) (Tamayo *et al.*, 2006; La Torre *et al.*, 1990).



**Figura 8.4. Mancha de *Alternaria* en hojas**

En tallos las lesiones son ovaladas, de color marrón o negro y de aspecto blanquecino o grisáceo en su región central, hendidas y con presencia de anillos concéntricos. Generalmente las lesiones se unen y cubren grandes áreas de ellos (Figura 8.5).



**Figura 8.5. Síntoma de mancha de *Alternaria* en tallo**



Los frutos verdes o en estado de madurez son afectados por *A. solani* en su mayoría por el cáliz o por la inserción al pedúnculo. En ellos se producen lesiones grandes de color café oscuro, hundidas, con aspecto seco y anillos concéntricos. Las áreas perjudicadas presentan consistencia de cuero y pueden estar cubiertas con abundante esporulación de color negro o grisáceo en la región central de la misma. El fruto afectado frecuentemente cae y puede ocasionar pérdidas hasta del 50% de frutos inmaduros (Figura 8.6) (Momol *et al.*, 2006).



**Figura 8.6. Daño por *Alternaria solani* en fruto**

Cuando se presenta un ataque fuerte la planta se defolia, disminuye el área fotosintética y los frutos sufren quemaduras al quedar expuestos al sol.

Para el manejo cultural de esta enfermedad se recomiendan distancias de siembra amplias, poda de hojas bajas para favorecer la aireación, un adecuado manejo de arvenses, uso de semilla certificada, y la recolección y destrucción de los frutos o partes afectadas de la planta para disminuir la fuente de inóculo de la enfermedad.

### **Carate, pudrición del fruto (*Phoma andina var. crystalliformis*)**

Esta enfermedad es severa en condiciones de humedad relativa alta (mayor del 70%) y temperaturas de medias a bajas (entre 22 y 18 °C). El patógeno sobrevive en residuos de cosecha y afecta plantas de tomate en todas sus edades.

Los síntomas de la enfermedad se observan en el cuello (base del tallo principal) y consisten en una mancha marrón-negra como chancros o puntos negros; el tejido se descompone y se produce marchitez completa de la planta, trayendo consigo una muerte rápida.



En el tallo, las lesiones también son de color marrón-negro, con tintes crema y puntos negros llamados picnidios. La lesión inicia en la base del pecíolo y se extiende de forma circular por el tallo, ocasionando una marchitez parcial a la planta o una muerte rápida.

En cualquiera de los lados de la hoja se presentan inicialmente pequeños puntos negros de forma irregular y ligeramente hundidos, que posteriormente se agrandan, coalescen y ocasionan amarillamiento y encrespamiento hacia arriba de la hoja.

En los frutos se presentan diminutas lesiones punteadas, que cubren gran parte de su superficie y deterioran la calidad de los mismos (Figura 8.7). El pedúnculo de los frutos también es afectado, y su daño ocasiona caída de los mismos (Navarro *et al.*, 1989).



**Figura 8.7. Síntomas de Carate, *Phoma andina* var. *crystalliniformis* en fruto**

El tutorado oportuno, la poda de hojas bajas y la remoción de frutos afectados, son prácticas de control cultural que ayudan a reducir la severidad de la enfermedad.

Las aspersiones de productos químicos dirigidas a la base del tallo y a los frutos al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad controlan adecuadamente el carate del tomate (ver Tabla 8.5).

### **Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.)**

El desarrollo del moho gris es favorecido por altas densidades de siembra, lluvias continuas, humedad relativa alta y temperaturas entre 15 y 22 °C. El



hongo se disemina fácilmente por el viento, las herramientas y el salpique del agua de lluvia (Melgarejo *et al.*, 2002).

El hongo *B. cinerea* afecta flores, tallos y frutos. En hojas, el hongo produce lesiones de color café oscuro, localizadas en el ápice, caracterizadas por no presentar halo clorótico pero sí algunos anillos concéntricos por el haz de la hoja y un abundante moho café por el envés de la misma, que corresponde a la esporulación del hongo que causa la enfermedad. El patógeno afecta los pecíolos de las hojas y las flores, donde también produce lesiones de color café claro a oscuro con abundante esporulación (Figura 8.8) (Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.8. Lesiones causadas por *Botrytis cinerea* en la inflorescencia**

El hongo puede afectar frutos recién formados, verdes y próximos a cosecha; en estos se presentan lesiones blandas y acuosas, de color café claro, localizadas principalmente en la región apical y en la unión del pedúnculo con el fruto, las cuales se caracterizan por la abundante esporulación de color grisáceo o café oscuro (Figura 8.9).



**Figura 8.9. Síntomas de moho gris (*Botrytis cinerea*) en frutos**

Cuando en cultivos de tomate se presentan condiciones de humedad relativa baja, el hongo no desarrolla los síntomas típicos de pudrición acuosa o



moho gris y aparece la llamada mancha fantasma en los frutos (Figura 8.10). Los frutos de tomate con la mancha fantasma presentan lesiones de forma circular blanca, en forma de aro o anillo, con un diminuto punto café en su centro (Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.10. Mancha fantasma en fruto producida por *Botrytis cinerea***

En el tallo se presentan lesiones largas y deprimidas, de forma circular a elíptica, cubiertas de abundante micelio y esporas de color café oscuro, que pueden comprometer uno o varios de los tallos y producir en un estado avanzado del daño el doblamiento del tallo y causar la muerte de la planta (Figura 8.11).



**Figura 8.11. Síntoma de moho gris (*Botrytis cinerea*) en tallo**

Para disminuir los daños ocasionados por esta enfermedad se recomienda: una buena aireación dentro del cultivo mediante deshoje, poda y recolección de partes afectadas; además de un adecuado manejo de arvenses y acompañado de aspersiones foliares de cepas de *Trichoderma koningii*, las cuales disminuyen el moho gris en el cultivo.



### **Moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary)**

El moho blanco incide debido a grandes densidades de siembra en el cultivo, alta humedad y empleo del tomate como cultivo de rotación a otros cultivos susceptibles a esta enfermedad (frijol, repollo, lechuga, papa).

En tomate, el hongo *S. sclerotiorum* puede infectar tallos, pecíolos y en ocasiones frutos, en los que provoca pudriciones acuosas (Laemmlen, 2009).

Ya que el hongo afecta el tallo principal y ocasiona interrupción del transporte de agua y nutrientes, los síntomas iniciales se presentan en las hojas, las cuales manifiestan un marchitamiento total o parcial.

Sobre la superficie del tallo, cerca o en la base de la planta, se observan lesiones grandes y húmedas que anillan el tallo, apareciendo sobre ellas un crecimiento micelial de color gris claro a blanco (Figura 8.12). Al abrir el tallo afectado se observa que presenta cavidades, donde se encuentran el micelio gris claro y estructuras de forma irregular, largas y duras con color negro, denominadas esclerocios (Figura 8.13), que corresponden a estructuras de resistencia del hongo. En las ramas o tallos marchitos se observa un crecimiento fungoso blanquecino de consistencia húmeda (Jaramillo *et al.*, 2007).



**Figura 8.12. Daño por *Sclerotinia sclerotiorum* en tallo principal**

Dado que este hongo sobrevive en el suelo mediante esclerocios, se debe prevenir su presencia mediante el tratamiento del suelo que va a ser usado en los semilleros. El terreno puede ser sometido al tratamiento de solarización húmeda durante un periodo que va de 30 a 45 días. La inoculación al suelo del hongo





**Figura 8.13. Esclerocios de color negro dentro de tallos**

*Trichoderma koningii* posibilita un adecuado control de este patógeno en el terreno de los semilleros. Un amplio espaciamiento entre surcos y las prácticas de poda o deshoje durante el cultivo disminuyen la incidencia de la enfermedad. Si la enfermedad se presenta en campo es necesario eliminar las plantas afectadas para así evitar focos de infección; las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas, exponiéndolas a los rayos del sol (solarización seca) para facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte del hongo causante del moho blanco (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **Marchitez vascular, *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans)**

El patógeno *Fusarium oxysporum* es un habitante natural del suelo que sobrevive entre cultivos –en los residuos de cosechas anteriores– como micelio o como clamidosporas. Su diseminación a corta distancia ocurre a través del agua, especialmente cuando se utiliza riego por gravedad, y en el equipo de trabajo; a larga distancia ocurre por plantas afectadas y suelo contaminado.

La enfermedad es más frecuente en suelos ácidos, mal drenados y de textura liviana, en donde el hongo penetra directamente por las raíces de las plantas a través de heridas o puntos de formación de las raíces laterales para luego crecer en los vasos del xilema, en los que ocasiona taponamiento.

En la planta de tomate produce inicialmente retraso en el crecimiento y síntomas de marchitez foliar. Posteriormente, la planta presenta quemazón foliar y secamiento total.



En plantas adultas los síntomas se presentan durante el intervalo entre floración y maduración del fruto; los primeros síntomas se presentan en las hojas más viejas que se tornan amarillas, y ese amarillamiento generalmente se desarrolla en un solo lado de la planta, la cual presenta inicialmente marchitez durante las horas más cálidas del día y consecutivamente este periodo se extiende hasta que la planta se seca completamente (Figura 8.14) (Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.14. Marchitez de la planta afectada por *F. oxysporum***  
(Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org).  
En: <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1436102>

El tejido vascular de la planta afectada muestra una coloración café y rojizo oscuro, la cual es característica de esta enfermedad y puede ser utilizada para su identificación (Figura 8.15).



**Figura 8.15. Oscurecimiento del sistema vascular característico de la presencia de *F. oxysporum***



Para realizar semilleros el suelo debe ser sometido a solarización húmeda durante 30 a 45 días, dado que este hongo sobrevive en el suelo mediante estructuras de resistencia, denominadas clamidosporas.

La siembra de semillas de tomate pregerminadas en suspensiones del hongo *Trichoderma koningii*, con posteriores aplicaciones al suelo y a los semilleros con el mismo hongo, además de refuerzos con la bacteria *Pseudomonas fluorescens*, posibilitan un adecuado control de *F. oxysporum* gracias a la interacción de estos dos organismos.

La aplicación a las semillas de las bacterias *Serratia plymuthica* y *Pseudomonas* sp. también ha permitido una disminución de la incidencia y severidad de la marchitez por *F. oxysporum*. A su vez, la inmersión de raíces de tomate durante 10 minutos poco antes del trasplante en una solución de hidrolato de rosa amarilla o marigold (*Tagetes patula*) al 10% reduce la incidencia de la enfermedad.

En el campo se deben realizar drenajes para reducir la humedad del suelo, y evitar así el paso del hongo de una planta a otra a través del agua de escorrentía o de riego. Es necesario evitar encharcamientos de los lotes.

El uso de variedades resistentes como los híbridos Santa Clara, Kyndio, Tarrayona, Torrano (Semillas Arroyave, 2010) y otras ofrecidas por las empresas comercializadoras de semillas en Colombia, son la mejor opción para prevenir esta enfermedad, lo mismo que eliminar inmediatamente las plantas enfermas y retirar sus residuos del cultivo.

Teniendo en cuenta que este patógeno es más severo en condiciones de suelos ácidos, se recomienda la aplicación de cal agrícola o cal hidratada. Medios o sustratos de crecimiento que poseen un pH alto tienden a mantener niveles más altos de nutrientes, mayores poblaciones de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos) y menor severidad de marchitez por *F. oxysporum*. La severidad de la enfermedad se ha reducido cuando se aplican fertilizantes nitrogenados a base de nitratos; por el contrario, se aumenta con fertilizantes nitrogenados a base de amonio. El riego con aguas salinas y la fertilización con sulfato de amonio predisponen a la planta al ataque por el hongo.

La incidencia de la marchitez por *F. oxysporum* es tan grave en algunas zonas productoras de tomate bajo invernadero de Colombia que se ha recurrido al embolsado individual de las plantas con suelo previamente desinfectado para el control de la enfermedad (Jaramillo *et al.*, 2007).



### **Putridión del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.))**

Es una enfermedad de climas cálidos que afecta plantas adultas en el cuello –justamente debajo de la superficie del suelo– aunque bajo condiciones ambientales propicias puede atacar otros órganos de la planta. Los primeros síntomas visibles corresponden a un amarillamiento progresivo y marchitez de las hojas; posteriormente se puede observar la producción de abundante micelio blanco que crece por fuera y en el suelo, alrededor del tejido afectado. Sobre este micelio se pueden observar los esclerocios, estructuras redondeadas inicialmente de color blanco que luego se tornan café oscuro, semejantes a semillas de mostaza (Figura 8.16) (Ferreira *et al.*, 1992).

El hongo afecta los frutos que se encuentren en contacto con el suelo, desarrollando sobre ellos lesiones ligeramente hundidas de color amarillo. El fruto invadido colapsa de forma rápida y se cubre de masas de micelio blanquecino, con numerosos esclerocios.

Cuando el ataque es temprano, después de la siembra, las plántulas afectadas mueren rápidamente; en plántulas de mayor edad se lignifica el tejido y se incrementa la resistencia al ataque del hongo.



**Figura 8.16. Micelio y esclerocios de *Sclerotium rolfsii* en el cuello de una planta de tomate**

(Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org.  
En: <http://www.invasive.org/>)

Para el manejo de esta enfermedad se recomienda: un arado profundo (a 20 cm) que permita incorporar la materia orgánica, residuos de cosecha y esclero-



cios dentro del suelo; arrancar las plantas afectadas y quemarlas o enterrarlas a profundidades superiores a 50 cm; impedir los encharcamientos o exceso de humedad en el suelo; y evitar el contacto de los frutos con el suelo.

La solarización con temperaturas de 50 °C durante 4 a 6 horas o 55 °C durante tres horas, reduce totalmente la viabilidad de los esclerocios en el suelo. La solarización más la aplicación del biocontrolador *Trichoderma harzianum* ha disminuido la incidencia de la enfermedad mucho más que cualquier otro tratamiento (Ferreira *et al.*, 1992).

### **Cenicilla, Oidium, mildew polvoso (*Oidium* Link)**

La Cenicilla es favorecida por épocas calurosas y baja humedad relativa, diseminándose el patógeno por el viento. Sus síntomas se presentan en tallos (Figura 8.17), pecíolos y en las hojas más viejas (Figura 8.18). En el haz de las hojas se observan puntos o manchas circulares con crecimiento superficial, de aspecto blanquecino, que van colonizando diferentes partes y tornando la hoja clorótica (Jones *et al.*, 2001). El hongo puede causar clorosis superficial en el haz, y por el envés se observa un leve crecimiento blanquecino (Jones *et al.*, 2001; Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.17. Cenicilla en tallo**



**Figura 8.18. Cenicilla en hojas**

Tanto en los tallos como en los sépalos (Figura 8.19) las lesiones son de borde irregular y ligeramente oscuras, adquiriendo con el tiempo tonalidades negras, acompañadas de un crecimiento blanquecino superficial.

La aplicación de aceite de neem (*azadirachta indica*) de 0,25 a 0,5%, reduce la severidad de la Cenicilla. Las aspersiones foliares de cepas de *Trichoderma koningii* han mostrado gran potencial de control de la Cenicilla del tomate (Tamayo *et al.*, 2006; Jaramillo *et al.*, 2007).





**Figura 8.19. Lesiones por Cenicilla en sépalos**

El manejo químico puede realizarse con la aspersión de productos a base de azufre (ver Tabla 8.5).

**Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia** (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr.

El moho clorótico es una enfermedad que se presenta con mucha frecuencia en cultivos de tomate bajo invernadero. El patógeno se disemina por el viento y el padecimiento es favorecido por condiciones de humedad relativa alta (mayor de 90%) y temperaturas entre 20 y 25 °C.

Este moho se presenta inicialmente en las hojas más viejas cercanas al suelo, donde la ventilación es pobre y los periodos de humedad excesiva son más prolongados. En dichas hojas aparecen inicialmente manchas pequeñas cloróticas de bordes irregulares, que luego se tornan ligeramente amarillas y finalizan como áreas secas de color café, a causa de la muerte de las células.

El hongo esporula en el envés de la hoja, donde se observa un moho de color verde oliva (Figura 8.20) y con el tiempo las hojas afectadas caen. El patógeno también afecta flores donde se produce el estrangulamiento del pedúnculo y posteriormente la caída de la flor (Tamayo *et al.*, 2006).

Una adecuada ventilación del cultivo mediante un amplio espaciamiento entre surcos y plantas y la poda de hojas bajas para favorecer la aireación del cultivo reducen la severidad de la enfermedad.





**Figura 8.20. Daños por moho clorótico (*Cladosporium* Link: Fr) en el haz y envés de las hojas**

### **Antracnosis del fruto (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.))**

Los daños por Antracnosis surgen por temperaturas medias (15 a 20 °C) y humedad relativa alta dentro del invernadero. Las altas densidades de siembra, la presencia de insectos y el riego por aspersión, forman un escenario propicio para los ataques del patógeno.

El ataque al fruto puede ocurrir cuando este se encuentra verde; sin embargo, el desarrollo de la enfermedad está asociado a su madurez. El hongo produce lesiones redondas, pequeñas, hundidas, de color negro y localizadas en la región cercana al pedúnculo del fruto. En condiciones de humedad relativa alta, las lesiones se agrandan y se cubren de un micelio blanco en los bordes y negruzco en el centro (Figura 8.21). En la superficie de la lesión también pueden aparecer masas pequeñas de color salmón, que corresponden a la producción de conidios del hongo.



**Figura 8.21. Síntoma de antracnosis en fruto**



En zonas donde la enfermedad es frecuente, se recomienda un amplio espaciamiento entre surcos y plantas para facilitar la aireación del cultivo (las prácticas de poda o deshoje disminuyen la incidencia de la enfermedad). A su vez, la recolección de los frutos afectados reduce las fuentes de inóculo y las pérdidas por la enfermedad (Tamayo *et al.*, 2006).

### **Fumagina** (*Cladosporium fulvum* (Cooke))

Los daños por fumagina (Figura 8.22) se ven favorecidos por temperaturas entre 20 y 25 °C y humedad relativa alta dentro del invernadero, al igual que por altas densidades de siembra y la presencia de insectos (áfidos o pulgones y mosca blanca).



**Figura 8.22. Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) favorecido por la presencia de insectos**

Los daños por esta enfermedad se presentan en las hojas de tomate con un moho de color verde a negro que cubre la lámina foliar (Figura 8.23), el cual evita una adecuada fotosíntesis de la planta. Del mismo modo, el hongo afecta pedúnculos y frutos de tomate, donde produce lesiones individuales y superficiales de color verde o negro que predominan en la unión del pedúnculo con el fruto y lo van cubriendo hasta deteriorar su calidad (Figura 8.24).

Para su manejo se recomienda mejorar la aireación del cultivo mediante orientación de los surcos de siembra en la dirección de los vientos prevalentes en la zona, tener densidades de siembra amplias, disminuir el inóculo mediante podas o deshojes de las hojas bajas con mayor daño para así retirarlas del lote, y remover frutos afectados (Tamayo *et al.*, 2006).





**Figura 8.23. Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) en hojas**



**Figura 8.24. Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) en frutos**

Debido a que la fumagina es fomentada por insectos chupadores, se sugiere el control de estos mediante manejo cultural o etológico, combinado con la aspersión de insecticidas en los focos de estos insectos.

**Pudrición de plántulas, Damping – off, Pata seca** (Complejo de hongos: *Pythium* sp.; *Rhizoctonia* sp.; *Fusarium* sp.; *Phytophthora* sp.; *Sclerotium* sp.).

Las pudriciones de plántulas por estos patógenos se presentan por temperaturas entre los 18 y 24 °C en semilleros con altas densidades de siembra y establecidos en condiciones de poca luminosidad y excesiva humedad del suelo. Igualmente, la presencia de estos hongos se da por suelos de textura pesada y drenaje deficiente.



Los hongos causantes de la pudrición de plántulas (*Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*) son habitantes del suelo que se diseminan por el agua de riego, por la distribución de plántulas de semilleros enfermos y por el uso de herramientas con suelo contaminado; además, permanecen en residuos de cosechas anteriores en forma de micelio o en estructuras de sobrevivencia como clamidosporas y esclerocios. El daño a las semillas ocasiona germinación desuniforme y pudrición de las mismas.

Cuando los ataques se presentan después de la germinación de las semillas, las plántulas se debilitan al afectarse las raíces; a su vez, el patógeno puede ocasionar el estrangulamiento del cuello, necrosis del tallo y muerte de las plántulas de tomate. El hongo *Pythium* sp. causa desintegración de los tejidos cercanos a la base del tallo, donde se observa un estrangulamiento en la base de la planta, necrosis de raíces, amarillamiento, marchitez y muerte prematura de la planta (Figura 8.25) (Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.25. Daño por complejo de hongos**

Para el manejo cultural de esta enfermedad se debe evitar el uso de suelos pesados para los semilleros y el exceso de humedad y altas densidades de siembra. El suelo que ha de ser usado en los semilleros debe proceder de lotes donde no se haya cultivado antes o de campos que hayan sido rotados con cultivos de maíz, el cual es tolerante a estos patógenos.



El suelo a ser usado en los semilleros debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda; puede ser inoculado al momento de la siembra, ocho días después de germinación y ocho días antes del trasplante definitivo al campo con hongos biocontroladores del género *Trichoderma* spp. (Martínez *et al.*, 2008).

En caso de que se opte por el tratamiento con agentes de biocontrol como *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp., o el de solarización húmeda, el suelo que va ser usado en los semilleros no debe ser sometido a tratamientos con fungicidas.

La siembra de semillas de tomate pregerminadas en suspensiones del hongo *Trichoderma koningii* (con posteriores aplicaciones al suelo de los semilleros del mismo hongo y de la bacteria *Pseudomonas fluorescens*) posibilitan un adecuado control de *R. solani*. Así mismo, la aplicación a las semillas de tomate del hongo *T. lignorum* protege las plántulas y reduce las afecciones por *Rhizoctonia* y *Fusarium* en semilleros.

Si la pudrición de plántulas se presenta en el semillero, es necesario retirar y eliminar inmediatamente las plantas enfermas, teniendo sumo cuidado –al momento del trasplante– en la selección de plantas sanas para llevar al campo.

Cuando las infecciones se presenten en el campo, las plantas enfermas se deben retirar y eliminar inmediatamente para disminuir los focos de infección, sometiendo los lotes severamente afectados por estos patógenos del suelo a rotación con plantas menos susceptibles. Sumado a esto, es importante desinfectar las bandejas para semillero y las canastillas en las cuales se transportan y comercializan las hortalizas con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola.

### Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias fitopatógenas son organismos unicelulares que se desarrollan generalmente en la planta hospedante y como saprófitos en residuos de plantas o en el suelo. Poseen una alta capacidad de reproducción, la cual ocurre por un proceso asexual denominado fisión o fisión binaria, y su diseminación de una planta a otra es realizada por el agua, insectos, animales y humanos, penetrando en la planta por heridas o aperturas naturales (Agrios, 1997; Goto, 1992).

En la Tabla 8.2 se presentan las principales enfermedades del tomate ocasionadas por bacterias en Colombia.



**Tabla 8.2. Enfermedades del tomate ocasionadas por bacterias**

ÓRGANO AFECTADO	NOMBRE DE LA ENFERMEDAD AGENTE CAUSAL
Tallo	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Huequera, tallo hueco, Popillo</b> – <i>Erwinia chrysanthemi</i></li> <li>o <b>Marchitez; pudrición suave; Erwinia</b> – <i>Erwinia</i> sp.</li> <li>o <b>Pudrición medular</b> – <i>Pseudomonas</i> sp.</li> <li>o <b>Cáncer bacterial</b> – <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>.</li> </ul>
Hojas	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Mancha bacterial, Xanthomonas</b> – <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>.</li> </ul>
Flores	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Mancha bacterial, Xanthomonas</b> – <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>.</li> </ul>
Frutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Mancha bacterial, Xanthomonas</b> – <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>.</li> <li>o <b>Cáncer bacterial</b> – <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>.</li> </ul>

**Mancha bacterial, Xanthomonas** (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye).

La enfermedad es común en zonas de clima medio y frío, donde son frecuentes condiciones de humedad relativa alta y temperaturas entre 17 y 24 °C. El patógeno sobrevive en restos de cultivo y en algunas malezas hasta por 6 meses.

La mancha bacterial del tomate es una enfermedad que se puede presentar desde la etapa de semillero, provocando manchas negras y húmedas en las hojas de las plántulas. Se inicia en las hojas más bajas de la planta y se caracteriza por presentar manchas o lesiones pequeñas de color negro, con bordes irregulares que por el envés presentan apariencia húmeda; posteriormente, las lesiones se unen, convirtiéndose en lesiones más grandes (Figura 8.26) (Tamayo *et al.*, 2006).

La bacteria produce lesiones negras en las flores, sépalos (Figura 8.27), pedúnculos y en el tallo. En los frutos verdes y maduros se presentan lesiones inicialmente pequeñas, redondas, de color negro a marrón oscuro y rodeadas de un leve halo clorótico (Figura 8.28), las cuales van aumentando su tamaño al transcurrir el tiempo (Momol *et al.*, 2006).

La bacteria se disemina por semillas infectadas, por el salpicado y el escurrimiento superficial de agua de lluvias o por riego por aspersión a partir de un foco de inóculo (La Torre, *et al.*, 1990).





**Figura 8.26. Lesiones por *Xanthomonas* en hojas de tomate**



**Figura 8.27. Lesiones por *Xanthomonas* en sépalos**



**Figura 8.28. Lesiones por *Xanthomonas* en frutos maduros**



Como manejo cultural se recomienda no realizar semilleros en suelos o áreas donde hayan atacado cultivos anteriores. Es primordial la selección de plántulas libres de la enfermedad en el momento del trasplante para así evitar epidemias desde los primeros estados de desarrollo del cultivo. De la misma forma, las distancias de siembra amplias y suelos bien drenados disminuyen la severidad de la mancha bacterial.

Si la enfermedad se presenta en campo en los primeros estados de desarrollo del cultivo, se debe realizar una poda de tallos y hojas afectadas; así mismo, el material enfermo colectado debe ser retirado del cultivo y eliminado.

Durante el cultivo se debe tener un adecuado manejo de arvenses (malezas), ya que algunas son hospedantes de la bacteria. Una vez finalizado el cultivo afectado por mancha bacterial, lo recomendable es retirar y eliminar los residuos de cosecha y realizar una rotación de por lo menos de 1 a 2 años con cultivos no susceptibles al patógeno.

Se aconseja manejo químico para el tratamiento de semillas y para la desinfección de las bandejas de siembra. Las semillas de tomate deben ser tratadas con hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto; el tratamiento de las semillas de tomate mediante inmersión en agua a 64 °C (en horno microondas) durante 3 minutos controla la infección de la bacteria en la semilla. Por otro lado, el tratamiento de semillas con ácido clorhídrico (HCL) al 5% durante 10 minutos también erradica la bacteria.

El tratamiento térmico vía calor seco de semillas de tomate infectadas durante 96 horas a una temperatura de 70 °C erradica la bacteria y controla la infección por semillas (Tamayo *et al.*, 2006).

Con respecto al manejo integrado, se sugiere eliminar totalmente los residuos tan pronto como se finalice la cosecha, establecer una rotación de cultivos por lo menos de un año, sembrar especies no susceptibles y utilizar semillas sanas producidas en zonas libres de la enfermedad (La Torre *et al.*, 1990).

### **Huequera, tallo hueco, Popillo** (*Erwinia chrysanthemi* Burkholder *et al.*)

Las temperaturas ligeramente altas (20 a 23 °C) y una humedad relativa alta, forman un escenario perfecto para la presencia de esta enfermedad. La presencia del patógeno es frecuente en terrenos húmedos y se disemina a través de insectos, por agua de escorrentía, en suelos contaminados y durante las labores de poda (Tamayo *et al.*, 2006).



La enfermedad se manifiesta inicialmente con un marchitamiento ligero de las hojas superiores (Figura 8.29). En ataques avanzados, el marchitamiento de la planta puede ser total debido al ataque de la bacteria en el tallo principal, donde se observa una lesión húmeda y acuosa, de color café o negro, que al presionar con los dedos posee consistencia hueca al tacto. El tallo presenta rajaduras a lo largo del mismo, y al examinar el tejido medular este se encuentra desintegrado, hueco y quebradizo; de ahí deriva el nombre de huequera (Figura 8.30) (Momol *et al.*, 2006).



**Figura 8.29. Síntoma de marchitez por *Erwinia chrysanthemi***



**Figura 8.30. Tejido medular hueco por ataque de *Erwinia chrysanthemi***



Una vez detectado el popillo, se recomienda la eliminación, retiro y destrucción fuera del cultivo de las plantas enfermas, las cuales se deben cortar en trozos, introducir en bolsas plásticas cerradas y exponer a los rayos del sol (solarización seca), lo cual facilita la descomposición del tejido vegetal y la muerte de la bacteria. Las prácticas de control cultural dirigidas a disminuir la presencia de insectos, reducen la incidencia de la enfermedad.

Además, se debe evitar el encharcamiento del suelo mediante la realización de drenajes y aporques altos que faciliten la aireación y favorezcan la emisión de nuevas raíces.

Es importante evitar el desarrollo de labores de poda o cosecha mientras las plantas se encuentren húmedas. Durante la poda es preciso realizar la desinfección o lavado de manos, herramientas o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola (Tamayo *et al.*, 2006).

**Marchitez, pudrición suave, Erwinia** (*Erwinia carotovora subsp. carotovora* (Jones) Bergey).

La pudrición por *Erwinia carotovora* se da por excesiva humedad en la base del tallo de la planta. La bacteria se disemina por el agua de escorrentía o herramientas contaminadas, desarrollándose por el ataque de insectos y las prácticas de poda (Momol *et al.*, 2006).

La enfermedad se manifiesta inicialmente en las hojas superiores mediante un ligero marchitamiento (Figura 8.31). En ataques avanzados, el marchitamiento de la planta puede ser total por la acción de la bacteria en la base del tallo principal, donde se observa una lesión húmeda y acuosa, de color café o negro y olor desagradable.

La pudrición por *E. carotovora* se previene evitando condiciones de humedad excesiva en la base del tallo de la planta. La práctica de aporque temprano de las plantas al inicio de la enfermedad posibilita la



**Figura 8.31. Marchitamiento en hojas superiores por *Erwinia carotovora***



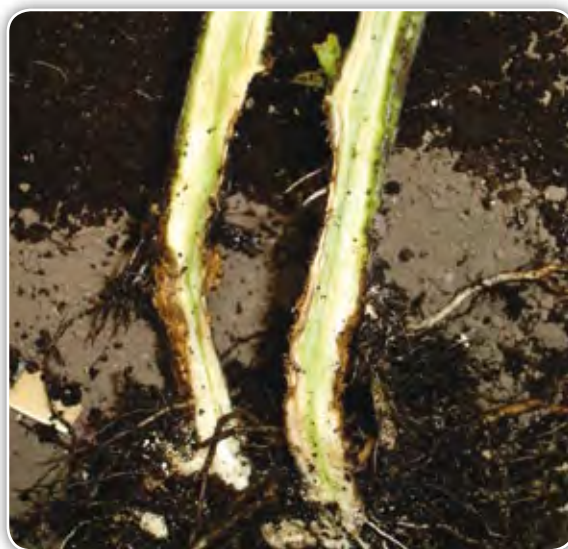
emisión de nuevas raíces en la parte superior del tallo principal y la recuperación de la planta afectada.

Durante las labores de poda igualmente se debe realizar la desinfección o lavado de manos, herramientas o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola (Tamayo *et al.*, 2006).

### **Pudrición medular** (*Pseudomonas* sp.)

Enfermedad favorecida por temperaturas bajas en la noche, excesiva fertilización nitrogenada y alta precipitación y/o humedad.

Los síntomas iniciales de la pudrición medular se observan en las hojas inferiores de la planta, mediante un marchitamiento parcial. A lo largo de los tallos de las plantas afectadas se presentan agrietamientos que pueden llegar hasta los pecíolos de las hojas; dichos tallos se tornan huecos y la región medular es reemplazada por una masa gelatinosa de apariencia blanda que no desprende olores desagradables (Figura 8.32) (Momol *et al.*, 2006; Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.32. Planta afectada por *Pseudomonas* sp.**

Lo conveniente es evitar las podas u otras prácticas agrícolas que produzcan heridas y favorezcan la diseminación de esta enfermedad. Las plantas afectadas se deben erradicar inmediatamente, cortándolas en trozos e introduciéndolas en bolsas plásticas cerradas para exponerlas a los rayos del sol y así facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte de la bacteria.



Un método sencillo para identificar la marchitez por *P. corrugada* consiste en depositar en un vaso con agua limpia algunos trozos del tallo afectado y esperar unos minutos, tiempo en el que el agua se torna turbia por el exudado bacterial que desprenden los trozos de tallo (Figura 8.33).



**Figura 8.33. Prueba de agua para *Pseudomonas* sp.**

### **Cáncer bacterial** (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)

Esta enfermedad se desarrolla entre los 18 y los 24 °C, con una humedad relativa superior al 80%; su dispersión es favorecida por el agua de riego, el salpique de lluvia y por las distintas prácticas culturales que ocasionan heridas en la planta.

La bacteria penetra en los tejidos de la planta a través de los estomas y otras aperturas naturales, así como por heridas que son generalmente ocasionadas en la poda. Los síntomas del cáncer bacterial pueden ser fácilmente confundidos con los marchitamientos ocasionados por *Verticillium* o *Fusarium*.

Las plantas afectadas inicialmente presentan secamiento de los bordes de hojas basales, mientras que en el tallo se evidencian rayas longitudinales de color café a partir de las cuales se desarrollan resquebrajaduras o grietas que dan origen al nombre de esta enfermedad. Estas lesiones longitudinales están asociadas al secamiento de las hojas adyacentes (Figura 8.34).

Los haces vasculares presentan coloración café o amarilla y la médula se torna amarillo oscura-café, de consistencia harinosa y hueca (Figura 8.35). Al apretar los tallos afectados aparece un exudado bacteriano amarillo (Corpeño, 2004; Eppo, 2009).





**Figura 8.34. Secamiento de las hojas adyacentes a las lesiones, ocasionadas por la bacteria en la rama.** (Fotografía: M. Lola en Sandoval, 2004).



**Figura 8.35. Daños en haces vasculares y médula ocasionados por *C. michiganensis*** (Paul Bachi, University of Kentucky Research & Education Center, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5368890>)

En el fruto se presentan pequeñas lesiones blancas sobresalientes del tejido normal que se tornan de color café con aureola blanca, denominadas lesiones ‘ojo de pájaro’ (Figura 8.36). Cuando los ataques son tempranos en el desarrollo del fruto estos detienen su crecimiento y caen, o maduran prematuramente.

Para el manejo de esta enfermedad se recomienda el uso de semillas certificadas. Una vez se presenta la enfermedad en un cultivo, es necesario aplicar medidas estrictas de higiene en el lote o invernadero, entre las que se encuen-





**Figura 8.36. Lesiones en frutos ocasionadas por *C. michiganensis***  
(Heinz USA Archive, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/>)

tran: erradicación de plantas afectadas, destrucción de residuos de cosechas, desinfección de herramientas y estructuras del invernadero, así como evitar los excesos en fertilización nitrogenada y la alta humedad (Blancard, 1988; Eppo, 2009; Sandoval, 2004).

**Marchitez bacteriana, dormidera *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. (= *Pseudomonas solanacearum*).**

Se caracteriza por el desarrollo de marchitez parcial o generalizada y por la presencia de necrosis del tejido vascular (xilema), la cual se evidencia al cortar longitudinalmente los tallos enfermos (en donde es posible observar los exudados blancos y cremosos al comprimirlos).

Sobrevive en el suelo de 3 a 5 años y está generalmente asociada a restos de tomates enfermos. Es una habitante del suelo y puede encontrarse incluso a 75 cm de profundidad, especialmente en suelos templados o cálidos. También puede permanecer asociada a otros hospederos o plantas voluntarias.

Se disemina al trasplantar almácigos infectados, por el salpicado y el escurrimiento superficial del agua de lluvia o de riego por aspersión. También el contacto entre raíces enfermas y sanas puede permitir la dispersión de esta bacteriosis.

Como manejo integrado se recomienda establecer rotación de cultivos durante uno o más años, incluyendo especies no susceptibles y eliminando completamente aquellas plantas enfermas tan pronto se observen en el campo (La Torre et al., 1990).



## Enfermedades causadas por virus

Un virus es una nucleoproteína que se multiplica solamente en células vivas y tiene la capacidad de causar enfermedades. Debido a que no se divide y no produce estructuras reproductivas dentro del hospedante, su multiplicación la realiza induciendo las células del mismo a formar más virus.

El virus ocasiona enfermedad en las plantas al utilizar las sustancias celulares de las mismas, ocupar espacio dentro de las células, y por desarreglos que afectan las funciones y el metabolismo de las células de la planta (Agrios, 1997).

La Tabla 8.3 presenta las principales enfermedades del tomate ocasionadas por virus en Colombia.

**Tabla 8.3. Enfermedades del tomate ocasionadas por virus**

ÓRGANO AFECTADO	NOMBRE DE LA ENFERMEDAD AGENTE CAUSAL
Planta (síntomas en hojas, pecíolos, frutos, y en el crecimiento de la planta).	<ul style="list-style-type: none"><li>o <b>Virus del mosaico del tabaco</b> – Tobacco Mosaic Virus (TMV)</li><li>o <b>Virus del mosaico amarillo del tomate</b> – Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV).</li><li>o <b>Virus de la marchitez bronceada del tomate</b> – Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)</li><li>o <b>Virus de la cuchara del tomate</b> – Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV).</li></ul>

### **Virus del mosaico del tabaco – Tobacco Mosaic Virus (TMV)**

En tomate, el virus se transmite a través de la semilla y mecánicamente por medio de la manipulación de las plantas enfermas en las labores de poda y amarre del cultivo. Los operarios de campo que fuman cigarrillo en la plantación pueden transmitir el virus al contacto de sus manos contaminadas con plantas sanas de tomate. El virus se disemina también por el contacto de la planta sana de tomate con suelo que contenga restos vegetales enfermos (Averre *et al.*, 2000; Momol *et al.*, 2006).

Cuando la infección por el virus se presenta desde los primeros estados de desarrollo del cultivo de tomate, las plantas afectadas presentan reducción en el crecimiento. Las hojas son pequeñas (Figura 8.37) y presentan un mosaico suave y consistente en la presencia de áreas verde claro, que contrastan con el verde oscuro de la lámina foliar.



En ocasiones la lámina foliar evidencia rugosidades y deformaciones; en cambio, en los frutos se dan síntomas de anillos cloróticos. En ataques severos se presenta caída de flores y necrosis parcial de los folíolos (Tamayo *et al.*, 2006).



**Figura 8.37. Síntoma típico del virus del mosaico del tabaco**

### **Virus del mosaico amarillo del tomate – Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV)**

El virus del mosaico amarillo del tomate se desarrolla por condiciones de sequía y temperaturas altas que favorecen el incremento de su vector, la mosca blanca *Bemisia tabaci* biotipo B.

Los síntomas del ToYMV en hojas incluyen mosaico amarillo y deformación foliar, crecimiento reducido, mosaicos y rugosidad foliar (Figura 8.38).



**Figura 8.38. Síntoma del virus del mosaico amarillo del tomate**



Como manejo cultural se recomienda proteger los semilleros de tomate con malla contra la mosca blanca y realizar manejo del vector, tanto en semilleros como en el momento del trasplante (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **Virus de la marchitez bronceada del tomate – Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)**

Esta enfermedad es conocida también como ‘bronceado del tomate’. Sus síntomas se expresan en hojas, pecíolos, ramas y frutos, y se inician con la detención del crecimiento de las yemas terminales. Las hojas jóvenes presentan lesiones pequeñas de aspecto bronceado que se tornan café oscuro, visibles primero sobre el haz y luego por el envés (Figura 8.39).



**Figura 8.39. Síntoma en hojas del virus TSWV**

(David B. Langston, University of Georgia, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/>)

En pecíolos y ramas pueden aparecer rayas de color café oscuro y la planta puede mostrar crecimiento en un solo lado (Figura 8.40). Si la infección ocurre antes de la floración, la planta no fructifica. Si los frutos están formados presentan moteados; en frutos verdes se evidencian anillos de color verde claro con centros levantados; y decoloraciones verde-amarillo en frutos maduros (Figura 8.41).

El TSWV posee un amplio rango de hospedantes en plantas ornamentales, hortalizas, arvenses y otras plantas cultivadas como piña, uva y tabaco. Es de los pocos virus transmitidos por trips, reportándose como vectores *Frankliniella occidentalis*, *F. schultzei*, *F. fusca*, *F. tenuicornis*, *Thrips tabaci*, *T. setosus* y *T. moultonis*.

De acuerdo con lo anterior, para el manejo de este virus en los cultivos de tomate se recomienda evitar la llegada de dichos insectos al cultivo e implemen-





**Figura 8.40. Marchitez de parte de la planta de tomate ocasionada por TSWV** (Division of Plant Industry Archive, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/>)



**Figura 8.41. Síntomas en frutos afectados por TSWV** (Whitney Cranshaw, Colorado State University, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/>)

tar un riguroso monitoreo usando trampas de color azul con pegante, dentro y fuera de este (Sandoval, 2004); una vez detectados los trips, lo mejor es aplicar medidas químicas para su manejo.

El manejo de los insectos debe ser complementado con medidas culturales, como un adecuado manejo de arvenses, rotación de cultivos con plantas no hospedantes, y monitoreo de plantas antes de realizar las labores de podas, amarres u otras actividades que requieran la manipulación de las plantas; además del uso de mulch reflectivo, junto con la remoción y destrucción de plantas con síntomas del virus y las adyacentes a estas (Zitter *et al.*, 1989; Goldberg, 2000).



## **Virus de la cuchara del tomate – Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)**

Las plantas afectadas por este virus son pequeñas debido a que –por efecto del mismo– detienen su crecimiento, presentan brotes erectos (Figura 8.42), hojas arrugadas de tamaño reducido, curvas hacia el haz y con amarillamientos pronunciados a lo largo de las márgenes y/o en las regiones intervenales (Figura 8.43).



**Figura 8.42. Comparación entre planta de tomate afectada por TYLCV (izquierda) y planta sana (derecha).**

(Cerkaskas, 2004. En: <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/TYLCV.pdf>).

Después de ocurrida la infección las plantas reducen drásticamente su producción, y si el virus es adquirido antes de la floración, la producción es mínima. Los frutos de las plantas afectadas no muestran síntoma alguno. El virus es transmitido únicamente por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, insecto que presenta un amplio rango de hospedantes y es favorecido por condiciones secas y de alta temperatura. La mosca blanca adquiere el virus después de alimentarse en plantas infectadas de tomate, tabaco y algunas arvenses, y puede transmitirlo después de 24 horas de incubación dentro de su cuerpo.

Esta mosca retiene el virus por más de 20 días y no lo transmite a su prole. Los síntomas se presentan en plantas jóvenes transcurridos 10 a 14 días después de haber sido inoculado por el insecto (Cerkaskas, 2004).

Para el manejo de esta enfermedad se recomienda el control del insecto, ya sea por medios químicos o culturales como la siembra de tomate en campos aislados, el uso de barreras (como rodear los cultivos de tomate con un cultivo borde de porte alto, por ejemplo el maíz), la utilización de trampas dentro del cultivo (bandas plásticas de color amarillo impregnadas de adherente), la apli-





**Figura 8.43. Síntomas característicos de TYLCV en hojas, donde se observa el encrespamiento de las hojas hacia el haz**  
(Cerkaskas, 2004. En: <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/TYLCV.pdf>)

cación al envés de las hojas de una solución al 1% de jabón, el uso de variedades resistentes, y la eliminación y extracción del lote de las plantas afectadas (Blancard, 1988; Cerkaskas, 2004; Giran, 2009).

### Enfermedades causadas por nematodos

Los nematodos son animales no segmentados, con forma de lombriz pero muy distantes taxonómicamente de ella, y pueden tener hábitats muy variados, desde los suelos congelados del Ártico hasta los terrenos desérticos. Los nematodos parásitos de plantas son pequeños, con una longitud entre 300 y 400  $\mu\text{m}$  y entre 15 y 35  $\mu\text{m}$  de ancho. Son típicamente acuáticos y se encuentran en agua dulce y salada, razón por la que requieren constantemente de un *film* de agua recubriendo su cuerpo.

Los nematodos pueden ser diseminados por el hombre, los animales, el agua o por el traslado entre localidades de suelos y plantas contaminadas. En el suelo su movimiento es limitado y la forma más efectiva para el desplazamiento es en el agua, que se infiltra por los poros del suelo (Agrios, 1997). En la Tabla 8.4 se presentan los nematodos asociados con la planta de tomate en Colombia.



**Tabla 8.4. Nematodos asociados con la planta de tomate**

Raíz	o <b>Nematodos del nudo de la raíz</b> – <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> .
------	---

### **Nematodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica*)**

Los nematodos representan un problema serio en suelos livianos arenosos, aunque en suelos con pH bajos sus ataques son moderados. Esta acción es favorecida por temperaturas moderadas en el suelo entre 16 y 17 °C.

La planta de tomate es afectada principalmente por especies del género *Meloidogyne* (hembra con forma de melón); y si bien *M. incognita* es un nematodo de amplia distribución y prevalencia en diferente tipo de ambientes, es más frecuente en cultivos de tomate ubicados en zonas de clima cálido, mientras que *M. javanica* predomina en las zonas de clima frío moderado.

### **Hospedantes**

La presencia en un suelo de altas poblaciones de estas especies es favorecida por la siembra continua de cultivos altamente susceptibles como las solanáceas (pimentón, ají y papa, entre otros) y la carencia de rotación con especies no hospedantes. Existen también innumerables arvenses hospedantes de nematodos que pueden mantener sus poblaciones en el suelo por muchos años en ausencia de un hospedante de importancia económica.

### **Ciclo de vida**

El desarrollo del huevo se inicia pocas horas después de haber sido depositado por la hembra; cuando la larva ha desarrollado su estilete, rompe la cutícula del huevo y sale al suelo para penetrar las raíces del hospedante e iniciar su ciclo como parásito.

El nematodo penetra la raíz por la cofia o por la parte más blanda utilizando el estilete, presente en la parte anterior de su cuerpo, similar a una aguja hipodérmica para producir la lesión. Seguidamente se localiza cerca a la zona de iniciación de los haces vasculares, donde mediante la inyección de sustancias químicas a las células adyacentes ocasiona la formación de células gigantes (hipertrofia e hiperplasia). La unión de las células afectadas da lugar a las agallas o nódulos (Figura 8.44) –característicos de la presencia de estos parásitos en la raíz– y a la disminución en el transporte de agua y nutrientes hacia la parte aérea de la planta. Cada nódulo puede contener entre 10 y 12 hembras, las cuales depositan entre 250 y 500 huevos en una masa gelatinosa externa a su cuerpo (Cano *et al.*, 1980).





**Figura 8.44. Raíz atacada por nematodos**

Además del daño directo a la planta ocasionado por las alteraciones en el transporte de agua y nutrientes, *Meloidogyne* al penetrar en la raíz produce heridas que favorecen el ingreso de otros organismos patógenos, como bacterias y hongos que ocasionan pudrición de las raíces y debilitamiento de la planta.

### **Síntomas**

Los daños más severos pueden ocurrir durante la etapa de semillero o en plantas en sus primeras etapas de desarrollo. Las plántulas de tomate afectadas por nematodos sufren retraso en su desarrollo, y los daños solo se detectan al momento del trasplante al sitio definitivo. Debido al daño en la raíz, las plantas afectadas por nematodos presentan menor tamaño, clorosis, amarillamientos, deficiencias de elementos menores, escasa respuesta a la fertilización, mayor daño por efecto de sequías prolongadas y reducción considerable en su producción. Ocasionalmente las plantas afectadas por el nematodo pueden expresar marchitamiento foliar temporal en días calurosos o temporadas secas (Figura 8.45).



**Figura 8.45. Síntoma de planta atacada por nematodos**

### **Manejo**

Dado que los nematodos del género *Meloidogyne* son frecuentes en la mayo-



ría de los campos y que las plantas de tomate son altamente susceptibles desde sus primeros estados de desarrollo, el manejo de estos organismos debe ser preventivo y realizarse desde semillero.

### **Manejo biológico**

Algunos microorganismos como hongos, bacterias y micorrizas arbusculares presentan efecto antagónico contra nematodos del género *Meloidogyne*.

Hongos como *Verticillium chlamydosporium* y *Paecilomyces lilacinus* son reportados parasitando huevos y estados juveniles; igualmente, *P. lilacinus* parasitando hembras. *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* ocasionan, mediante acción enzimática, pérdida en la turgencia de huevos y lisis de estadios juveniles (J2). *Arthrobotrys* sp. se ha descrito atrapando y controlando nematodos en campo, pero se desconoce la efectividad de aplicaciones de estos hongos en cultivos comerciales de tomate (Berry *et al.*, 2000; Meyer *et al.*, 2000).

Bacterias como *Burkholderia cepacia* (*Pseudomonas cepacia*) y *Pasteuria penetrans* atacan huevos y estadios juveniles de *Meloidogyne*.

La aplicación al suelo de micorrizas arbusculares ha contribuido a reducir el impacto del ataque de *Meloidogyne* (Rivillas, 2003). El hongo micorrizógeno *Glomus etunicatum*, y algunas cepas de *Trichoderma* en inmersión de raíces de plántulas antes de la siembra, permiten mayor tolerancia del tomate al ataque del nematodo. La inmersión de raíces durante 10 minutos poco antes del trasplante en una solución de hidrolato de rosa amarilla o marigold (*Tagetes patula*) al 10%, reduce la severidad de los daños por nematodos (Tamayo *et al.*, 2006).

### **Manejo cultural**

Al momento de preparar semilleros no se recomienda utilizar suelos procedentes de campos que hayan sufrido ataques por nematodos de este género. Para disminuir las poblaciones del nematodo en el suelo se recomienda solarización húmeda durante 30 a 45 días (Tamayo *et al.*, 2006). Para evitar llevar plántulas afectadas al campo es importante realizar, al momento del trasplante, la inspección o revisión previa de las raíces y eliminación de las plántulas con síntomas de ataque por dicho nematodo.

Se debe efectuar un control frecuente de malezas, ya que muchas de ellas son hospedantes de los nematodos del nudo. Se recomienda fertilizar con abono completo y grandes cantidades de materia orgánica (gallinaza).



La siembra de cultivos trampa –como la rosa amarilla o flor de muerto (*Tagetes* spp.), o crotalaria, cascabellito (*Clotalaria* spp.)– en rotación con tomate o como cobertura son recomendados para reducir sus poblaciones.

**Manejo genético.** Existen algunos híbridos de tomate que han presentado cierto grado de tolerancia a *Meloidogyne* spp. Estos híbridos, que presentan bajo grado de ataque cuando se siembran en suelos infestados por este nematodo, son: Rocío, Astona, Reina, Granitio, Aurora Torrano y Larga vida (Jaramillo *et al.*, 2007).

### Enfermedades no infecciosas

Las plantas crecen adecuadamente dentro de ciertos rangos de los factores que conforman su ambiente, como son: temperatura, humedad, niveles de oxígeno, luz, polución y nutrientes; así como el manejo cultural de la plantación. Cuando estos factores se encuentran en exceso o defecto pueden afectar cualquiera de los estados de desarrollo de la planta y ocasionar pérdidas de importancia económica. Las enfermedades no infecciosas son ocasionadas por factores distintos a organismos vivos, y por tanto, no pueden ser transmitidas de una planta enferma a una planta sana. Sus síntomas varían dependiendo del tipo de factor involucrado y del grado de desviación de su rango normal.

Por su parte, las enfermedades infecciosas presentan síntomas específicos; por ejemplo, escaldado por golpe de sol, marchitamiento por escasa humedad, lesiones en hojas por aplicaciones de herbicidas y deficiencias nutricionales, entre otros. Para un adecuado diagnóstico de este tipo de enfermedades, deben analizarse cuidadosamente los factores del ambiente de la planta y del manejo de la plantación, ya que muchos de sus síntomas son similares a los ocasionados por virus, fitoplasmas y patógenos de la raíz (Agrios, 1997).

El manejo de estas enfermedades no infecciosas debe ser preventivo y tiene como propósito brindar a la planta las mejores condiciones ambientales para su desarrollo, evitando condiciones extremas y complementando con un adecuado manejo agronómico del cultivo.

Se espera que con el calentamiento global se incrementen los problemas abióticos, tanto en tomate como en otros cultivos sembrados a libre exposición y bajo cubierta (Guner *et al.*, 2009).



**Tabla 8.5. Listado de plaguicidas usados para el manejo de enfermedades en tomate**

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	IV	0,2 g/L	Sistémico, preventivo, curativo y erradicante.	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, Cenicilla, moho clorótico y <i>Oidium</i> .	Syngenta
Elosan 720 SC	Azufre	III	1 - 3 cc/L	Protectante	Cenicilla, moho clorótico y <i>Oidium</i>	Bayer
Top-sul SC		III	1 cc/L	Preventivo y curativo	Cenicilla y <i>Oidium</i>	Colinagro
Benomil 50WP	Benomil	III	0,5 - 1,0 g/L	Sistémico	Antracnosis de fruto, <i>Botrytis</i> , Cenicilla, damping-off, <i>Fusarium</i> , moho clorótico, <i>Oidium</i> y esclerotinia.	Coljap
Bezil 50WP		III	0,5 - 1 g/L	Sistémico	Antracnosis de fruto, <i>Botrytis</i> , Cenicilla, damping-off, <i>Fusarium</i> , moho clorótico, <i>Oidium</i> y esclerotinia.	MK
Baycor DC 300	Bitertanol	IV	1,25 cc/L	Sistémico y curativo	Cenicilla y moho clorótico	Bayer
Bavistin 500 SC	Carbendazim	III	0,5 cc/L	Curativo y preventivo	Antracnosis del fruto, <i>Botrytis</i> , damping-off, <i>Fusarium</i> y esclerotinia.	Basf
Derosal 500 SC		III	0,75 - 1,25 cc/L	Protectante	Antracnosis de fruto, <i>Botrytis</i> , damping-off y <i>Fusarium</i> .	Bayer
Equation PRO	Cimoxanil + Famoxadone	III	1 - 2 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Du pont





NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Curathane	Cimoxanil + Mancozeb	III	2,5 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Dow AgroSciences
Curzate M8	Cimoxanil + propineb	III	2,5 - 3 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Du pont
Fitoraz WP 76	Cimoxanil + propineb	III	3 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Bayer
Euparen WP 50	Diflufenid	III	1 g/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , damping-off y esclerotinia	Cropsa
Score 250 EC	Difenoconazol	III	0,75 cc/L	Sistémico	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, Cenicilla, moho clorótico, <i>Oidium</i> y <i>Botrytis</i> .	Syngenta
Forum 500 WP	Dimetamorf	III	0,6 - 0,75 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Basf
Acrobat MZ 69	Dimetamorf + Mancozeb	III	3,75 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Basf
Metalfun 40 EC	Dodermorf acetato	III	1 cc/L	Sistémico y curativo	Cenicilla, moho clorótico y <i>Oidium</i>	Basf
Teldor combi SC 416.7	Fenhexamid + Tebuconazole	III	0,5 cc/L	Preventivo y curativo	<i>Botrytis</i> y esclerotinia	Bayer
Brestanid 500SC	Fentin hidróxido de estaño	III	0,5 cc/L	Protectante	<i>Alternaria</i> y gota	Bayer
Switch 62.5 WG	Fluodioxonil + Ciproimidil	III	0,5 g/L	De contacto y sistémico, preventivo y curativo	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> y esclerotinia	Syngenta

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Aliette 80 WP	Fosetil aluminio	IV	2,5 - 3 g/L	Sistémico	Marchitez por <i>Verticillium</i> y gota	Bayer
Rodhax 70 WP	Fosetil aluminio + Mancozeb	III	2,5 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por <i>Verticillium</i>	Bayer
Kocide 2000	Hidróxido de cobre	III	2,5 - 5 g/L	Protectante	Gota y <i>Alternaria</i>	Proficol
Kocide 101	Hidróxido cúprico	III	2,5 - 5 g/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, <i>Erwinia</i> , fumagina, gota, marchitez por <i>Verticillium</i> , pseudomonas y <i>Xanthomonas</i> .	Proficol
Rovral FLO	Iprodione	III	1 cc/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , damping-off y esclerotinia	Bayer
Kasumin 2% (drenchs, follaje)	Kasugamicina	III	1,5 cc/L	Preventivo y curativo	<i>Erwinia</i> , pseudomonas y <i>Xanthomonas</i>	Fedearroz
Stroby SC	Kresoxim metil	III	0,25 cc/L	Preventivo	<i>Botrytis</i> y esclerotinia	Basf
Dithane M-45	Mancozeb	III	3 g/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, damping-off, <i>Erwinia</i> , gota y <i>Xanthomonas</i> .	Dow AgroSciences
Manzate 200WP	Mancozeb	III	3 g/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, damping-off, <i>Erwinia</i> , gota y <i>Xanthomonas</i> .	Du pont
Rally 40 WP	Myclobutanil	III	0,2 g/L	Sistémico	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , damping-off y esclerotinia	Dow AgroSciences
Sandofan M	Oxadixil + Mancozeb	III	2 g/L	Sistémico	Damping-off y gota	Proficol





NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Oxidol 35 WP	Oxidloruro de cobre	III	2 g/L	Protectante	<i>Alternaria</i> , antracnosis de fruto, <i>Erwinia</i> , fumagina, marchitez por <i>Verticillium</i> , <i>pseudomonas</i> y <i>Xanthomonas</i> .	Superabono
Cobrethane	Oxícloruro de cobre + Mancozeb	III	5 g/L	Protectante	Damping-off, <i>Erwinia</i> , gota, <i>pseudomas</i> , <i>Xanthomonas</i> y <i>Alternaria</i> .	Dow AgroSciences
Previcur N SL	Propamocarb	IV	1,5 cc/L	Sistémico	Damping-off y gota	Bayer
Sumilex 50 WP	Proximidona	III	1 g/L	Preventivo	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , damping-off y esclerotinia	Fumitoro
Folicur EW 250	Tebuconazole	III	0,5 cc/L	Preventivo y curativo	<i>Alternaria</i>	Bayer
Mertect 500SC	Tiabendazol	IV	1 cc/L	Preventivo	Antracnosis del fruto, <i>Botrytis</i> , damping-off, <i>Fusarium</i> y esclerotinia	Syngenta
Equation Pro	Famoxadone	III	1 - 2 g/L	Protectante	Gota y <i>Alternaria</i>	
Agrodyne (Drenches o follaje)	Ácido yodhídrico y polietoxi etanol	III	2 - 3 cc/L	Preventivo y curativo	<i>Erwinia</i> , <i>pseudomonas</i> y <i>Xanthomonas</i>	Electrowest
Saprol	Triforina	III	1,25 cc/L	Preventivo y curativo	<i>Oidium</i> , <i>Cenicilla</i>	Basf
Sincosin	Extractos de plantas, citoquinas, triacetonol, adenosin, ácidos grasos y ácido salicílico.	IV	3 cc/L	Sistémico	Nematodos	Magro S.A

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Agrodyne	Ácido yodhídrico y polietoxi etanol	III	2,5 cc/L	Desinfectante	Desinfectante para utensilios y herramientas	Electrowest
Hipoclorito de sodio al 1% o 2% (Clorox)	Hipoclorito de sodio	IV	1,5 - 2 cc/L	Desinfectante	Desinfectante para utensilios y herramientas	
Duter 20%	Fentin hifróxido	III	1 - 1,5 g/L	Protectante y erradicante	Gota y <i>Alternaria</i>	Proficol
Profizeb 80%	Mancozeb	III	5 g/L	Protectante	Gota, <i>Alternaria</i> y <i>Botrytis</i>	Proficol
Pronto	Folpet + Cymoxamil	III	2,5 - 5 g/L	Preventivo y curativo	Gota	Proficol
Sangotan	Oxadixil y mancozeb	III	2,5 - 3 g/L	Preventivo y curativo	Gota	Proficol
Revus	Mandipropamida	III	0,7 cc/L	Curativo	Tizón tardío o gota	Syngenta
Validacin	Validamicina	IV	1 cc/L	Preventivo y curativo	Bacteriosis por pseudomonas y <i>Xanthomonas</i>	Fedearroz
Helmistin	Carbendazim	III	30 - 60 cc/20L	Sistémico, preventivo y curativo	Moho gris y antracnosis	Heliti
Helcozeb	Mancozeb	III	2,25 - 3 g/L	Por contacto, preventivo y multisitio	Gota o tizón tardío	Heliti
Impetu	Dimethomorph	III	2 g/L	Curativo	Gota o tizón tardío	Rotam Agrohemical Colombia



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. V Ed. Academic Press, San Diego. 952 p.
- American Phytopathological Society – APS. (2009). *Education Center*. Disponible en: <http://www.Aps.net.org/education/top.html>. Fecha de consulta: octubre de 2009.
- Averre, Ch. W. & Gooding, G. V. (2000). *Virus Diseases of Greenhouse Tomato and Their Management*. North Carolina State University. College of Agriculture and Life Sciences. Plant Pathology Extension. Vegetable Disease Information Note 15 (VDIN-0015). Disponible en : <http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/notes/oldnotes/vg15.htm>. Fecha de consulta: septiembre de 2009.
- Ávila C.; Velandia, J. y López A. (1999). *Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo*. Instituto Colombiano Agropecuario –ICA–, División de Sanidad Vegetal. Unidad de Proyectos de Prevención. Boletín N° 16. Bogotá. 68 p.
- Berry, R. E. & Coop, L. B. (2000). *Nematode management*. Oregon State University. Disponible en: <http://mint.ippc.orst.edu/nematodeid.htm>. Fecha de consulta: octubre de 2009.
- Blancard, D. (1988). *Enfermedades del Tomate: Observar, Identificar, Luchar*. INRA. Edición española: Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 217 p.
- Cano J., A. y Gil V., L. F. (1980). *Dinámica de la población de Meloidogyne incognita raza 5 a diferentes densidades en Coffea arabica variedad Caturra en condiciones de vivero*. Tesis Ing. Agr. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 111 p.
- Cerkauskas, R. (2004). *Tomato diseases: Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)*. The World Vegetable Center – AVRDC. Hojas de datos. En: <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/TYLCV.pdf>. Fecha de consulta: diciembre de 2009. 2 p.
- Corpeño, B. (2004). *Manual del cultivo del tomate*. Fintrac – Centro de inversión, desarrollo y exportación de agronegocios. El Salvador. En: [http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual\\_del\\_Cutivo\\_de\\_Tomate\\_WEB.pdf](http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf). Fecha de consulta: noviembre de 2009. 38 p.
- Cristancho A., M. A. (2003). *Control biológico de enfermedades*. En: Gil V., L. F.; Castro C., B. L. y Cadena G., G. Eds. *Las enfermedades del café en Colombia*. Chinchiná (Colombia). Cenicafé-Colciencias. 2003. 224 p.
- Eppo. (2009). *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*. *Data sheets on quarantine pests*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. En: [http://www.eppo.org/QUARANTINE/bacteria/Clavibacter\\_m\\_michiganensis/CORBMI\\_ds.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/bacteria/Clavibacter_m_michiganensis/CORBMI_ds.pdf)
- Ferreira, S. A. y Boley, R. A. (1992). *Sclerotium rolfsii*. University of Hawaii at manoa. En: [http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/s\\_rolfs.htm](http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/s_rolfs.htm). Fecha de consulta: diciembre de 2009.
- Giran, Y. (2009). *Tips for growing tomatoes under high TYLCV pressure*. Hazera Genetics. En: <http://www.hazera.com/sa/tylcv.asp>. Fecha de consulta: diciembre de 2009.



- Goldberg, N. (2000). *Tomato Spotted Wilt Virus*. Cooperative Extension Service – College of Agriculture and Economics – New Mexico State University. Guide H-242. En: [http://aces.nmsu.edu/pubs/\\_h/h-242.pdf](http://aces.nmsu.edu/pubs/_h/h-242.pdf). Fecha de consulta: diciembre de 2009. 2 p.
- Goto, M. (1992). *Fundamentals of bacterial plant pathology*. Academia Press. Sydney. P. 307-308.
- Guner, U.; Akbas, B.; Oksal, D. y Degirmenci, K. (2009). *Abiotic Diseases of tomato plants (Lycopersicon esculentum L.) in Ankhara and Eskisehir provinces*. Acta Hort. (ISHS) 808:423-430. En: [www.actahort.org/books/808/808\\_72.htm](http://www.actahort.org/books/808/808_72.htm). Fecha de consulta: diciembre de 2009.
- Howar, R. (2005). *Management of mayor greenhouse vegetable diseases*. Canadian Greenhouse Conference. Miércoles, octubre 5 de 2005. En: <http://www.Canadiangreenhouseconference.com/talks/2005/2005-Tk-Howard.pdf>. Fecha de consulta: septiembre de 2009.
- Jaramillo N., J. E. (2001). *El manejo agronómico de cultivos como herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza*. En: Hortalizas: Plagas y enfermedades. Compendio de eventos 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Sociedad Colombiana Entomológica –Socolen–. P. 5-21.
- Jaramillo N., J. E.; Díaz D., C. A.; Sánchez L., G. D. y Tamayo M., P. J. (2006). *Manejo de semilleros de hortalizas*. Manual Técnico No. 8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 52 p.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas*. FAO, Gobernación de Antioquia, Mana, Corpoica, Centro de Investigación La Selva. © FAO. 314 p.
- Jones, H.; Whipps, J. M. y Gurr, S. J. (2001). *Pathogen profile: The tomato powdery mildew fungus, Oidium neolyopersici*. Molecula Plant Pathology 2001.2 (6): 303-309.
- Laemmlen, F. *Sclerotinia Diseases -- Symptoms, Signs and Management*. En: <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2028/23062.pdf>. Fecha de consulta: octubre de 2009.
- Latif, N., M. A. (2009). *Integrated Foliar Disease Management for greenhouses in Arid, Hot Climates*. En: Producción integrada bajo invernadero. En: <http://www.icarda.org/APRP/PDF/PAinAPippp.pdf>. Fecha de consulta: octubre de 2009. 74 p.
- La Torre, B.; Apablaza, J. U.; Vaughan, M. A.; Kogan, M.; Helfgott, S. y Lorca, G. (1990). *Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado*. Oficina regional FAO. Santiago de Chile.
- Martínez, B.; Reyes, Y.; Infante, D.; González, E.; Baños, H. y Cruz, A. (2008). *Selección de aislamientos de Trichoderma spp. Candidatos a biofungicidas para el control de Rhizoctonia sp. en arroz*. Rev. Protección Veg. Vol. 23 No. 2. En: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v23n2/rpv09208.pdf>. Fecha de consulta: noviembre de 2009. P. 118-125.



- Melgarejo, P.; Raposo, R.; Moyano, C. y Gómez, V. (2002). *Control integrado de Botrytis cinerea en cultivos hortícolas de invernadero*. Phytoma (España) 135: 125-127.
- Meyer, S. L.; Massoud, S. I.; Chitwood, D. J. y Daniel P. Roberts, D. J. (2000). *Evaluation of Trichoderma virens and Burkholderia cepacia for antagonistic activity against root-knot nematode, Meloidogyne incognita*. Nematology, Vol. 2(8): 871-879.
- Momol, T. y Pernezny K. (2006). *Florida Plant Disease Management Guide: Tomato*. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. PDMG-V3-53. En: <http://edis.ifas.ufl.edu/PG059>. Fecha de consulta: septiembre de 2009.
- Navarro, A. R. y Lobo, A. M. (1989). *Some studies on Phoma andina var. crystalliniformis on the tomato Lycopersicon esculentum Mill*. Fitopatología Colombiana 13(2): 47-55.
- Parrado, C. A. y Ubaque, H. (2004). *Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Pronatta, CIAA. Bogotá. 34 p.
- Pedraza, R., J. M. (2006). *Línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y Pecuarias para la cadena agroindustrial. Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas*. Servicio Nacional de Aprendizaje – Sena –. Dirección de Formación Profesional. Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Regional Quindío. 19 p.
- Rivillas O., C. A. (2003). *Las micorrizas arbusculares en el cultivo del café*. En: Gil V., L. F.; Castro C., B. L. y Cadena G., G. Eds. *Las enfermedades del café en Colombia*. Chinchiná (Colombia). Cenicafé-Colciencias. 224 p.
- Rodríguez, R., M. D. (1994). *IPM Tomate. Programa de Manejo Integrado en el cultivo de tomate bajo plástico en Almería*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. España. 78 p.
- Sánchez, A. V.; Bustamante E. y Shattock R. (1998). *Selección de antagonistas para el control biológico de Phytophthora infestans en Tomate*. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) No. 48: 25-34.
- Sandoval, B. C. (2004). *Manual Técnico: Manejo integrado de Enfermedades en Cultivos Hidropónicos*. Universidad de Talca (Chile), FAO. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/integra1.pdf>. 53 p.
- Schwartz, H. F. y Gent, D. H. (2007). *Eggplant, Pepper, and Tomato Fruit Rots*. En: <http://scarab.msu.montana.edu/HPIPMSearch/docs/fruitrots-eggplantpeppertomato.htm>. Fecha de consulta: noviembre de 2009.
- Semillas Arroyave. (2010). *Hortalizas – Frutos – Tomate*. Disponible en: <http://www.semillasarroyave.com/products.asp?step=2&id=47&pstring=4,9,47>. Fecha de consulta: marzo 1 de 2010.
- Tamayo M., P. J. (1997). *Integración de métodos de control de las enfermedades de las plantas*. Guía ilustrada. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Boletín de divulgación. Regional No. 4. C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 38 p.
- Tamayo M. P. J. y Jaramillo N. J. E. (2006). *Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo*. Ministerio de



- Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 100 p.
- Zeidan, O. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Mashav, Cincadco, Ministry of Agriculture and Rural Development, Extension Service. Israel. 99 p.
- Zitter, T. A. y Daughtrey, M. L. (1989). *Vegetable Crops: Tomato Spotted Wilt Virus*. Cornell University Vegetable MD Online. Fact Sheet page: 735.90. Cooperative Extension, New York State, Cornell University. En: [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Virus\\_SpottedWilt.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Virus_SpottedWilt.htm). Fecha de consulta: diciembre de 2009.





# CAPÍTULO 9 III

## POSCOSECHA DE TOMATE

María Cristina García Muñoz<sup>1</sup>  
Jorge Eliecer Jaramillo Noreña<sup>2</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>3</sup>

Según la FAO, la producción mundial de hortalizas supera los 750 millones de toneladas, cifra que ha venido creciendo en los últimos años dado el mayor interés de la población por temas de salud y bienestar. Entre la gran cantidad de hortalizas existentes, el tomate está en un lugar privilegiado, al ser el número uno en cuanto a producción (más de 120 millones de toneladas), área sembrada (alrededor de 4 millones de hectáreas) y volumen de exportaciones (más de 30 millones de toneladas); lo que marca una diferencia importante frente a las demás hortalizas y permite vislumbrar la importancia del tomate en la dieta de la población mundial. Por ende, se trata de un mercado altamente competido, el cual exige una oferta constante y un producto con calidad que cubra las expectativas de los consumidores en cuanto a inocuidad, sanidad, características organolépticas, nutricionales y ahora también funcionales, pues el tomate se considera una importante fuente de carotenoides (como el licopeno, principalmente), compuestos fenólicos y flavonoides a los que se les atribuye efectos contra el cáncer –especialmente de próstata– y contra enfermedades cardiovasculares (Arab, Steck y Harper, 2000; Barber y Barber, 2002; Giovannucci, 2005; Kun *et al*, 2006).

1. Ingeniera Química. MSc Food Technology. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. mcgarcia@corpoica.org.co

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

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



En cumplimiento de estas expectativas, el manejo poscosecha juega un papel primordial, pues debe asegurar que el producto que llega al consumidor satisfaga sus estándares de calidad conservando las propiedades funcionales que se le atribuyen. Para esto existen unos índices de calidad que se toman como referencia y que determinan la aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor. La poscosecha o posrecolección es el periodo transcurrido desde el momento en que los productos son recolectados hasta que son consumidos en estado fresco, preparados o transformados industrialmente. El manejo poscosecha incluye todas las operaciones y procedimientos tendientes no solamente a movilizar el producto del productor al consumidor sino también a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo con su propio comportamiento y características físicas, químicas y biológicas (Zárate, 1991).

## ▶ **ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Entre los factores que influyen en la discusión de compra de tomate –escogidos por cerca del 95% de los consumidores– está la apariencia, la frescura, la madurez, el sabor y el aroma, seguidos por el valor nutricional, precio y vida útil, con cerca del 60% (Cook, 2006; Schouten, *et al.*, 2007; García, 2001).

Entre los atributos de calidad del tomate cabe mencionar la forma, la cual debe ser redonda, globosa, aplanada u ovalada dependiendo de la variedad; y el tamaño, que no es un factor que defina el grado de calidad pero que puede ser utilizado como elemento de clasificación y de precio. El tomate debe ser sano e inocuo, con textura que se refleje en la integridad de las rodajas, la firmeza y jugosidad del tomate; estar entero y sin daños; y a su vez con una apariencia lisa, sin grietas o quemaduras por el sol; y sin daños por insectos o cualquier tipo de daño mecánico.

El color es muy importante, no solamente porque es uno de los parámetros tenidos en cuenta por el consumidor al momento de la compra, sino porque está muy relacionado con el contenido de licopeno, un compuesto de valor funcional. El sabor y su composición interna en términos de azúcares, ácidos, aromas volátiles y vitaminas, son otras de las características a tener en cuenta al calificar la calidad de un tomate (Figura 9.1) (Suslow y Cantwell, 1998).

La firmeza y el color son los criterios de mayor peso al momento de compra de tomate por parte del consumidor. En algunos estudios (Lesage y Destain,



1995; Van Dijk *et al.*, 2006; Batu, 2004) se ha encontrado que para que el tomate sea aceptado la firmeza debe estar entre 1,28 y 1,45 Newtons/mm; siendo los primeros muy adecuados para ensaladas, mientras que los segundos (los tomates más firmes) pueden estar inclusive en los supermercados en exhibición. En cuanto al color, se encontró que la relación a/b de los parámetros establecidos para su medición, según el medidor de color Minolta, está entre 0,6 y 0,95 del tomate que puede ser fácilmente comercializado. El parámetro 'a' determina las tonalidades rojas; mientras el 'b', las amarillas (Lesage y Destain, 1996; Batu, 2004; Van Dijk *et al.*, 2006).



**Figura 9.1. Atributos de calidad buscados por el consumidor**

### **Factores que determinan la calidad del producto**

Entre los factores para asegurar el cumplimiento de estos atributos de calidad está el manejo cuidadoso que se haga del producto, los factores intrínsecos (como el grado de madurez al momento de corte) y factores extrínsecos, que determinan en gran medida el comportamiento y vida útil del tomate durante la poscosecha y comercialización (la temperatura, la humedad relativa y la composición de los gases, entre los más importantes).

### **Manejo**

El aseguramiento de la calidad del producto está en el manejo cuidadoso que se haga del mismo (Figura 9.2). Los síntomas de daño de un producto hortifrutícola no se reflejan inmediatamente sino en etapas posteriores; por esto es muy importante capacitar al personal dedicado al manejo de este tipo de productos, ya que si se causa algún daño durante su recolección o en las etapas de acondicionamiento el deterioro se hará evidente cuando esté en exhibición. Los daños de tipo mecánico como magulladuras, fricción y cortaduras, además de deteriorar la presentación del producto, incrementan el daño por agentes biológicos. Se ha comprobado que productos con daño de tipo mecánico pueden presentar



hasta un 25% más de posibilidad de ataque por patógenos. De igual forma, la pérdida de agua también puede verse incrementada drásticamente por este tipo de heridas.



**Figura 9.2. Selección y clasificación manual de tomate**

## **Temperatura**

Es el factor que mayor influencia tiene sobre la vida útil de un producto. Los productos frescos expuestos a condiciones extremas de calor o frío pueden sufrir daños fisiológicos, que conducen a un rápido deterioro. Así mismo, la exposición a cambios de temperatura oscilatorios ocasiona la acumulación de agua sobre la superficie del producto, lo cual favorece el desarrollo de patógenos.

A su vez, las altas temperaturas y la exposición a rayos solares causan quemaduras de la superficie, ablandamiento o desecación del producto; en cambio, temperaturas por debajo de los 10 °C pueden ocasionar daños por frío como reducción del aroma, dificultad para madurar e incremento de daño. Entre los síntomas más conocidos de daños por frío en tomate verde se encuentran el ablandamiento, la infiltración acuosa y la desecación interna; mientras que en el tomate maduro se presenta ablandamiento, maduración incompleta, podredumbre y color anómalo (Artés, 1999).

La temperatura generalmente aceptada para el almacenamiento convencional de tomate es de 12 °C, lo que le permite al producto mantener buen color, presentar un buen perfil de aroma y sabor, y evitar excesivas pérdidas de cantidad y calidad (Van Dijk *et al.*, 2006; Artés *et al.*, 1997; Polderdijk *et al.*, 1993).



## Humedad

Así como el tomate, todos los productos frescos hortifrutícolas presentan un alto contenido de agua; por ello, una de las principales causas de deterioro está dada por la pérdida de esta, la cual se ve reflejada principalmente en el detrimento de su frescura y textura. Entre los factores que afectan la pérdida de agua están la humedad relativa, la temperatura del ambiente y la velocidad del aire. Entre mayor sea la temperatura del producto y la del ambiente que lo rodea la pérdida de agua será mayor, por lo que la humedad relativa debe ser alta (>85%) para evitar la deshidratación de los productos, pero no tan alta (>95%), pues puede favorecer el desarrollo de hongos y pudriciones tanto en la cicatriz del pedúnculo como en la superficie del fruto. La velocidad del aire debe propender por la homogeneidad del aire en la cámara, evitando acumulaciones de CO<sub>2</sub>, etileno o focos de alta temperatura en almacenamiento; pero no deben ser tampoco tan altas como para que favorezca la deshidratación del producto (Wilson *et al.*, 1995).

## Respiración

La respiración es la conversión de materiales orgánicos complejos como carbohidratos, proteínas y grasas en moléculas simples de fácil absorción. En esta reacción se utiliza oxígeno y se libera CO<sub>2</sub>, vapor de agua y energía, en forma de calor principalmente. La velocidad de respiración determina en gran medida el tiempo de vida útil del producto y está directamente relacionada con la temperatura, de manera que a mayor temperatura, mayor es la velocidad de respiración. El tomate está clasificado como una hortaliza con una tasa de respiración moderada, por lo que la temperatura vuelve a ser un factor importante a controlar; por cada 10 °C que la temperatura se incrementa por encima de la óptima de manejo para un producto, su velocidad de deterioro se duplica o triplica (Boyette *et al.*, 1995).

## Composición de los gases

Este es otro factor fundamental en la conservación de frutas y hortalizas, más aun en el caso del tomate, el cual es un producto climatérico productor y sensible al etileno. Además del etileno, la concentración de CO<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub> también juega un papel importante en el control de la tasa de respiración del tomate, y con ello, en el tiempo de vida útil del mismo. Las tasas de producción de etileno por parte del tomate pueden considerarse moderadas; sin embargo, se tornan importantes en el almacenamiento por periodos prolongados de tiempo, pues el



etileno acelera los procesos de maduración llevándolos a alcanzar la senescencia en tiempos más cortos. Por esta razón se debe evitar la mezcla de productos con sensibilidad al etileno con productores de este último; de hecho, el tomate verde maduro no debe almacenarse con tomates maduros (Kader, 1992; Suslow y Cantwell 1998).

En resumen, puede decirse que la temperatura recomendada para el almacenamiento del tomate es de 12 °C, con la que se espera alcanzar tiempos de vida útil entre 2 y 3 semanas. En cuanto al uso de atmósferas controladas, se recomienda que sean de 3% en oxígeno y de menos de 3% en dióxido de carbono, así como la humedad relativa debe estar entre el 85% y 95%.

## ▶ OPERACIONES COSECHA Y POSCOSECHA DE TOMATE

Las operaciones básicas de manejo poscosecha de tomate comienzan en el mismo momento de la cosecha, puesto que en esta operación se hace una selección inmediata del producto que por una u otra razón ya no es susceptible de consumo y por ende debe ser descartado. En la Figura 9.3 se presentan las operaciones comúnmente realizadas al tomate para su posterior comercialización. El encerado no es considerado, ya que no es una actividad común en el manejo del tomate. El diagrama muestra una guía de lo que pueden ser las operaciones de cosecha y acondicionamiento del tomate para su comercialización; no obstante, debe ser algo flexible, pues en algunos casos se realiza primero la maduración y luego el almacenamiento, y en otros se almacena, madura y almacena nuevamente.

### Cosecha

La cosecha del tomate es una actividad que influye directamente en la calidad final del fruto. Aunque existen múltiples factores precosecha que afectan la calidad y vida poscosecha, este capítulo solo tendrá en cuenta el manejo del tomate desde la cosecha, punto de partida o de inicio de la poscosecha, ya que esta operación tiene una gran influencia sobre el comportamiento después de la cosecha de cualquier producto. Cualquier manejo inadecuado del producto en esta etapa no podrá ser remediado y, por el contrario, será magnificado en las etapas posteriores. La gran mayoría de las pérdidas poscosecha son debidas a la manipulación no apropiada en cosecha, acondicionamiento, transporte y





**Figura 9.3. Operaciones de cosecha y poscosecha de tomate**

mercadeo. Una vez que el producto se ha deteriorado, no hay nada que hacer para recuperar su calidad. Por esto no se debe escatimar en cuidados para evitar que el producto sufra algún tipo de daño (Wilson *et al.*, 1995). En la Figura 9.4 se muestra la forma en que el trabajador se agacha, buscando reducir el impacto que sufre el tomate al ser depositado en el balde.

La cosecha debe realizarse cuando la temperatura es más baja, la humedad relativa es alta y hay un nivel de iluminación adecuado. La baja temperatura permite tasas de respiración más bajas, lo cual (sumado a humedades relativas altas) favorece la conservación del producto y reduce la tasa de deterioro. Un buen grado de iluminación permite a los recolectores inspeccionar el producto para asegurarse de cumplir con los requisitos establecidos para su recolección, tanto por el grado de madurez que presente como por su estado sanitario y mecánico (Wilson *et al.*, 1995). Es preciso que los tomates que no presenten estos requisitos mínimos de calidad sean descartados, lo que quiere decir que la selección debe hacerse desde el mismo momento de la cosecha.





**Figura 9.4. Recolección de tomate bajo invernadero**

### **Momento óptimo de cosecha**

El momento más adecuado de cosecha depende de diversos factores, entre ellos el grado de madurez, el comportamiento de la oferta y la demanda, el tipo de mercado (si es para mercado en fresco o para agroindustria), y la distancia y preferencias del mercado (si es para exportación o para consumo local o nacional). El tomate puede ser cosechado en diferentes estados de madurez, gracias a su carácter climatérico. No obstante, es recomendable que todo el tomate sea recolectado en un mismo estado de madurez para facilitar su manejo a lo largo del eslabón de la poscosecha (Hertog *et al.*, 2004; Tijsskens *et al.*, 2005). El índice de madurez más utilizado en el caso del tomate, es el color de la piel (Tijsskens y Evelo, 1994).

Los tomates destinados al mercado en fresco son cosechados en un estado de madurez acorde con el tiempo entre cosecha y consumo. Cuanto más largo es este periodo (que incluye el transporte, almacenaje y comercialización) más inmaduros deben ser cosechados los frutos. En general, para mercados distantes los frutos son cosechados en estado verde maduro.

Antes de entrar a definir los diferentes estados de madurez, es importante precisar qué se entiende por madurez.

### **Maduración**

Es el proceso fisiológico que ocurre en un periodo de tiempo como parte del crecimiento y desarrollo de una fruta. En muchos casos no hay crecimiento, sino



una transformación interna de la fruta que finaliza en un producto con sabor, aroma y color característicos que lo hacen atractivo para su consumo (García C. y García H., 2001; Central Mayorista de Antioquia, 2005).

Generalmente se manejan tres tipos de madurez: la comercial, la de consumo y la fisiológica; cada una de las cuales se define como:

o Madurez de consumo: momento en el desarrollo fisiológico en que el fruto alcanza las mejores características sensoriales de sabor, color, aroma, textura, consistencia, etc.

o Madurez de cosecha o comercial: etapa fisiológica en el desarrollo del fruto en la que al ser desprendido del árbol puede por sí solo continuar su desarrollo hasta alcanzar la madurez de consumo.

o Madurez fisiológica: se presenta cuando las semillas completan su desarrollo fisiológico y se encuentran aptas para su reproducción. En ocasiones la madurez de consumo se logra antes que la fisiológica, como en el caso de algunos duraznos, mangos o habichuelas, entre otros.

En el tomate esta madurez se reconoce en la parte inferior del fruto, que comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras que el resto de él permanece verde (Figura 9.5). El signo más visible de la maduración organoléptica en tomate es el cambio de verde a rojo, que se debe a la descomposición de la clorofila y a la síntesis de carotenoides; el segundo signo característico de esta maduración es el ablandamiento. Este cambio ocurre por la síntesis de la enzima poligalacturonasa, la cual es activa en la degradación de la pared celular y en el ablandamiento. La producción de esta enzima es iniciada por el etileno, lo que



**Figura 9.5. Estado de madurez en tomate para cosecha**



ayuda a explicar la importancia de esta hormona en la maduración natural y artificial de tomates (Jaramillo *et al.*, 2007).

De acuerdo con este índice, el tomate ha sido clasificado en seis estados de madurez (como se puede observar en la Figura 9.6) según la carta de color desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Usda.

**Estado 1 - verde maduro:** la superficie total del fruto es verde, variando el tono de verde según el cultivar.

**Estado 2 - rompiendo:** se da el inicio de cambio de color verde a amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la superficie del fruto.

**Estado 3 - pintón:** entre un 10% a un 30% de la superficie del fruto presenta color amarillo pálido, rosado-rojo, o una combinación de ambos.

**Estado 4 - rosado:** entre un 30% a un 60% de la superficie muestra color rosado o rojo.

**Estado 5 - rojo claro:** entre un 60% hasta un 90% de la superficie es de color rojo.

**Estado 6 - rojo:** más del 90% de la superficie es de color rojo.

Fuente: Standards for Grade of Fresh Tomatoes (7 CFR 51). U.S. Department of Agriculture. Tomato.org. En: <http://www.floridatomatoes.org>

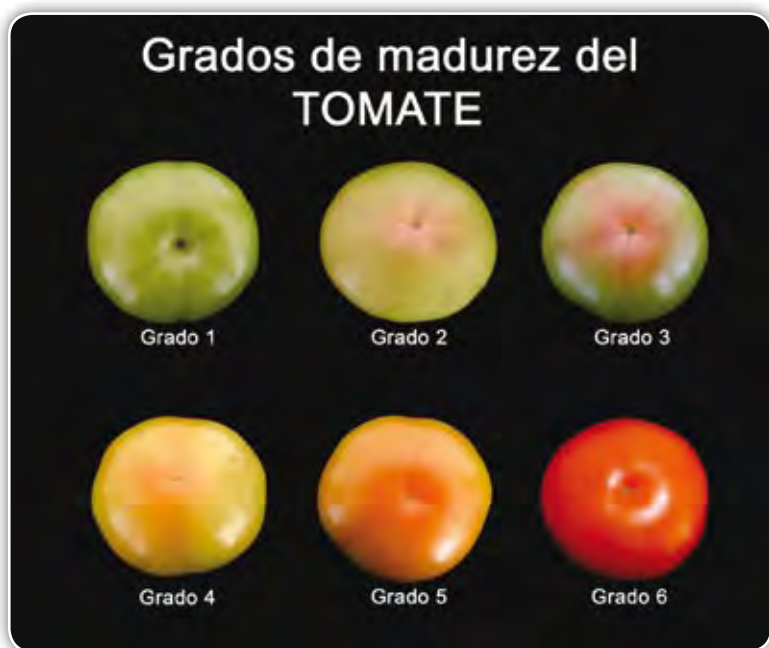
La mínima madurez para cosecha debe ser el Estado 2, en el cual las semillas se encuentran completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto, hay material gelatinoso en al menos un lóculo y se está formando en otros. Si se cosechan verdes, no pueden madurar bien y presentan una serie de características indeseables, mientras que los cosechados en estado verde-maduro maduran muy bien, sin presentar diferencias con los que maduran en planta.

El tomate tipo larga vida debe ser cosechado en un nivel más avanzado de madurez. Para este tomate se recomienda el nivel 4 o rosado, donde entre el 30% y 60% de la superficie del fruto presenta un color rosa-rojo (Suslow y Cantwell, 1998).

### Organización de la cosecha

La planeación y supervisión durante la cosecha es muy importante para llevar a cabo esta tarea en el menor tiempo posible, exponiendo el producto al menor número de riesgos. Se debe informar al grupo que se encargará de la reco-





**Figura 9.6. Carta de color de tomate**

lección sobre las características que el tomate debe cumplir para su recolección, así como controlar los hábitos de limpieza y sanidad del personal que recolecta, contar con las instalaciones adecuadas para el aseo de las personas que tienen contacto con el producto e inspeccionar el producto cosechado para retirar aquel que no presente las características mínimas requeridas (Wilson *et al.*, 1995). Igualmente, se debe contar con los recipientes de recolección suficientes para evitar el sobrellenado de los mismos (Figura 9.7), asegurándose de que estén en buen estado y desinfectados.



**Figura 9.7. Canastillas sucias y sobrellenas**



En la cosecha manual es conveniente tener las manos limpias, cosechar solo los tomates que cumplen con las condiciones requeridas, hacer la recolección de manera ordenada (planta por planta), tomar el tomate con suavidad para evitar presionarlo y causar daños por compresión o rompimiento de la piel, y no tomar más tomates de los que se pueden transportar en la mano cómodamente, ya que esto incrementa el riesgo de caída o compresión de la fruta y reduce la eficiencia en la recolección. Por su parte, los recipientes de recolección deben ser amplios, poco profundos y apilables.

El tomate verde maduro presenta mayor resistencia mecánica, lo que significa que puede ser recolectado y transportado en recipientes más profundos que el tomate maduro. En la Figura 9.8 se aprecia la canastilla comúnmente usada para la recolección del tomate. En el momento de la recolección o durante el transvase a otros recipientes, el tomate debe ser depositado cuidadosamente en el recipiente y no arrojarse dentro de este, lo que evitará daños mecánicos por impacto (Figura 9.9). Los daños de tipo mecánico aceleran los procesos de respiración; los de tipo físico (como la deshidratación) deterioran la calidad del producto; mientras que los biológicos, además de reducir la calidad organoléptica, ponen en riesgo la inocuidad del alimento.



**Figura 9.8. Canastilla utilizada para la recolección y transporte de tomate**

### Poscosecha

Después de cosechado, el producto debe ser manejado bajo técnicas que permitan mantener su calidad hasta la entrega al consumidor final, razón suficiente para evitar cualquier condición que incremente su tasa de respiración, ya que esto deteriora su calidad y disminuye su tiempo de vida útil.



**Figura 9.9. Daño por impacto causado durante el transvase de tomate**

### **Acondicionamiento**

Es el conjunto de labores poscosecha que se realizan al producto con el fin de darle una mejor presentación, respondiendo a los requerimientos del mercado y protegiéndolo de las diferentes fuentes de daño que surgen a lo largo del proceso de distribución y comercialización. Entre las labores de acondicionamiento más comunes están: selección, preenfriamiento, lavado y desinfección, secado, clasificación, empaque y etiquetado. Finalmente vienen las operaciones de almacenamiento y transporte, en las cuales finalizan las labores poscosecha de comercialización de productos en fresco.

### **Selección**

La selección es la operación que tiene como objetivo separar el tomate que no presenta características mínimas para su comercialización o consumo, debido a ataques por patógenos o daños mecánicos como cortes, rajaduras, cicatrices, abrasiones, magulladuras y otros.

Aunque la piel del tomate ofrece una buena protección contra el ataque de diferentes patógenos como *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizopus* y *Geotrichum*, las heridas que presenta la fruta son una puerta para estos microorganismos. Los tomates con este tipo de daños tampoco deben mezclarse con tomates en buen estado, pues esto facilita la dispersión de enfermedades en todo el lote de acondicionamiento.



La selección se lleva a cabo directamente en el lote y en el punto de acondicionamiento, operación que reduce la dispersión de enfermedades hacia los tomates en buen estado y evita posibles pérdidas poscosecha. No obstante, a lo largo del proceso de acondicionamiento es necesario realizar una permanente inspección y control de calidad del tomate, pues en cada una de las operaciones de acondicionamiento existe el riesgo de daño mecánico y de contaminación si no se realiza bajo las condiciones adecuadas.

Como se mencionó previamente, mantener el producto a bajas temperaturas favorece su conservación, es decir que entre más pronto el tomate sea sometido a enfriamiento mayor tiempo de vida útil puede alcanzar; de modo que la primera operación, una vez cosechado el tomate, debe ser el enfriamiento (Wilson *et al.*, 1995).

### **Preenfriamiento**

Consiste en hacer descender lo más rápidamente posible la temperatura que tienen las frutas y hortalizas después de su recolección, hasta una temperatura conveniente que dependerá del tipo y variedad del producto, la duración del almacenamiento, su posterior transporte y el destino final de los productos. La reducción de la temperatura trae muchas ventajas al producto, como la disminución o supresión de la actividad enzimática y de la tasa respiratoria; además, inhibe o reduce el crecimiento microbiológico y aminora tanto la producción de etileno como la pérdida de agua, acciones que contribuyen a aumentar su vida útil.

Entre las diferentes alternativas para el enfriamiento del producto está el aire forzado y el enfriamiento con agua o con hielo (hidroenfriado) (Wilson *et al.*, 1995). Una temperatura de enfriamiento de 10 °C y una humedad relativa entre 90% y 95% permiten realizar almacenamientos hasta por una semana.

### **Aire forzado**

Es una técnica sencilla donde es posible preenfriar tomates verde maduros con una corriente de aire a una temperatura menor a 5 °C sin que sea perjudicial para el producto (si el tiempo de exposición no es mayor a 24 horas).

### **Hidroenfriado**

Este sistema se utiliza para enfriamiento rápido, en el cual se deben agregar 100 ppm de cloro al agua para evitar patógenos. Para enfriar los tomates de 30 °C a 15 °C se necesitan de 13 a 15 minutos y no hay peligro de daño por enfriamiento aunque el agua esté a menos de 5 °C; no deben ser sumergidos en el



agua, porque tienden a absorberla por el pedúnculo, razón por la que conviene hacerlo por aspersión.

### **Limpieza y desinfección**

En esta operación de limpieza es necesario eliminar la suciedad y las materias extrañas de la epidermis de los tomates. Esta impureza tiene orígenes muy diversos: tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas y microorganismos.

#### **Principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate**

- El agua utilizada en diferentes procesos como el riego, el lavado, la limpieza del producto, el lavado de las herramientas y la higiene del personal.
- Los abonos y los desechos orgánicos sin un manejo apropiado.
- La contaminación química por medio de los insumos utilizados en cultivos en localidades vecinas.
- La falta de limpieza e higiene del personal.
- La falta de higiene de las instalaciones de clasificación y empaque del producto.
- La presencia de plagas como roedores y animales silvestres y domésticos en los cultivos e instalaciones de manejo del producto.
- El medio utilizado para el transporte del producto y los diferentes insumos aplicados en el sistema de producción.
- El equipo y los utensilios utilizados para la cosecha cuando no se lavan o desinfectan de manera apropiada.

Dependiendo del tipo de contaminación se puede hacer una limpieza simple, frotando el fruto con un paño húmedo, o una limpieza y desinfección simultánea para reducir la manipulación del tomate (Figura 9.10). Esto se hace mediante el uso de agua clorada, ya sea por aspersión o por inmersión. La desventaja en este caso es que la eficiencia del desinfectante se reduce por la presencia de material extraño, como suciedad y materiales de campo, que absorbe parte del desinfectante.





**Figura 9.10. Limpieza del fruto con un paño húmedo**

La desinfección tiene como objetivo la remoción de los gérmenes, microorganismos y sustancias químicas residuales después de la cosecha. Para hacer una buena desinfección es importante tener en cuenta el desinfectante, la concentración y la forma de aplicación (García y García, 2001). La gran mayoría de patógenos no son observables a simple vista en la fase inicial de desarrollo, por tanto es necesario desinfectar el producto para evitar el posterior desarrollo de estos patógenos y al mismo tiempo reducir el riesgo de infecciones posteriores por el contacto del mismo con elementos contaminados (como mesas o herramientas de corte) o por la manipulación sin el uso de los elementos de protección adecuados (como guantes, tapabocas, cofias, delantales, etc.).

A continuación se presentan unas recomendaciones sobre desinfección, tomadas de ‘Cloración y control de enfermedades en poscosecha’ (Ritchie *et al.*, 1993):

“La desinfección es una de las operaciones de mayor importancia, teniendo en cuenta que cerca del 30% del producto cosechado no llega al consumidor a causa de enfermedades poscosecha. Las enfermedades más comunes en tomate son causadas por *Alternaria alternata*, *Phytophthora* sp., *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*, *Geotrichum candidum* y *Erwinia* spp. La mayoría de las enfermedades fungosas pueden ser causadas por la dispersión de sus esporas, las cuales sobreviven a condiciones extremas de temperatura y baja humedad y pueden ser transportadas por el viento y el agua hasta grandes distancias, desarrollándose al encontrar las condiciones adecuadas. Al estar latentes en cualquier lugar, se deben tomar todas las medidas pertinentes de higiene y sanidad, tanto en el campo de producción como en las instalaciones de la planta de acondicionamiento para evitar el contacto del tomate con estos patógenos.

Dado que el agua utilizada para el transporte del tomate dentro del proceso para su limpieza y enfriamiento no es sometida generalmente a un control de calidad ni tampoco se cambia cada vez que se inicia un nuevo lote o *batch*, esta se convierte en un foco de diseminación de enfermedades y problemas para todo el lote de tomate que se esté acondicionando. Dichos problemas se agudizan cuando no se cuenta con programas de limpieza y desinfección del centro de acondicionamiento después de cada jornada de trabajo. Para reducir este problema, se recomienda la cloración del agua y un manejo adecuado del producto durante dicho acondicionamiento”.

### Cloración del agua

La mejor defensa contra los patógenos es la higiene y sanidad basada en la cloración, el manejo apropiado del producto, la higiene de los trabajadores y de las instalaciones, y un rápido enfriamiento del producto.

Para lograr una mayor eficacia de la cloración, es aconsejable agregar una pequeña cantidad de detergente a la solución clorada, lo que permite al cloro llegar hasta esas pequeñas oberturas donde los patógenos suelen acumularse. Una concentración de 55 a 70 ppm a pH 7,0 es recomendada para el tratamiento de frutas y hortalizas.

Para la desinfección, el cloro puede ser aplicado como gas, hipoclorito de calcio o de sodio. El hipoclorito de calcio es ampliamente usado en tratamientos poscosecha, pero tiene el inconveniente de ser poco soluble en agua fría. Viene en presentación granular o tabletas con 65% de hipoclorito.

El hipoclorito de sodio es también ampliamente utilizado; su presentación comercial más conocida tiene una concentración de 5,25% de hipoclorito, aunque también se pueden encontrar presentaciones de 12,75% y 15% de concentración. Es más costoso que el de calcio pero más soluble.

La efectividad del tratamiento depende de la temperatura del agua, el pH de la solución, la concentración de cloro, la cantidad de materia orgánica contenida en el agua y el estado de desarrollo de los patógenos presentes. De acuerdo con el pH, el hipoclorito puede ser más o menos efectivo, por eso este parámetro debe ser tenido en cuenta y controlado a lo largo de la desinfección. El pH debe estar entre 6,5 y 7,5 para asegurar la máxima eficacia del tratamiento.

La Tabla 9.1 presenta la concentración de cloro mínima requerida para el control de hongos y bacterias.



**Tabla 9.1. Concentración mínima de cloro en ppm requerida para el control de hongos y bacterias en frutas y hortalizas**

Temperatura	25 °C	40 °C
Hongos	30 - 40 ppm	10 ppm
Bacterias	20 ppm	10 ppm

Sin embargo, para lograr una mayor eficacia del tratamiento el agua puede ser clorada a 125 ppm y el pH ajustado alrededor de 7.

En la Tabla 9.2 se presenta la cantidad de solución de hipoclorito de sodio al 5,25% requerida por litro de agua para alcanzar una concentración dada.

**Tabla 9.2. Cantidad de solución de hipoclorito de sodio comercial (5,25%) requerida para obtener diferentes concentraciones en ppm de hipoclorito de sodio en agua de lavado**

MI de solución al 5,25% de hipoclorito de sodio a adicionar por litro de agua	Concentración aproximada en ppm de hipoclorito en el agua de lavado
0,5	25
1	50
1,5	75
2	100
2,5	125
3	150

La temperatura también ejerce influencia sobre la eficacia de la cloración. Así, a altas temperaturas el cloro se puede escapar reduciendo la eficacia del tratamiento, mientras que a bajas temperaturas y alto pH puede presentar disminución de la eficacia. El contenido de materia orgánica afecta así mismo la cloración de manera inversa; es decir, a altos contenidos de materia orgánica menor efectividad del tratamiento. El tiempo de exposición presenta una relación directa con la efectividad de la desinfección, o sea que a mayores tiempos de exposición, mayor eficacia. De todas formas, si se prolonga el tiempo de exposición puede producirse decoloración o blanqueamiento del tomate.

Finalmente, el estado de desarrollo del patógeno es determinante, pues la cloración es efectiva en el control de patógenos en la forma vegetativa mas no en el de esporas, debido a que estas últimas son 10 y hasta 1.000 veces más re-



sistentes para eliminar. El tratamiento no esteriliza la superficie del tomate, y muchas esporas pueden luego permanecer y crecer. La cloración no deja efectos residuales, entonces el producto puede posteriormente contaminarse.

Recomendaciones generales para la cloración del agua:

- Reducir el riesgo de enfermedades en campo.
- Controlar frecuentemente la concentración de cloro y el pH del agua.
- No permitir la sobreexposición del producto al tratamiento más allá de lo requerido.
- Mantener una concentración uniforme en el tanque sin la formación de puntos muertos.
- Cambiar el agua frecuentemente, pues el agua sucia reduce la efectividad del tratamiento.
- Mantener buenas prácticas de higiene, limpieza y desinfección de equipos periódicamente.

### Secado

Esta operación es esencial después de las labores de lavado y desinfección. Como se mencionó anteriormente, la desinfección no esteriliza el producto, razón por la cual las condiciones de manejo posteriores deben ser más exigentes que las etapas previas. Esto implica un control de las condiciones de temperatura y humedad del producto, ya que si el tomate es almacenado o manipulado húmedo y a alta temperatura se favorece el desarrollo de patógenos que pueden dispersarse hacia los otros tomates, incrementando sensiblemente las pérdidas poscosecha, lo que quiere decir que la remoción de humedad residual o superficial es crucial en la conservación del producto.

Para esto, el producto lavado se deja escurrir en lugares limpios, higiénicos y lejos de cualquier fuente de contaminación o mediante circulación de aire forzado. La remoción del agua puede hacerse con el uso de ventiladores o por el paso del tomate sobre cilindros con espuma que retienen la humedad.

### Clasificación

Tiene como fin la separación de frutos sanos en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente. En el tomate, la clasificación por tamaño y grado de madurez es la más utilizada.



El proceso de clasificación se realiza normalmente tomando como parámetro el tamaño, pues este debe ser recolectado en un mismo estado de madurez y corresponder a la misma variedad; de no ser así, se puede hacer una segunda clasificación según el grado de maduración.

El tamaño está determinado por el diámetro máximo ecuatorial. Para todas las variedades de tomate, exceptuando la Cherry, se utiliza la clasificación por tamaño, establecida según la norma técnica colombiana NTC 1103-1.

El tamaño mínimo para los tomates redondos y acanalados es de 35 mm, y para los tomates alargados de 30 mm. La escala entonces queda establecida de la siguiente manera:

>30 mm < 35 mm  
>35 mm < 40 mm  
>40 mm < 47 mm  
>47 mm < 57 mm  
>57 mm < 67 mm  
>67 mm < 82 mm  
>82 mm < 102 mm  
> 102 mm

La Figura 9.11 muestra un ejemplo de los diferentes tamaños que pueden ser encontrados en una misma variedad de tomate.



**Figura 9.11. Clasificación de tomate de acuerdo con su tamaño**

A pesar de esto, para su comercialización deben ser lo más homogéneos posible, como se observa en la Figura 9.12 (García, 2001).

Para la clasificación se utilizan barras o rodillos separados por donde el tomate cae a bandas que lo llevan a las respectivas cajas según su tamaño. La altura entre los rodillos de separación y la banda no debe ser muy grande, para evitar golpes al





**Figura 9.12. Presentación del tomate para su comercialización en supermercados**

tomate. De igual manera, todas las esquinas y paredes de los equipos por donde el tomate circule deben estar recubiertas por un material flexible. Las caídas del tomate a las cajas deben ser amortiguadas por el uso de desaceleradores de velocidad del tomate, y toda superficie en contacto con el tomate debe ser lavada y desinfectada diariamente (puede utilizarse hipoclorito y luego enjuagar el equipo).

En cuanto a la comercialización del tomate, este debe ser clasificado por color, grado o categoría y variedad. Por categoría se manejan tres niveles según la norma NTC 1103-1, que están dados por el porcentaje de defectos que presentan en cuanto a forma, tamaño o madurez que no afecten la apariencia general del producto, la calidad de conservación y la presentación del empaque.

Estas categorías son:

**Categoría extra.** Tomates de calidad superior, pulpas firmes, color, apariencia y desarrollo típico según la variedad. Deben ser uniformes en tamaño, madurez y estar libres de defectos.

**Categoría I.** Tomates de buena calidad, firmes, con las características típicas de la variedad, libres de grietas y partes visibles que no hayan madurado de manera uniforme. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color, defectos de la piel y magulladuras muy leves.

**Categoría II.** Tomates firmes y con las características típicas de la variedad, aunque no pueden ser incluidos en las categorías anteriores. Se admiten grietas



cicatrizadas cuya longitud no sea mayor a 2 cm. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color, defectos de la piel y magulladuras.

El mercado internacional solo acepta tomate sin ningún tipo de daño o con tolerancias menores al 5%. En cuanto al color, se clasifican en seis niveles, los cuales fueron descritos previamente y representados en la Figura 9.6, según la norma americana. Sin embargo, la norma colombiana NTC 1103-1 ha considerado solamente cinco estados de madurez, ya que el grado 1 y 2 establecido en la norma americana ha sido unido en uno solo. En resumen, la categoría quedó establecida como se presenta en la Tabla 9.3 y basada en la norma europea.

**Tabla 9.3. Grados de coloración en la madurez del tomate**

Grado	Descripción
Verde	La superficie del tomate está completamente verde y el fruto ha alcanzado su tamaño máximo. El tono puede variar de claro a oscuro.
Coloración incipiente (1/4 pintón)	Cuando muestra un cambio definido de color (de verde a amarillo opaco, rosado o rojo claro) pero no en más del 30% de la superficie.
Coloración media (1/2 pintón)	Cuando muestra entre el 30% y 60% de la superficie un color rosado o rojo.
Coloración avanzada (3/4 pintón)	Cuando muestra más del 60% de la superficie un color rosado-rojizo o rojo pero el fruto aún está totalmente rojo.
Rojo	Cuando ha desarrollado un color rojo intenso en toda la superficie.

### Selección y clasificación

- La selección de los frutos a comercializar se debe realizar descartando todos aquellos que presenten algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros.
- Eliminar en forma adecuada los frutos descartados. No se debe olvidar que pueden servir de inóculo de plagas y/o enfermedades en el futuro.
- Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas (Figura 9.13).
- Tanto el personal que labora en la selección de las hortalizas como los materiales y elementos de trabajo deben cumplir con condiciones de higiene adecuadas al manejo de un producto alimenticio.





**Figura 9.13. Sala poscosecha**

En la clasificación se tiene en cuenta la forma y desarrollo de los tomates –de acuerdo con la variedad que se esté cosechando–, así como el porcentaje de daños que determina en qué categoría de calidad se ubica el producto y el color, el cual está directamente relacionado con el estado de madurez del fruto y el tamaño del mismo.

En el momento de la clasificación es conveniente realizar una limpieza de los frutos para obtener una adecuada higiene y buena presentación para su comercialización, con lo que también se elimina de la epidermis de los tomates la suciedad y materias extrañas de orígenes diversos (tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas y microorganismos). Su eliminación se puede efectuar mediante cepillado suave, lavado o la combinación de ambos.

El cepillado se puede complementar con la acción de soplado con una máquina de aire frío. La limpieza de los tomates mediante lavado se realiza por medio de duchas, ojalá de agua pulverizada, y debe apoyarse con el cepillado y un secado final. Es conveniente el uso de agua clorada para evitar la proliferación de microorganismos.

### **Empaque**

Es una de las etapas de mayor importancia en el manejo poscosecha de frutas y hortalizas, pues cumple una función importante en la conservación y manejo de estos productos durante la etapa de comercialización y tiene también una alta participación en los costos de producción y comercialización.



Los empaques y embalajes destinados a la comercialización de frutas, hortalizas y tubérculos frescos deben cumplir las siguientes características generales (Central Mayorista de Antioquia, 2005):

- a) Estar en condiciones adecuadas para proteger y permitir la manipulación, almacenamiento, transporte, distribución, venta y consumo del producto.
- b) Permitir la consolidación (*parking*) y el alistamiento (*picking*) de los productos empacados.
- c) Conservar la calidad del producto contenido durante el ciclo de comercialización y su vida útil.
- d) Ser reciclables, reutilizables o biodegradables.
- e) Los materiales empleados en su elaboración tienen que cumplir con las disposiciones establecidas por la FDA1 (Administración de Alimentos y Drogas) en el título 21 del CFR (Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos), partes 170 a 199, para sustancias empleadas en contacto con productos alimenticios; o con las Directivas Europeas 89/109/CEE\* (Directiva Marco) y 90/128/CEE, así como sus revisiones o agendas posteriores.
- f) Su diseño, en caso de requerirlo, debe permitir una adecuada ventilación del producto.
- g) No transmitir olores, sabores ni microorganismos que alteren la calidad del producto contenido.
- h) Los materiales con que se elaboren los empaques deben estar libres de cualquier impureza que afecte el producto que contiene.
- i) No deben contener materiales ajenos al producto o al empaque mismo.
- j) Los empaques empleados en el comercio internacional deben ser nuevos o de un solo uso.
- k) Estar libres de residuos de fabricación que afecten el producto contenido.
- l) No olvidar que aun en el mercado local no se permite la reutilización de los sacos de fibra natural, polipropileno y papel con productos alimenticios.



- m) Tener las medidas apropiadas que, además de modular con las estibas, tengan la altura apropiada para evitar el daño del producto en las capas inferiores.
- n) La altura del apilamiento o arrume debe garantizar la adecuada circulación del aire.
- o) Si se utilizan esquineros, estos no deben separarse en láminas.
- p) En las estibas los empaques se deben apilar en columna y con esquineros de protección, y sujetarlos con flejes de plástico, en lo posible impresos con el nombre de la empresa y el símbolo de identificación de la resina utilizada.
- q) Los empaques plásticos deben protegerse en embalajes que impidan su contaminación durante el transporte entre la fábrica y el lugar de empaque del alimento.

Entre los factores a tener en cuenta para la selección del empaque a utilizar están los requisitos del mercado y los aspectos de tipo ambiental, como el carácter reciclable o biodegradable que tenga el material, vida útil, y –posiblemente el más importante– el grado de protección que ofrezca al producto. En la actualidad existen más de 1.500 diferentes tamaños y variedades de empaques, por lo cual es fácil encontrar uno que se ajuste a los requerimientos del producto.

Una característica últimamente buscada en los empaques es que estos sean biodegradables o reutilizables. Es necesario que el empaque contribuya a incrementar el tiempo de vida útil del producto, por lo cual debe reducir al mínimo cualquier causa de daño al mismo, protegiéndolo de daños mecánicos por compresión, abrasión, impactos, cortes, e idealmente deshidratación y deterioro por agentes biológicos. Por esto los empaques deben ser fuertes, resistentes, soportar grandes esfuerzos, cargas y condiciones ambientales extremas como alta humedad relativa y baja o alta temperatura; deben facilitar la ventilación del producto y facilitar su seguimiento o trazabilidad (Rutledge *et al.*, 1995). Aunque existe una gran cantidad de materiales y diseños, en el caso del tomate los más utilizados son la madera, el cartón y el plástico, como se observa en la Figura 9.14.

El guacal tiene la desventaja de causar un alto daño mecánico al producto, no es fácil de apilar y favorece la diseminación de enfermedades dado que absorbe humedad y es difícil de desinfectar. Por su parte, las cajas de cartón son muy utilizadas para su comercialización en el ámbito internacional, ya que permite





**Figura 9.14. Empaques comúnmente utilizados para la comercialización de tomate**

observar el producto y transportar volúmenes pequeños que aseguran la calidad mecánica del producto y proporcionan una buena ventilación. La canastilla plástica es posiblemente el empaque más utilizado para la comercialización del tomate, y dada la amplia gama de presentaciones en tamaño permite una mayor flexibilidad, respondiendo a los diferentes requerimientos del mercado.

El empaque está muy relacionado con las condiciones de almacenamiento, pues estas tienen diferentes efectos sobre el producto y sobre el empaque:

- Es importante embalar en forma cuidadosa para evitar daños a los frutos.
- El embalaje debe ser realizado por personal capacitado, sobre todo en los temas de inocuidad e higiene.
- Los materiales de embalaje deben ser en lo posible nuevos, o en caso de ser reutilizados deben estar bien lavados. Al momento de utilizarse, estos deben encontrarse limpios, secos y en buen estado.
- Estos materiales deben ser almacenados y manipulados en condiciones que permitan su uso para un producto alimenticio.
- El proceso de embalaje debe efectuarse en un sitio protegido, evitando así la contaminación del producto.
- El personal que participa en las labores de embalaje debe disponer de las instalaciones necesarias para su higiene y hacer uso de ellas.



- El personal que participa en la cosecha, transporte, embalaje, manejo de materiales y almacenamiento, tiene que cumplir estrictamente con las medidas de higiene y de salud del personal, manteniendo a su vez los cuidados necesarios para evitar la contaminación del producto.

## Almacenamiento

Es el proceso normal para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible, aunque también puede ser una estrategia para diferir la oferta del producto hasta que el mercado se encuentre desabastecido y de esta manera obtener mejores precios. Dado que generalmente se transportan diferentes tipos de productos, es necesario conocer la compatibilidad en cuanto a temperatura, humedad relativa, composición de la atmósfera, absorción de olores, producción y sensibilidad al etileno.

El producto almacenado debe estar libre de cualquier tipo de daño, ya sea de carácter biológico, físico o mecánico, y debe ser cosechado bajo el grado de madurez óptimo. Si alguno de los tomates presenta algún tipo de daño biológico, este se dispersará rápidamente en la cámara de almacenamiento o de transporte, contaminando una mayor cantidad de producto.

Las condiciones óptimas de almacenamiento para tomate dependen de diferentes factores, entre los cuales cabe mencionar su estado de madurez, el tiempo de almacenamiento esperado y las características exigidas por el mercado. Todas ellas se pueden manejar si se conoce muy bien la tasa de respiración del producto, el calor de respiración, la tasa de producción de etileno, la influencia de la temperatura, la humedad relativa, la concentración de gases de respiración, la sensibilidad del producto al etileno y la condición inicial del producto en cada material (Wilson *et al.*, 1995). Con respecto a la tasa de respiración y calor de respiración, se han obtenido los valores reportados en las tablas 9.4 y 9.5.

**Tabla 9.4. Tasa de respiración de tomate a diferente temperatura y grado de madurez, expresada en ml /CO<sub>2</sub> /kg h** (Suslow y Cantwell, 1998)

Estado	Temperatura			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
Verde maduro	6 - 9	8 - 14	14 - 21	18 - 26
Maduro	7 - 8	12 - 15	12 - 22	15 - 26



**Tabla 9.5. Calor de respiración en kcal /kg h para tomate refrigerado y a temperatura ambiente en dos estados de madurez (Boyette *et al.*, 1995)**

Estado	Refrigerado	Ambiente
Verde maduro	0,0167	0,109
Maduro	0,037	0,104

Como en muchas hortalizas, la producción de etileno no está necesariamente asociada a su sensibilidad. Los tomates en estado verde y pintón son sensibles al etileno, entretanto los maduros no. En cuanto a la producción de etileno se han encontrado resultados particulares, pues no hay una relación directa entre la temperatura y la producción de etileno. A temperaturas alrededor de los 30 °C la producción de etileno es menor a 1  $\mu\text{l/g/h}$  y no parece ser afectada por el grado de madurez del tomate; a 20 °C se incrementa hasta alcanzar los 4  $\mu\text{l/g/h}$  y es afectada por el grado de madurez; mientras que a 10 °C cae a más de la mitad (1,2 - 1,5  $\mu\text{l/g/h}$ ) y no presenta un efecto marcado por el grado de madurez del fruto (Catwell, 2008).

Basados en esta información y de acuerdo con algunos estudios, la temperatura óptima de almacenamiento para tomate verde está entre 12,5 y 15 °C, mientras que para tomate rojo-claro está entre 10 y 12,5 °C y para tomate maduro entre 7 y 10 °C. El tiempo de vida útil bajo estas condiciones puede oscilar entre 1 y 3 semanas para tomate maduro-firme y verde-maduro respectivamente, pero puede ser prolongado con la aplicación de atmósferas modificadas.

Se han reportado hasta 7 semanas de vida útil para tomate almacenado a concentraciones de  $\text{O}_2$  entre 3% y 5%, ya que estas últimas retrasan la maduración y el desarrollo de pudriciones en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie, sin afectar severamente la calidad organoléptica. Estas concentraciones de oxígeno con concentraciones de  $\text{CO}_2$  alrededor del 2% favorecen la conservación del tomate. Las concentraciones de  $\text{O}_2$  inferiores al 1% provocan sabores y olores desagradables, así como pardeamiento interno (Suslow y Cantwell, 1998).

Los tomates almacenados a una temperatura por encima de 30 °C sufren daños, produciéndose disturbios en la coloración normal (amarillo o naranja en vez de rojo). El desarrollo del licopeno (pigmento rojo) se detiene a altas temperaturas, pero la síntesis de carotenoides (amarillos y naranjas) continúa, efecto que puede ser revertido alternando temperaturas de conservación entre 18 y 24 °C. Tal alternancia simula los cambios diurnos-nocturnos de temperatura en



el campo, siendo 18 a 21 °C la mejor temperatura para la maduración, con una humedad del 85% - 88% de HR. Así mismo, los tomates muy maduros pueden arrugarse o marchitarse un poco con esa humedad, pero el 90% favorece podredumbres.

Por otra parte, los tomates cosechados en estado rosado o rojo suave deben ser enfriados inmediatamente para evitar que sobremaduren antes de llegar al consumidor final. El tomate es muy sensible al daño por frío, por lo que debe ser almacenado a temperaturas superiores a 10 °C para tomate pintón y a 15 °C para tomate verde maduro. Los maduros no pueden ser almacenados a temperaturas inferiores a los 12 °C para retrasar su maduración, pues esto puede afectar el normal desarrollo del tomate y ocasionar su deterioro. El tomate verde-maduro almacenado por debajo de los 10 °C es más susceptible a daño por *Alternaria*, lo cual se hace evidente después de la maduración.

La humedad relativa de almacenamiento adecuada fluctúa entre 85% - 95%; humedades relativas más bajas pueden llevar a pérdidas excesivas de agua y marchitamiento o deshidratación después de pocos días, y HR más elevadas pueden favorecer ataques fúngicos.

Además, las pérdidas de agua están en función de la relación superficie-volumen y por ello son los frutos más pequeños los propensos a este tipo de problema. Cualquier ruptura de la superficie, rajadura o golpe, aumenta en forma considerable la pérdida de agua.

De la misma forma, la zona de separación del fruto con el pedúnculo es responsable de casi el 90% de la pérdida de agua en tomates sanos. El hecho de cosechar los tomates tipo larga vida con el pedúnculo disminuye también la pérdida de humedad.

Se ha demostrado que tomates almacenados a humedades por encima del 90% pueden presentar problemas de daño, mientras que el tomate pintón puede ser almacenado por dos semanas a 10 °C; no obstante, tiempos superiores de almacenamiento a esta temperatura pueden conducir a la reducción de la calidad y de la vida útil durante el periodo de venta. A su vez, el tomate en estado maduro puede resistir varios días a 5 °C, aunque no por tiempos prolongados; entretanto que el tomate en estado verde es más sensible a estas bajas temperaturas, presentando pérdida de firmeza, color, vida útil y sabor. Bajo condiciones extremas, tomates bien maduros y firmes pueden ser almacenados hasta tres semanas a 1 °C y 2 °C, pero tienen poca vida útil (Catwell, 2008).



Los tomates rosados o rojos firmes pueden ser almacenados a temperaturas entre los 10 °C y 13 °C. El tiempo de vida útil del tomate está alrededor de 21 días para tomate verde-maduro, de 7 a 14 para tomate rosado-rojo, y de 2 a 4 días para fruto maduro; aunque también es conocido que el almacenamiento a temperaturas inferiores a los 13 °C conlleva a la pérdida de aroma y desarrollo de aromas no característicos del tomate (Ramandeep, 2006).

Diferentes estudios han sido desarrollados buscando prolongar la vida útil del tomate durante el almacenamiento. Entre estos cabe mencionar el tratamiento con agua caliente antes de llevarlo a almacenamiento a bajas temperaturas. Este tratamiento consistió en someter el tomate a temperaturas entre los 39 y 48 °C por una hora y luego madurarlos a 20 °C, o almacenarlos a 2 °C por 14 días antes de madurarlos a 20 °C. El tratamiento a 42 °C redujo el daño en un 60%, mientras que el tratamiento térmico a 48 °C incrementó la rata de respiración y la producción de etileno, comparado con los otros tratamientos. El color rojo fue favorecido por el procedimiento térmico e inhibido por el almacenamiento a 2 °C, y la firmeza fue beneficiada por el almacenamiento a 2 °C pero no por el tratamiento térmico. El tomate sometido a temperatura entre los 39 y 45 °C presentó buena aceptación en las pruebas organolépticas. En general, puede decirse que el tratamiento térmico reduce el deterioro del tomate con consecuencias adversas mínimas sobre la calidad del tomate (McDonald *et al.*, 1999; Guillén *et al.*, 2007).

Para inhibir la producción de etileno y su influencia sobre la velocidad de maduración del tomate, se evaluó la efectividad de tratamientos con 1-MCP (1-metil ciclopropano) en la extensión de su vida útil. Se encontró que la aplicación de 0,5 nl/l de 1-MCP por un periodo de 24 horas redujo la producción de etileno y la tasa de respiración. Los parámetros relacionados con maduración como reducción de la firmeza, cambio de color e índice de madurez (sólidos solubles / acidez titulable) fueron retardados de manera importante. Estos resultados fueron corroborados en otro estudio, donde se demostró que tomates en estado maduro-verde tratados con 250 nl/l de 1-MCP por 24 horas a 20 °C y posteriormente almacenados a 90 - 95% de HR y temperaturas de 15, 20 o 25 °C retrasa la maduración del tomate en 6, 12 y 18 días, respectivamente (Mostofi *et al.*, 2007).

La aplicación de 1  $\mu\text{mol/mol}$  de ozono a 13 °C y 95% de HR a tomate mostró resultados muy favorables en la conservación y calidad del producto, pues aparte de reducir el daño por patógenos incrementó los contenidos de  $\beta$  carotenos, licopeno y luteína, mantuvo los niveles de sólidos solubles y favoreció la



conservación de la firmeza; a su vez, no afectó la pérdida de peso, el contenido de vitamina C, la producción de etileno, la tasa de respiración, el contenido de ácidos orgánicos y de fenoles totales. Adicionalmente, los resultados del panel de degustación mostraron una preferencia alta por el tomate sometido a tratamiento con ozono (Tzortakis, 2007). Igualmente se ha encontrado que el almacenamiento del tomate a altas temperaturas antes de llevarlo a temperaturas de almacenamiento inferiores a los 5 °C reduce significativamente el daño por frío durante dicho almacenamiento (Lurie, 1997); y tratamientos de almacenamiento de tomate a 6, 9 y 12 °C, con calentamiento intermitente a 20 °C cada 6 días y posterior maduración a 20 °C y 75% - 80% HR, mejoran el color superficial del tomate y favorecen su maduración (Artés, 1998).

## Maduración

Las condiciones de maduración, almacenamiento y vida útil, al tiempo que la sensibilidad al daño por frío, son determinados en gran parte por la variedad de tomate. De otra parte, la humedad relativa tiene una influencia marcada sobre la firmeza del producto. En la Tabla 9.6 se observan los días necesarios para alcanzar el estado máximo de madurez o grado seis, dependiendo de la temperatura de almacenamiento y el grado de madurez en el que fue cortado; en esta tabla es claro que el incremento de la temperatura favorece la rápida maduración del tomate (Catwell, 2008).

**Tabla 9.6. Evolución del grado de madurez del tomate almacenado a diferentes temperaturas y grados de madurez**

Grado de madurez	Días hasta alcanzar grado de madurez				
	12,5 °C	15 °C	17,5 °C	20 °C	25 °C
1	18	15	12	10	7
2	16	13	10	8	5
3	13	10	8	6	3
4	10	8	6	4	2

Fuente: Catwell, 2008

## Tratamientos con etileno

El etileno es un gas natural sin olor ni sabor, producido normalmente por diferentes tipos de productos vegetales, y con el que los tomates verdes exhiben un acelerado proceso de maduración. A nivel comercial, los tomates maduros



verdes son expuestos a tratamientos suplementarios con etileno para acelerar su maduración y asegurar que esta sea uniforme. Los tratamientos con etileno para maduración están en concentraciones entre 100 y 150 ppm, temperaturas entre 20 y 25 °C, y humedad relativa entre 90 y 95%; el tiempo de tratamiento está entre 1 y dos días. Se debe contar con una buena circulación del aire para asegurar la homogeneidad de la concentración de etileno en el cuarto de maduración y la remoción del dióxido de carbono, ya que este gas reduce la efectividad del tratamiento de etileno. Los tomates verdes pueden ser madurados con la aplicación de etileno, pero estos no alcanzarán una buena calidad.

Las ventajas del uso del etileno en tomates se puede resumir en:

- Reducción en el costo de clasificación de los tomates debido a la uniformidad de maduración.
- Reducción de las pérdidas de peso debido a la rápida maduración.
- Prolongación de la vida en estante en estado verde maduro.
- Reducción de los tiempos de ocupación de las salas de maduración.
- El logro de tomates maduros más tempranos en las épocas de escasez y altos precios.

Durante la maduración el color verde va desapareciendo, al igual que la acidez; el contenido de almidón, la firmeza, las pectinas insolubles y los fenoles sencillos también disminuyen; mientras que el color rojo o amarillo, el aroma, el sabor, los azúcares, las pectinas solubles y los fenoles polimerizados se incrementan. En cuanto al etileno, se ha encontrado que su producción se incrementa desde el estado uno al tres de maduración de manera constante. Entre el estado tres y cuatro no parece haber mayores cambios, y luego se reduce levemente hasta alcanzar el nivel máximo de madurez (Catwell, 2008).

La temperatura óptima para la maduración de tomates en estado verde maduro está entre 18 y 21 °C. A temperaturas superiores a los 25 °C madurarán, pero la calidad organoléptica no será la mejor, especialmente en cuanto a sabor y aroma.

Por consiguiente, es importante resaltar que la maduración con tratamientos de etileno debe hacerse desde la etapa dos o tres de madurez, de acuerdo con la carta de color (ver Figura 9.6), pues a partir de la etapa uno el tomate no madura adecuadamente ni alcanza las características propias de un tomate maduro. Es conveniente entonces tener en cuenta el grado de madurez del fruto para determinar las condiciones de almacenamiento, ya que se ha encontrado que en



estados tempranos de maduración (grados dos y tres) el reducir la temperatura de 20 a 12 °C puede incrementar el tiempo de vida útil de 13 a 23 días. El uso de temperaturas altas en frutos maduros no es recomendable, porque reduce sensiblemente la vida útil del fruto. Bajo las mismas condiciones de temperatura, un fruto en estado inicial de maduración puede mantenerse en buenas condiciones el doble de tiempo.

También es importante resaltar que las pérdidas de peso son más fuertes en frutos verdes que en frutos maduros. El contenido de sólidos solubles y de azúcares, así como la acidez titulable, no parecen ser afectados sensiblemente por el grado de madurez del tomate sino por la temperatura de almacenamiento.

La temperatura de maduración recomendada es de 20 °C, pero la temperatura a la que ha sido almacenado el tomate influye sobre su comportamiento durante la maduración o sobre su vida de anaquel. Es así como los tomates que han sido almacenados a temperaturas bajas de 5 °C presentan velocidades de respiración durante el almacenamiento posterior a 20 °C, más altas que aquellos que fueron almacenados a temperaturas mayores (de 7, 10 o 12 °C). Este comportamiento se hace más evidente después de la segunda semana de almacenamiento posterior a la refrigeración (Catwell, 2008).

### Maduración, almacenamiento y calidad nutricional

A diferencia de muchos productos perecederos, los cuales reducen su calidad nutricional y funcional durante el almacenamiento, el tomate muestra un leve incremento del ácido ascórbico, compuestos fenólicos solubles y flavonoides. Se ha encontrado que el contenido de licopeno en tomates almacenados a 15 °C y 25 °C es dos veces mayor al encontrado en tomates almacenados a 7 °C por un periodo de 10 días, mientras que la actividad antioxidante se incrementa desde un 17 al 27%.

El color –parámetro ampliamente utilizado por los consumidores como índice de calidad del tomate– presenta una estrecha relación con su contenido de carotenoides, por lo cual también puede ser tomado como un criterio de la calidad nutricional o funcional del mismo. El desarrollo de la pigmentación roja es un criterio indiscutible de madurez del tomate. Los principales carotenoides en tomate son licopeno (90%),  $\beta$  caroteno (entre el 5% y 10%) y la luteína (entre el 1% y el 5%). El contenido de estos compuestos durante la maduración del tomate está dado por el balance entre la síntesis de licopeno y su conversión en carotenoides más complejos. Estas reacciones están controladas por al menos dos



enzimas, por lo que el control durante la maduración es un poco complejo y no se ha logrado manipular para obtener mayores contenidos de licopeno durante el almacenamiento y maduración del fruto (Schofield, 2005).

El almacenamiento a baja temperatura causa un estrés en el tomate, activando la producción de licopeno y la actividad antioxidante; es decir, el estrés abiótico afecta las rutas de biosíntesis de los tres principales grupos de metabolitos secundarios, los terpenos, los compuestos fenólicos y los compuestos que contienen nitrógeno. Por esta razón es importante tener en cuenta las condiciones ambientales de almacenamiento del tomate si se quiere potenciar la producción de alguno de sus compuestos bioactivos (Javanmardi, 2006).

### Enfermedades poscosecha

Las enfermedades como pudriciones y lesiones de la superficie son ocasionadas por hongos como la *Alternaria*, *Botrytis* y *Rhizopus*. La pudrición blanda bacteriana (*bacterial soft rot*) causada por *Erwinia* spp., puede llegar a ser un problema serio durante el almacenamiento. Para prevenir y controlar estas enfermedades se recomienda el tratamiento con aire caliente o de inmersión en agua caliente (55 °C por 0,5 - 1,0 min), o el uso de atmósfera controlada para retrasar el crecimiento de patógenos en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie del fruto.

Para el control de *Rhizopus stolonifer*, causante de pudrición blanda y una de las principales culpables de pérdida poscosecha en tomate, se ha evaluado la aplicación de bajas dosis de luz UV-C en dosis de 3,6 kJ/m<sup>2</sup>. Los estudios han reportado buenos resultados al inducir resistencia a este hongo prolongando la vida útil, demorando la maduración y mejorando la calidad del tomate (Liu *et al.*, 1993; Stevens *et al.*, 2004).

En otros estudios se ha encontrado que el moho gris, causado por el hongo *Botrytis cinerea*, puede penetrar el fruto desde el campo y desarrollarse una vez ha sido cosechado. Para su control se indujo resistencia con el benzotiadiazol, BHT en dosis de 3 mM, aplicación con la que se logró la reducción del inóculo en más del 70% y, en algunos casos, el control total. Adicionalmente, se consiguió un incremento del contenido de licopeno con respecto al control en un 15%, lo que quiere decir que este tratamiento tiene resultados prometedores tanto en el control del moho gris como en el incremento de los compuestos bioactivos de interés para la salud humana (Iriti, 2007).



Para cerrar este capítulo y tomando en consideración la importancia del manejo adecuado del tomate a lo largo de la cadena, a continuación se presentan unas recomendaciones que hacen parte de las Buenas Prácticas Agrícolas referentes a cosecha y poscosecha del tomate. Son recomendaciones muy sencillas, con un alto grado de eficacia y con las que se busca asegurar la sanidad del producto mediante la implementación de prácticas de higiene de toda persona o elemento que esté en contacto con el producto.

## **Buenas Prácticas Agrícolas durante la cosecha y poscosecha de tomate**

### **Higiene del trabajador en el campo**

- Proveer y mantener baños limpios, jabón, agua fresca y toallas desechables para el lavado de manos.
- Establecer el lavado de manos para todo aquel que entre al lote (trabajadores, visitantes, compradores, etc.).

### **Cosecha**

- Limpiar las herramientas de cosecha. Las cajas para la cosecha deben estar limpias y en buenas condiciones, los contenedores tienen que ser lavados y desinfectados antes de la cosecha y se debe remover el exceso de tierra de las cajas usadas para cosecha en el campo.
- Capacitar al personal para que maneje cuidadosamente el producto.
- Cosechar en el estado de madurez apropiado y seco, es decir, sin humedad superficial
- No sobrellenar los empaques sino manipularlos con cuidado, evitando golpearlos o moverlos bruscamente una vez estén llenos.
- No utilizar las cajas de cosecha para pararse en ellas; con ello se reduce el riesgo de dispersión de patógenos por medio del calzado.
- No arrojar el tomate dentro de las cajas de recolección o al transvasarlas de una caja a otra, pues esto causa daños mecánicos al tomate. El tomate se debe depositar cuidadosamente en la caja.
- Usar protectores en el fondo y en las paredes de los contenedores y empaques depositando suavemente el producto en ellos y no excediendo la capacidad de los empaques, minimizando igualmente las caídas y golpes cuando se transfiere el producto.
- Evitar la manipulación excesiva del producto.
- Usar guantes de algodón (si es posible).



- Exigir el lavado de las manos de todos aquellos que entren al lote, no importa si son visitantes, operarios, supervisores, compradores, etc.
- No mezclar tomate en buen estado con tomate en mal estado.
- Mantener frescos los productos.
- Enfriar rápidamente el tomate para disminuir el crecimiento de cualquier patógeno.
- Utilizar hielo proveniente de agua potable.
- Almacenar el tomate a temperaturas apropiadas para mantener la calidad.
- No sobrellenar los refrigeradores.

### **Manejo poscosecha**

- Capacitar a los trabajadores acerca de los riesgos de contaminación microbiana y la importancia de la higiene.
- Proveer de baños limpios, jabón, agua fresca y toallas desechables.
- Utilizar letreros en los baños instruyendo a los trabajadores sobre el lavado de manos, e imponer su seguimiento.
- Asignar tareas que no tengan contacto con alimentos para aquellos trabajadores que estén enfermos.
- Usar agua para transportar los productos en las labores de acondicionamiento.
- Minimizar las caídas o cambios de altura del producto en las líneas de transporte del tomate. Mantener las líneas de transporte a la misma altura.
- Usar desaceleradores y protectores de material suave en los puntos donde el producto choca o cae.
- Utilizar recipientes adecuados para proteger el producto.
- No exceder la capacidad de los recipientes de transporte del producto.
- Usar agua potable para cualquier actividad de lavado y monitorear permanentemente su calidad.
- Mantener el agua limpia en los tanques de sumergimiento, desinfectando y cambiando el agua regularmente.
- Adicionar cloro al agua de lavado.
- Monitorear los niveles de cloro (Cl).
- Mantener un pH de 6,0 - 7,0 en el agua clorada.
- Proporcionar un último enjuague si está usando más de 100 ppm de cloro.
- Evitar que la temperatura del agua de los tanques sea 5 °C más fría que la temperatura del producto.
- Limpiar y desinfectar las áreas tanto de carga como de descarga, y superficies de contacto con alimentos al final de cada día.



- Eliminar todo tipo de animales, especialmente roedores y pájaros de las áreas de trabajo
- No fumar o comer en las áreas de trabajo.

### **Transporte y refrigeración**

- Revisar y limpiar los vehículos de transporte antes de introducir la carga.
- Desinfectar los vehículos si previamente fueron utilizados para transportar animales.
- Enfriar los vehículos antes de introducir la carga.
- Asegurar que el equipo de refrigeración esté funcionando adecuadamente.
- Cargar el producto cuidadosamente en los vehículos para tal fin.
- Asegurar que la pila sea estable y que el producto no estará moviéndose de un lado a lado durante el transporte y distribución del producto.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arab, L.; Steck, S.; Harper, A. E. (2000). *Lycopene and cardiovascular disease*. American Journal of Clinical Nutrition, 71: 1691-1695.
- Artés, F. (2000). *Memorias, 2° Congreso Iberoamericano de Tecnologías Poscosecha y Agroexportaciones*. Bogotá, Colombia: Simposio de poscosecha en Colombia.
- Artés, F.; E. Sánchez y Tijskens, L. M. M. (1998). *Quality and Shelf Life of Tomatoes Improved by Intermittent Warming*. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 31: 427-431.
- Barber, N.J.; Barber, J. (2002). Lycopene and prostate cancer. *Prostate cancer and Prostatic Diseases*. 5: 6-12.
- Batu, A. (2004). *Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes*. Research note Journal of Food Engineering 61: 471-475.
- Boyette, M. D.; Sanders, D. C. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Field and Greenhouse-Grown Tomatoes*. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-413-9.
- Boyette, M. D.; Wilson, L. G. & Estes, E. A. (1991). *Introduction to Proper Postharvest Cooling and Handling Methods*. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-414-1.6 p.
- Boyette, M. D., Wilson, L. G. & Estes, E. A. (1990). *Cooling North Carolina Fruits and Vegetables*. N. C. Coop. Exten. Serv. Serv. Poster. 16 x 24 in.
- Cantwell, Marita. (Septiembre 23-25 de 2008). *Impact of ripening & storage conditions of ripe tomato quality*. Congreso Internacional de Tomate. León, México.
- Central Mayorista de Antioquia; Red de Centrales de Abastos; Gobernación de Antioquia y Asociación Hortifrutícola de Colombia –Asohfrucol– (2005). *Normas de calidad y empaque para frutas, hortalizas y tubérculos frescos*. 32 p.
- Cook, Roberta. (Septiembre 11 de 2006). *Overview of the greenhouse (gh) vegetable industry: focus on tomatoes*. University of California, Davis. The IR-4 Project Greenhouse Grown Food Crops Workshop On Pest Control.
- García, M. C. (2000). *Evaluación técnica y económica de las operaciones postcosecha y la oferta tecnológica para la cebolla de rama (Allium Fistulosum), cebolla de bulbo (Allium Cepa L.), tomate (Lycopersicum Esculentum Mill) y otras hortalizas en el departamento de Cundinamarca y Boyacá*. Informe final. Corpoica. MADR.
- García, M. C. y García, H. (2001). *Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Corpoica, Ciat, Produmedios. 107 p.
- Giovanucci, E. (2005). *Tomato Products, Lycopene and Prostate Cancer: A Review of the Epidemiological Literature*. American Society for Nutritional Sciences. J. Nutr. 135: 2030S-2031S, 2005.
- Guillén, F.; Castillo, S.; Zapata, P. J.; Martínez-Romero, D.; Serrano, M.; Valero, D. (2007). *Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening*. Postharvest Biology and Technology 43: 23-27.



- Hertog, M. L. A. T. M.; Lammertyn, J.; Desmet, M.; Scheerlinck, N. & Nicoli, B. M. (2004). *The impact of biological variation on postharvest behavior of tomato fruit*. Postharvest Biol. Technol. 34: 271-284.
- Icontec. (1995). *Norma Técnica Colombiana NTC 1103-1. Industrias alimentarias. Tomate de mesa*.
- Iriti, M., Mapelli, S. & Faoro, F. (2007). *Chemical-induced resistance against post-harvest infection enhances tomato nutritional traits*. Food Chemistry 105: 1040-1046.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V.P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Manual técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de toamte bajo condiciones protegidas. Gobernación de Antioquia, FAO-MANA, Corpoica. 315 p.
- Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). *Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage*. Postharvest Biology and Technology 41: 151-155.
- Kun, Y.; Sonko, U. & Xiao, L. (2006). *Lycopene: Its Properties and Relationship to Human Health*. Food Reviews International, 22: 309-333.
- Kader, A. A. et al. (1992). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Univ. of California, Div. of Agric. and Natural Resources, Pub. 3311. 296 p.
- Lesage, Patrick & Destain, Marie-France. (1996). *Measurement of tomato firmness by using a non-destructive mechanical sensor*. Postharvest Biology and Technology 8: 45-55.
- Lesage, P.; Destain, Marie-France; Liu, J.; Stevens, C.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Wilson, C. L.; Adeyeye, O.; Kabwe, M. K.; Pusey, P. L.; Chalutz, E.; Sultana, T. & Droby, S. (1993). *Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes*. J. Food Prot. 56: 868-872.
- Lurie, S. & Sabehat, A. (1997). *Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes*. Postharvest Biology and Technology 11: 57-62.
- McDonald, R. E.; McCollum, T. G. & Baldwin, E. A. (1999). *Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage*. Postharvest Biology and Technology 16: 147-155.
- Mostofi, Y.; Toivonen, M. A.; Lessani, H.; Babalar, M.; Lu, Changwen. (2007). *Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures*. Postharvest Biology and Technology 45: 317-325.
- Polderdijk, J. J.; Tijskens, L. M. M.; Robbers, J. E. & Van der Valk, H. C. P. M. (1993). *Predictive model of keeping quality of tomatoes*. Postharvest Biology and Technology, 2: 179-185.
- Ramandeep K., Toor; Geoffrey P., Savage. (2006). *Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage*. Food Chemistry 99: 24-727.
- Ritchie, D. F.; Boyette, M. D.; Carballo, S. J.; Blankenship, S. M. & Sanders, D. C. (1993). *Chlorination and Postharvest Disease Control*. N.C. Coop. Exten. Serv. AG-414-6. 8 p.
- Rutledge, G. A.; Sanders, D. C. & Boyette, M. D. (1995). *Packaging requirements for fresh fruits and vegetables*. N.C. Coop. Exten. Serv. AG-414-8.
- Schofield, A. & Gopinadhan, P. (2005). *Modulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit ripening through phytochrome regulation of phytoene synthase activity*. Plant Physiology and Biochemistry 43: 1052-1060.



- Schouten, Rob E.; Huijben, Tanja P.; Tijskens, L. M. & Van Kooten, Olaf. (2007). *Modelling the acceptance period of truss tomato batches*. Postharvest Biology and Technology 45: 307-316.
- Stevens, C.; Liu, J.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Wilson, C. L.; Igwegbe, E. C. K.; Chalutz, E. & Droby, S. (1998). *Application of hormetic UVC for delayed ripening and reduction of Rhizopus soft rot in tomatoes: The effect of tomatine on storage rot development*. J. Phytopathol. 146: 211-221.
- Stevens, C.; Liu, J.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Kabwe, M. K.; Wilson, C. L.; Igwegbe, E. C. K.; Chalutz, E. & Droby, S. (2004). *The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes*. Crop Protection 23: 551-554.
- Suslow, Trevor V. & Cantwell, Marita. (1998). *Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha*. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. Traducido por Clara Pelayo. Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Tijskens, L. M. M. & Evelo, R. G. (1994). *Modelling colour of tomatoes during postharvest storage*. Postharvest Biol. Technol. 4: 85-98.
- Tijskens, L. M. M.; Heuvelink, E.; Schouten, R. E.; Lana, M. M. & Van Kooten, O. (2005). *The biological shift factor: biological age as a tool for modelling in pre- and postharvest horticulture*. Acta Hort. 687: 39-46.
- Tzortzakis, N.; Borland, A.; Singleton, I. & Barnes, J. (2007). *Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit*. Postharvest Biology and Technology 45: 317-325.
- Van Dijk, C.; Boeriu, F. Peter; Stolle-Smits, T. & Tijskens, L. M. M. (2006). *The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro)*. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. Journal of Food Engineering 77: 575-584.
- Wilson, L. G., Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part I: Quality Maintenance*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 800. 4 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part II: Cooling*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 801. 4 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part III: Handling*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 802. 3 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms Part IV: Mixed Loads*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 803. 3 p.
- Zárate V., M. M. (Agosto de 1991). *El manejo poscosecha de frutas y verduras*. Agricultura Tropical. Vol. Número 2: 89-101.



# CAPÍTULO 10 III

## COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CHONTO BAJO INVERNADERO

Luz Mireya Pinzón Perdomo<sup>1</sup>  
Germán David Sánchez León<sup>2</sup>  
Jorge Eliécer Jaramillo Noguera<sup>3</sup>  
Viviana Patricia Rodríguez<sup>4</sup>  
Miguel Ángel Zapata Cuartas<sup>5</sup>

### ► COSTOS DE PRODUCCIÓN, CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA

Los costos de producción son de vital utilidad para la toma de decisiones en el sector público y privado. Los costos agrícolas a nivel privado, ya sean de la finca o del predio, permiten establecer ventajas comparativas para invertir en un cultivo y estimar la inversión necesaria para realizar el proyecto agrícola y obtener cierta rentabilidad de la operación en un periodo de tiempo determinado.

En lo público, para efectos de establecer políticas, los costos son indicadores para direccionar la toma de decisiones relacionadas con el gasto, la fijación de precios y la orientación de crédito, entre otros.

Para el gasto público los costos permiten determinar la orientación de los recursos hacia aquellas actividades que se consideren competitivas conforme a la revelación de los análisis de costos y, en consecuencia con esta orientación, los entes públicos destinarán los montos que se dirigirán para crédito, investi-

1. Economista. Consultor CORPOICA C.I. Tibaitatá. lpinper@gmail.com

2. Ingeniero Agrónomo. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. gsanchez@corpoica.org.co

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

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

5. Tecnólogo Agropecuaria. Auxiliar Técnico CORPOICA C.I. La Selva. miguelzapatac@gmail.com.



gación, infraestructura y servicios de apoyo a la producción. Conjuntamente, los costos también brindan información para constituir seguros de cosecha, recibir prendas sobre cultivos y avalúo de daños.

### Definición

Según el diccionario de economía y finanzas, el costo se define como “aquello en lo que se incurre para obtener o producir un producto, de acuerdo con una tecnología determinada”.

En la producción agrícola, los costos se definen como el monto financiero valorado a precios de mercado del total de bienes y servicios utilizados o consumidos durante un ciclo completo de producción de un cultivo determinado. Los bienes y servicios se refieren a la mano de obra, los insumos aplicados al suelo y a las plantas, y los servicios contratados con terceros (arriendos, transporte, riego, fumigación o manejo administrativo y contable del negocio).

### Inversión

Se define como el gasto orientado a la compra de bienes de capital con el objeto de producir otros bienes. Para el caso agrícola, la inversión se refiere al gasto que se realiza en la infraestructura necesaria para apoyar el proceso productivo.

En el tomate bajo cubierta, la inversión se encuentra representada en toda la adecuación de la obra necesaria para iniciar el proceso productivo del cultivo, es decir, el acondicionamiento del terreno, la construcción del invernadero con sus respectivos accesorios y la estructura del riego (almacenamiento, cabezal de riego, red de tuberías para la conducción y distribución del agua y elementos auxiliares).

Para su análisis, los costos de producción se clasifican en **variables y fijos** (Bishop, 1991). Los primeros, que también se conocen como “**costos directos**”, se refieren a los que varían cuando cambia el volumen de producción. En esta categoría se consideran los desembolsos que hace el productor por el pago o compra de insumos de uso corriente, entre ellos plántulas, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas, mano de obra y servicios.

Los costos fijos, o “**indirectos**”, tienen relación con los costos que permanecen constantes para diferentes volúmenes de producción. A estos pertenecen todos aquellos desembolsos que se realizan por arrendamiento de tierra, ad-



ministración del cultivo, pago de intereses, contratación de asistencia técnica, depreciación de infraestructura, construcciones, maquinaria y equipos.

Cuando los costos son referidos a una unidad de producción se conocen como “**costos promedios o unitarios**”. Así, el costo variable promedio se obtiene de dividir el costo variable total en el volumen total de producción. De la misma forma se obtiene el costo fijo promedio, es decir, dividiendo el costo fijo total en el volumen de producción (Bishop, 1991).

El costo total promedio, o costo unitario total, es la suma del costo variable promedio y el costo fijo promedio, y constituye un indicador de lo que cuesta producir una unidad de producción (bien sea una tonelada, un kilogramo de producto, etc.) (Bishop, 1991). Comparativamente, entre diferentes tipos de productores o de explotaciones de un mismo cultivo el costo promedio mide la eficiencia del uso de los recursos productivos.

Por otra parte, la estructura de costos, que es la organización de las erogaciones que realiza el productor según los factores de producción o labores de cultivo, permite conocer la importancia del costo de acuerdo con los diferentes componentes que la conforman. Refleja si la tecnología utilizada es intensiva en uso de mano de obra, maquinaria e insumos químicos, entre otros; además, ofrece información para analizar en qué proporción participan los costos variables y fijos en la producción total y unitaria y con ello detectar problemas y tomar decisiones para orientar un manejo técnico más eficiente.

### **Análisis de la composición del costo**

El análisis de los costos de producción para el presente estudio se realizó para un área de invernadero de 1.000 m<sup>2</sup> con una densidad de siembra de 2.200 plantas de tomate chonto y 26 semanas de duración del ciclo productivo, es decir, 2 ciclos por año. Los precios considerados para el análisis fueron los corrientes del 2010, y una tasa de cambio para la fecha de \$2.022/US. Para el análisis se consideró el establecimiento inicial de un ciclo productivo, en donde se debe preparar el terreno por primera vez y hacer la instalación inicial del sistema de tutorado o amarre.

Para estimar los costos de producción del cultivo de tomate bajo cubierta se elaboró una estructura en la que se detallan los costos, variables y fijos, así como la inversión inicial. A continuación se identifican y describen las actividades desarrolladas durante el proceso productivo y se agrupan los recursos que



utiliza el productor desde el punto de vista económico en tres grupos: mano de obra, insumos y servicios. Esta clasificación de recursos corresponde dentro de la estructura de costos de producción a los costos variables.

### **Costos variables**

La mano de obra corresponde a los jornales que se usan directamente para la realización de las diferentes actividades del cultivo. En el sector agropecuario tradicional, se contrata a trabajadores por jornadas no continuas para la realización de las diferentes actividades que se remuneran con un jornal, el cual difiere según la zona o región donde se contrate. Este sistema no genera dependencia laboral y en consecuencia no se considera salario.

El grupo de los insumos está conformado por las plántulas, los fertilizantes, los fungicidas y los insecticidas, sumado a los insumos que se usan en el tutorado como la fibra, que se consumen durante el proceso productivo.

Los servicios comprenden todas aquellas actividades que son contratadas con terceros, tales como el arrendamiento de maquinaria, los análisis de suelos y agua y el transporte (de insumos y del producto).

### **Mano de obra**

La mano de obra es un recurso determinante para el manejo directo del cultivo; corresponde a los jornales contratados para la preparación del terreno, el trasplante, la instalación de tutorado y la atención general de la plantación, así como a la realización de podas, aplicación de fertirriego, deshierbas, control sanitario, cosecha y supervisión del cultivo, entre otras. La cantidad de mano de obra requerida para atender un área de cultivo de 1.000 m<sup>2</sup> bajo invernadero, desde la siembra hasta la cosecha, es de 143 jornales, aproximadamente 10 jornales/tonelada producida.

El número de jornales es mayor en el primer ciclo de cultivo debido a la preparación del terreno, la demarcación y el levante de las camas, y a una mayor exigencia en el manejo de las malezas por la agresividad que presentan en un lote que proviene de descanso o pastos.

Otro factor que incrementa el costo de la mano de obra es la frecuencia del amarre, actividad que está condicionada por aspectos como la variedad sembrada, el comportamiento del clima, el estado nutricional del cultivo y la progra-



mación de las labores. Durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo el amarre se hace hasta dos veces por semana (Jaramillo, 2007); posteriormente, cuando empieza la formación de frutos, se realiza una vez a la semana. Para efectos del presente estudio los cálculos se realizaron teniendo en cuenta un sistema de tutorado con argollas, ganchos para el descuelgue de plantas y un manejo del cultivo hasta los 10 racimos.

El costo de la mano de obra representa el 45% de los costos directos de producción, alrededor de \$3.575.000 para atender un área de cultivo de 1.000 m<sup>2</sup>.

En zonas donde escasea la mano de obra, existen algunas alternativas para disminuir su costo; por ejemplo, en caso de tener cobertura plástica o mulch se pasa de 4 desyerbas (de camas y calles) a solamente dos desyerbas en las calles y 3 jornales para 1.000 m<sup>2</sup>. Igual sucede con las aplicaciones de plaguicidas, las cuales normalmente se realizan con bomba de espalda manual y unos 15 jornales para cubrir 1.000 m<sup>2</sup>. Para reducir el uso de mano de obra, esta labor se puede desarrollar con una aspersora estacionaria y 2 jornales para cubrir la misma área. La estacionaria tiene un costo aproximado de \$1.500.000 a \$2.000.000.

El costo de la mano de obra también puede disminuir contratando personal con experiencia, especializado y comprometido, o haciendo un entrenamiento previo con el fin de obtener un mejor desempeño.

## **Insumos**

Son los bienes que se usan para la producción de un producto o de otro bien. En el caso agronómico, al grupo de los insumos pertenecen los fertilizantes, las plántulas, los elementos necesarios para el tutorado, los fungicidas e insecticidas, los herbicidas y el empaque. Este rubro participa con el 41% de los costos directos, es decir \$3.225.400 para atender un área de cultivo de 1.000 m<sup>2</sup> durante el ciclo de cultivo.

### **Plántulas (material de propagación)**

El valor de las plántulas es variable, dependiendo del material que se seleccione. El valor de las plántulas de tomate Chonto oscila entre \$90 y \$210, mientras que las de tomate Milano larga vida se encuentran entre \$220 y \$260 cada plántula. La estimación de los costos de producción se realiza para un área de 1.000 m<sup>2</sup> de cultivo bajo invernadero y una densidad de siembra de 2.200 plantas de tomate Chonto; sin embargo, al momento de solicitar las plantas se debe pedir un 5% más para resiembras. Para el análisis se ha considerado un va-



lor de \$190 por plántula en condiciones aptas para el trasplante al invernadero; es decir, un costo total de \$437.000 para cubrir 1.000 m<sup>2</sup> y contemplando 2.300 plántulas. En el rubro de los insumos, el costo de las plántulas representa el 14% y es el cuarto insumo con mayor participación después de los fertilizantes, otros insumos y fungicidas.

El costo del material vegetal está directamente relacionado con la densidad de siembra, la cual es condicionada por una serie de variables como: el material vegetal seleccionado (híbrido o variedad), el arreglo espacial (surco sencillo o doble), el sistema de tutorado utilizado, la fertilidad del suelo y el sistema de riego, entre otros.

Según lo dicho en el capítulo de manejo agronómico, la siembra puede realizarse en surcos sencillos o dobles. En surco sencillo se realiza con una distancia de 1,10 a 1,30 m entre surcos y 30 a 40 cm entre plantas, es decir, una densidad de 1,9 a 3 plantas por m<sup>2</sup> con podas a un solo tallo.

### **Fertilizantes**

Los fertilizantes usados en el cultivo son de tipo químico y orgánico, y tanto su dosificación como su frecuencia de aplicación se encuentran sujetas a los resultados del análisis de suelo. Para sacar adelante un cultivo de 1.000 m<sup>2</sup> de tomate Chonto, se utilizan trescientos kilos de materia orgánica al momento del trasplante y 0,4 toneladas de fertilizantes químicos de diferentes especificaciones que se aplican mediante fertirriego (Terán, 2007). En el rubro de insumos, los fertilizantes participan con aproximadamente el 41% de los costos.

### **Manejo sanitario del cultivo de tomate**

Para el control sanitario en cultivos bajo invernadero se realiza el manejo integrado de plagas y enfermedades, que incluye todos los métodos disponibles (culturales, físicos, biológicos y químicos) combinados para reducir las poblaciones de plagas y enfermedades por debajo del nivel de daño económico y para el manejo de infestaciones localizadas (Jaramillo, 2007). Si bien esta actividad demanda bajo uso de agroquímicos, también genera gastos debido al uso intensivo de prácticas manuales como podas, limpieza y desinfección de herramientas, equipos y vestuario usados durante el manejo del cultivo, y el incremento de la vigilancia y supervisión del cultivo.

Bajo el sistema de manejo MIP, el uso de agroquímicos se reduce a las aplicaciones necesarias para el control de la plaga cuando la población sobrepasa el nivel crítico (es decir, el nivel mínimo de la población en el que el beneficio



marginal del control es igual al costo marginal de su control) (MADR, 2006). Para el control químico se ha identificado una diversidad de agroquímicos, insecticidas y fungicidas, los cuales se usan de manera racional y controlada. En este documento se presenta una variedad de insumos agroquímicos, utilizados por productores tradicionales de tomate chonto (ver Anexo 1); no obstante, es necesario aclarar que también se utilizan otros productos e ingredientes activos en diferentes rotaciones, que se mencionan en las tablas 7.3 y 8.5.

El costo de los fungicidas e insecticidas para el manejo sanitario de una plantación de tomate de 1.000 m<sup>2</sup> se estimó en \$856.000 y equivale al 27% del costo de insumos.

### **Empaque**

Para el transporte del tomate se utilizan aproximadamente 50 canastillas plásticas de 20 kg. El costo del empaque se estimó en \$70.000/semestre, asumiendo su renovación a los 2 años y medio.

### **Servicios**

En el cultivo de tomate Chonto se incurre en costos de servicios por la contratación o alquiler de maquinaria para la adecuación de drenajes y para la preparación del terreno, el alquiler de equipos de aspersión para las labores sanitarias y de fertirriego del cultivo, el pago por el transporte de insumos y de la producción al lugar de venta, y en ocasiones por el transporte de la mano de obra. Para el presente análisis, los servicios comprenden el valor del transporte y el pago al laboratorio para el análisis de suelos. El costo del transporte de la producción se estimó a razón de \$75.000/tonelada. El rubro de servicios representa el 13,8% del total de los costos variables.

### **Costos fijos**

A este rubro pertenecen los desembolsos causados por arrendamiento de la tierra, administración, asistencia técnica, realización de obras de infraestructura y depreciación de las mismas, de la maquinaria y el equipo. Así mismo, comprenden la adquisición de equipos de protección personal, contratación de servicios de asistencia técnica y contables para la atención del negocio.

En el presente estudio los costos fijos incluyen: la administración, la asistencia técnica y la depreciación de la infraestructura (invernadero, tutorado), aparte de los equipos utilizados en el proceso productivo.



## Tutorado

El tutorado que predomina en el sistema bajo invernadero es conocido como '**fijo vertical sencillo**', utilizando una sola línea de alambre para la siembra a surco sencillo (aunque también se puede emplear doble cuando se siembra a doble surco) y donde se utilizan dos líneas de alambre a una distancia de 50 cm. La altura del tutorado depende de la variedad, el número de racimos al que se va a llevar la planta, y si las plantas se van a descolgar o se van a llevar a un amarre fijo.

El costo del tutorado está determinado por el tipo de material utilizado. Regularmente el sistema de tutorado está conformado por postes de madera de eucalipto (limatón, vara corredor) o guadua, distribuidos en cada extremo del surco, guaya acerada calibre 1/8 o alambre de acero blando galvanizado calibre 8 a una altura de 2,5 a 2,8 m, y cuerdas de plástico, tela acrílica o abrazaderas. Este sistema de tutorado permite el amarre vertical de las plantas mediante cuerdas de plástico para facilitar las labores agronómicas, mejorar la calidad de los frutos y facilitar su beneficio.

El costo del tutorado se estimó teniendo en cuenta un sistema convencional sencillo para 1.000 m<sup>2</sup>, usando argollas para el amarre de las plantas y fibra de polietileno. El tutorado se valoró de manera global en \$2.291.667 y con una vida útil de 3 años, es decir, una depreciación por ciclo de cultivo de \$381.944.

Los costos fijos o indirectos se estimaron en \$1.694.806 y corresponden al 18% de los costos de producción del cultivo.

## ▶ ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 10.1 se presenta un resumen de la estructura de costos de producción del tomate bajo invernadero, y en el Anexo 1 se presenta la estructura detallada de los mismos.

Los rendimientos bajo condiciones protegidas en Colombia fluctúan entre 120 ton/ha en algunas zonas como la sabana de Bogotá, hasta 180 y más de 200 ton/ha en la zona del alto Ricaurte y Antioquia. Para este ejercicio se estimó un rendimiento promedio de 150 ton/ha, muy superior al que se obtiene a campo abierto en Colombia (entre 25 y 40 ton/ha).



**Tabla 10.1. Estructura de costos de producción estimada para 1.000 m<sup>2</sup> de cultivo en tomate Chonto bajo invernadero. Año 2010**

Concepto	Valor (\$)	% sobre costo total	% sobre costos directos	% en el rubro de insumos
<b>Costos variables o directos</b>				
Mano de obra (jornales)	\$ 3.575.000	37	45	
<b>Insumos</b>				
Plántulas (tomate Chonto)	\$ 437.000	5	6	14
Fertilizantes	\$ 1.317.000	14	17	41
Fungicidas	\$ 514.000	5	7	16
Insecticidas	\$ 342.000	4	4	11
Otros Insumos (canastillas, fibra, argollas...)	\$ 615.400	6	8	19
<b>Subtotal insumos</b>	<b>\$ 3.225.400</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>100</b>
Servicios (transporte y de laboratorio)	\$ 1.085.100	11	14	
<b>Total costos variables o directos</b>	<b>\$7.885.500</b>	<b>82</b>	<b>100</b>	
Depreciación	\$ 1.694.805	18		
<b>Total costos fijos o indirectos</b>	<b>\$ 1.694.805</b>	<b>18</b>		
<b>Total costos</b>	<b>\$9.580.306</b>	<b>100</b>		

Fuente: Resultados del Estudio Corpoica - Tibaitatá, La Selva. Año 2010

El costo de producción de tomate para un área de 1.000 m<sup>2</sup> bajo invernadero por semestre se estimó en \$9.580.306; de ellos el 82% corresponde a costos variables o directos y el 18% a costos fijos o indirectos.

Entre los costos variables, el componente más importante por su contribución fue la mano de obra, con una contribución del 45,3%. Al interior de este rubro la actividad que más demandó mano de obra fue el tutorado y amarre, ocupando 25 jornales, equivalentes al 17,5% de toda la mano de obra utilizada en el ciclo del cultivo. Otras actividades intensivas en mano de obra fueron la deschuponada, la cosecha, la aplicación de fertilizantes tanto edáficos como por el riego, y el control de plagas y enfermedades, ocupando 68 jornales, o sea el 47,5% de la mano de obra entre estas actividades. El 35% restante de la mano de obra (50 jornales) se ocupa en las demás actividades de atención del cultivo.



El segundo lugar lo ocuparon los insumos, con una participación del 41% de los costos variables o directos. En este grupo sobresalen por su aporte los fertilizantes, seguido por otros insumos como la fibra, las argollas y el empaque.

En general, se puede indicar que en condiciones bajo invernadero se demanda aproximadamente 10,1 jornales/tonelada de tomate producido. En el caso de los costos fijos, estos representan el 18% de la estructura de costos y refleja las erogaciones realizadas principalmente por concepto de depreciación de la infraestructura y equipos utilizados en el proceso productivo.

### Indicadores de resultado

Se estimaron los costos de producción para un ciclo del cultivo de tomate Chonto bajo invernadero en un área aproximada de 1.000 m<sup>2</sup> y una densidad de 2.200 plantas. Cabe anotar que la densidad de siembra es variable en el país, pues mientras que en zonas como en Antioquia se siembran 20.000 a 22.000 plantas/ha, en la sabana de Bogotá se utilizan 24.000 a 26.000 plantas/ha, e incluso algunos agricultores llegan a sembrar hasta 28.000 plantas/ha.

Los indicadores económicos obtenidos se presentan en la Tabla 10.2.

**Tabla 10.2. Indicadores económicos de cultivo de 1.000 m<sup>2</sup> de tomate Chonto bajo invernadero. Año 2010**

Indicador	Cuantificación
Densidad de siembra (plantas/1.000 m <sup>2</sup> )	2.200
Producción (kg/1.000 m <sup>2</sup> )	15.400
Mortalidad plantas (-8%)	176
Pérdidas por mortalidad (kg)	1.232
Producción neta (kg)	14.168
Precio de venta (\$/kg)	900
Ingreso bruto total (\$)	12.751.200
Costos de producción/ciclo (\$)	\$9.580.306
Costo de producción/kg	\$67
Utilidad/kg	\$224
Utilidad/ciclo de cultivo en 1.000 m <sup>2</sup>	\$3.170.894
Rentabilidad (%)	33,1

Fuente: Resultados del Estudio Corpoica - Tibaitatá, La Selva. Año 2010



## Rentabilidad

La rentabilidad se estima a partir de la relación de los ingresos netos y los egresos obtenidos o proyectados en el desarrollo de una actividad durante un periodo de tiempo determinado (Rucoba, 2006).

En este estudio se determinó que la rentabilidad del sistema bajo invernadero es del 33,1%, lo que significa que por cada \$100 de inversión en el cultivo estos se recuperan y además se obtienen \$33,1 adicionales.

Considerando que la producción bajo invernadero se diferencia del sistema de producción tradicional a campo abierto por la mayor inversión que conlleva, relacionada en particular con la construcción del invernadero, la adecuación de infraestructura para el sistema de riego y tutorado y el uso de equipo especializado. A continuación se presenta en la Tabla 10.3 los costos de la inversión, los costos fijos, variables y totales.

**Tabla 10.3. Costos de producción e ingresos para un área de 1.000 m<sup>2</sup> de tomate bajo invernadero. Año 2010**

Costos	Valor (\$)
Inversión para 1.000 m <sup>2</sup>	\$20.335.780
Costos fijos	\$1.694.806
Costos variables	\$7.885.500
Costos totales	\$29.916.085

Fuente: Corpoica -Tibaitatá, La Selva. Año 2010

## Inversión

La inversión inicial o el efectivo necesario para la adquisición de equipos, infraestructura y adecuaciones para iniciar el proyecto productivo para un área de 1.000 m<sup>2</sup> de tomate bajo invernadero es de aproximadamente \$20.335.780, como se presenta en la Tabla 10.4.



**Tabla 10.4. Inversión para el establecimiento de un área de 1.000 m<sup>2</sup> de cultivo de tomate bajo invernadero. Año 2010**

Descripción	Valor (\$)
Invernadero convencional de 1.000 m <sup>2</sup> (depreciación a 8 años).	\$15.000.000
Plástico para invernadero (se cambia cada 2 años)	\$473.000
Equipo y herramientas (pala, azadón, tijera, rastrillo, martillo, bomba de espalda, termohigrómetro) (depreciación a 5 años).	\$558.613
Equipo de riego (depreciación a 5 años)	\$2.012.500
Tutorado (depreciación a 3 años)	\$2.291.667
<b>Total inversión</b>	<b>\$20.335.780</b>

Fuente: Resultados del Estudio Corpoica - Tibaitatá, La Selva. Año 2010

### Ingresos

Es el dinero que recibe el productor por la venta del producto: **precio x cantidad vendida**. El precio del tomate varía de acuerdo con la presentación del producto y según la región productora (MADR, 2010).

Considerando una producción neta de 14.168 kilogramos y un precio de venta de \$900/kg, el ingreso bruto del ciclo productivo fue de \$12.751.200.

### Punto de equilibrio

Es el estado de producción y ventas de una empresa en el que cesan las pérdidas y empiezan las utilidades (Rucoba, 2006). El punto de equilibrio se puede calcular en unidades monetarias o en unidades físicas, como se presenta a continuación:

Punto de Equilibrio en \$ = Costo Fijo Total / (1 - (Costo Variable Total / Ingreso Total))

Punto de Equilibrio en Cantidades = Punto de Equilibrio en \$ / (Ingreso Total/Unidades Vendidas).

Para lograr el punto de equilibrio del agronegocio se deben obtener ingresos de \$4.441.459/ciclo de cultivo (equilibrio en el valor de las ventas) y una venta de 4,9 toneladas de tomate (equilibrio en la producción) en 1.000 m<sup>2</sup> a \$900.000/tonelada.



**Anexo 1. Costos de producción detallados para un cultivo de 1.000 m<sup>2</sup>  
en tomate Chonto bajo invernadero. Año 2010**

Concepto	Unidad	Valor unitario	Semestre	
			Cantidad	Valor (\$)
<b>Costos directos</b>				
<b>Mano de obra</b>				
Preparación del suelo (picada, surcada, trazado).	Jornales	\$ 25.000	8	\$ 200.000
Trasplante	Jornales	\$ 25.000	2	\$ 50.000
Desyerba (4 desyerbas)	Jornales	\$ 25.000	3	\$ 75.000
Aplicación de fertilizantes por riego y al suelo	Jornales	\$ 25.000	15	\$ 375.000
Aplicación de pesticidas (plagas y enfermedades)	Jornales	\$ 25.000	15	\$ 375.000
Tutorado y amarre	Jornales	\$ 25.000	25	\$ 625.000
Deschuponada	Jornales	\$ 25.000	20	\$ 500.000
Podas de hojas	Jornales	\$ 25.000	10	\$ 250.000
Poda Terminal	Jornales	\$ 25.000	2	\$ 50.000
Otras labores	Jornales	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Cosecha	Jornales	\$ 25.000	18	\$ 450.000
Labores poscosecha (selección, clasificación, empacado y pesado)	Jornales	\$ 25.000	7	\$ 175.000
Descuelgue de plantas	Jornales	\$ 25.000	5	\$ 125.000
Erradicación del cultivo	Jornales	\$ 25.000	3	\$ 75.000
Monitoreo del cultivo	Jornales	\$ 25.000	7	\$ 175.000
Transporte interno	Jornales	\$ 25.000	2	\$ 50.000
<b>Subtotal mano de obra</b>			<b>143</b>	<b>\$ 3.575.000</b>
<b>Insumos</b>				
Plántulas de tomate	Unidades	\$ 190	2.300	\$437.000
Materia orgánica	Kilogramos	\$ 150	300	\$ 45.000
Cal dolomítica	Kilogramos	\$ 200	240	\$ 48.000
Nitrato de potasio	Kilogramos	\$ 3.200	100	\$ 320.000
Nitrato de calcio	Kilogramos	\$ 2.400	50	\$ 120.000
Sulfato de magnesio	Kilogramos	\$ 6.000	10	\$ 60.000



Concepto	Unidad	Valor unitario	Semestre	
			Cantidad	Valor (\$)
<b>Costos directos</b>				
Elementos menores	Kilogramos	\$ 2.000	50	\$ 100.000
Fosfato de amonio	Kilogramos	\$ 2.100	50	\$ 105.000
Fertilizante completo 10-20-20	Kilogramos	\$ 1.700	150	\$ 255.000
Fertilizante completo 17-6-18-2	Kilogramos	\$ 1.500	50	\$ 75.000
Fertilizante foliar Magnesio	Litros	\$ 27.000	1	\$ 27.000
Fertilizante foliar Calcio-Boro	Litros	\$ 27.000	1	\$ 27.000
Fertilizante foliar P-K	Litros	\$ 35.000	1	\$ 35.000
Micorrizas	Kilogramos	\$ 2.000	50	\$ 100.000
<b>Fungicidas - Bactericidas</b>				
Mancoceb	Kilogramos	\$ 15.000	1	\$ 15.000
Previcur	Litros	\$ 135.000	1	\$ 135.000
Oxicloruro de cobre	Kilogramos	\$ 20.000	1	\$ 20.000
Forum	Bolsa de 120 g	\$ 16.000	2	\$ 32.000
Antracol	Bolsa de 400 g	\$ 16.000	1	\$ 16.000
Derosal	Frasco 100 cc	\$ 10.000	1	\$ 10.000
Store	Frasco 500 cc	\$ 100.000	1	\$ 100.000
Agrodyne	Litros	\$ 45.000	1	\$ 45.000
Saprol	Frasco 100 cc	\$ 12.000	1	\$ 12.000
Benomil	Bolsa de 100 g	\$ 12.000	2	\$ 24.000
Rhodax	Bolsa de 400 g	\$ 20.000	1	\$ 20.000
Kasumin	Litros	\$ 85.000	1	\$ 85.000
<b>Insecticidas</b>				
Aji - ajo	Frasco 500 cc	\$ 72.000	1	\$ 72.000
Imidacloprid	Frasco 200 cc	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Eviset	Bolsa 500 g	\$ 45.000	1	\$ 45.000
Dipel WG	Bolsa 500 g	\$ 90.000	1	\$ 90.000
Polo	Frasco 200 cc	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Clorpirifos	Frasco 200 cc	\$ 12.000	1	\$ 12.000
Karate	Frasco 500 cc	\$ 45.000	1	\$ 45.000



Concepto	Unidad	Valor unitario	Semestre	
			Cantidad	Valor (\$)
<b>Costos directos</b>				
Match	Frasco 100 cc	\$ 20.000	1	\$ 20.000
Matababosa	Kilogramos	\$ 8.000	1	\$ 8.000
<b>Otros insumos</b>				
Adherente - Coadyuvante	Litros	\$ 20.000	2	\$ 40.000
Canastillas (depreciado a 5 ciclos)	Unidad	\$ 7.000	50	\$ 70.000
Fibra Ref: 9,000	Rollos	\$ 9.280	5	\$ 46.400
Argollas (Clip Tomate)	unidad	\$ 37	7000	\$ 259.000
Rollo de cinta pegante amarilla y azul	Rollos	\$ 2	100000	\$ 200.000
<b>Subtotal insumos</b>				<b>\$3.225.400</b>
<b>Servicios</b>				
Transporte/ tonelada		\$ 75.000	14.168	\$1.062.600
Servicio de laboratorio (análisis de suelos). Se realiza cada 4 ciclos de cultivo.		\$ 90.000	1	\$ 22.500
<b>Subtotal servicios</b>				<b>\$1.085.100</b>
<b>Total costos variables o directos</b>				<b>\$7.885.500</b>
<b>Costos indirectos</b>				
Depreciación instalaciones invernadero (8 años), línea recta.				\$ 937.500
Plástico (vida útil de 2 años)				\$ 118.250
Depreciación equipo y herramientas (pala, azadón, tijera, rastrillo, martillo, bomba de espalda y termohigrómetro) (depreciación a 5 años).				\$ 55.861
Equipo de riego (depreciación a 5 años), línea recta.				\$ 201.250
Tutorado (depreciación a 3 años), línea recta.				\$ 381.944
<b>Subtotal costos indirectos</b>				<b>\$1.694.805</b>
<b>Total costos</b>				<b>\$9.580.306</b>

Fuente: Resultados del Estudio Corpoica - Tibaitatá, La Selva. Año 2010



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bishop, C. E.; Toussaint, W. D. (1991). *Introducción al análisis de economía agrícola*. Ed. Limusa. 1 ed. México D.F. 262 p.
- Jaramillo, J.; Rodríguez V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Manual Técnico. Mana, Corpoica, C.I. La Selva. FAO. Medellín, Colombia. 314 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR. (2010). *Sistema de información de precios del sector agropecuario –Sipsa–, Corporación Colombia Internacional –CCI–, febrero-marzo*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR. (2006). *Guía Ambiental Hortofrutícola de Colombia*. Bogotá, Colombia. 90 p.
- Rucoba G. A.; Anchondo N. A.; Luján A. C.; Olivas G. JM. (2006). *Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua*. En: Revista Mexicana de Agronegocios. Julio-diciembre. Vol X, N° 019. Universidad Autónoma de la Laguna. Torreón, México. 11 p.
- Terán, C.; Valenzuela, M.; Villaneda, E.; Sánchez, G.; Hío, J. (2007). *Manejo de Riego y Fertirrigación en tomate bajo cubierta en la Sabana de Bogotá*. Manual Técnico. Corpoica – C.I. Tibaitatá. Bogotá, Colombia. 62 p.





Producción editorial:  
Diagramación, impresión y encuadernación



[www.produmédios.org](http://www.produmédios.org)  
Tel: 8937710



Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural  
República de Colombia

Libertad y Orden



BIBLIOTECA AGRONÓMICA DE COLOMBIA

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

ISBN: 978-958-740-120-2



9 789587 401202