

# Modelo tecnológico

para el cultivo del **tomate** bajo  
condiciones protegidas en el oriente  
antioqueño

# Modelo tecnológico para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño

## **Autores**

Jorge Jaramillo Noreña  
Carolina Valencia Cardona  
Paula Andrea Aguilar  
Miryam Guzmán Arroyave

Mosquera, Colombia, 2013

Modelo tecnológico para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño / Jorge Jaramillo Noreña [y otros tres]. – Colombia: Corpoica, 2013.

264 páginas: ilustraciones, datos numéricos

Incluye referencias bibliográficas

ISBN e-Book: 978-958-740-209-4

1. *Lycopersicon esculentum* 2. Cultivo bajo cubierta vegetal 3. Riego por goteo 4. Siembra 5. Gestión de lucha integrada 6. Comercialización 7. Análisis de costos 8. Antioquia (Colombia) I. Jaramillo Noreña, Jorge II. Valencia Cardona, Carolina III. Aguilar, Paula Andrea IV. Guzmán Arroyave, Miryam.

**Palabras clave normalizadas según Tesoro Multilingüe de Agricultura Agrovoc**

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica**

Centro de Investigación La Selva. Kilómetro 7, vía a Las Palmas, vereda Llano Grande, Antioquia. Código postal 054040, Colombia.

Esta publicación es el resultado del convenio de cooperación 0181 de 2013 (Contrato 1810) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

**Serie:** Modelos productivos

**Preparación editorial**

Editorial Corpoica

editorial.corpoica@corpoica.org.co

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co



[https://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](https://co.creativecommons.org/?page_id=13)

**Citación sugerida:** Jaramillo-Noreña, J. E., Valencia-Cardona, C., Aguilar-Aguilar, P. A., Guzmán-Arroyave, M. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

**Cláusula de responsabilidad:** Corpoica no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

## Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>Visión general del estado del cultivo de tomate .....</b>	<b>20</b>
Descripción del área geográfica .....	20
Dinámica económica regional .....	23
Áreas óptimas para la producción .....	23
Potencial de la región para el desarrollo de cultivos .....	24
Distribución del cultivo en el mundo, en el país y la región .....	25
En el mundo.....	25
En el país.....	26
En el departamento.....	27
<b>Capítulo II</b>	
<b>Producción bajo condiciones protegidas.....</b>	<b>28</b>
Tipo de cultivo.....	28
Mejoramiento de la calidad de los frutos .....	28
Protección contra plagas .....	29
Incremento de rendimientos .....	29
¿Qué es un invernadero? .....	29
Clasificación de los invernaderos .....	30
Tipos de invernadero según su estructura.....	32
Invernadero tipo túnel o arco .....	33
Invernadero tipo semitúnel o cilíndrico .....	34
Invernadero tipo capilla .....	34
Invernadero tipo plano o parral .....	35
Invernadero tipo dientes de sierra .....	36
Ventajas del cultivo bajo condiciones protegidas.....	37
Desventajas del cultivo bajo condiciones protegidas.....	39
Parámetros importantes para la elección, ubicación y construcción de un invernadero .....	39
Elección del tipo de invernadero .....	39
Ubicación del invernadero .....	40
Construcción del invernadero .....	41
Materiales empleados en la construcción de un invernadero .....	44
Mantenimiento del plástico.....	50
Manejo de los invernaderos en el Oriente Antioqueño.....	51
Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero .....	51
<b>Capítulo III</b>	
<b>Recurso genético.....</b>	<b>52</b>
Origen.....	52
Clasificación taxonómica del tomate.....	54
Valor nutricional y medicinal del tomate .....	55

Morfología .....	56
Raíz .....	56
Tallo .....	57
Hojas .....	57
Flores.....	58
Frutos .....	58
Semillas .....	60
Fenología del cultivo .....	62
Variedades de hábito determinado .....	63
Variedades de hábito indeterminado .....	63
Tipos de tomate y variedades sembradas en la región .....	64
Tomate tipo milano .....	65
Tomate tipo chonto .....	68
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Manejo del recurso suelo y características edafoclimáticas.....</b>	<b>71</b>
Los suelos .....	71
Características fisicoquímicas .....	71
Temperatura .....	72
Manejo de temperatura en el interior del invernadero .....	73
Alternativas para la reducción de temperaturas máximas.....	74
Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas .....	74
Humedad relativa .....	74
Manejo de la humedad relativa en el interior del invernadero .....	75
Alternativas para el aumento de la humedad relativa .....	75
Alternativas para bajar la humedad relativa .....	76
Luminosidad .....	76
<b>Capítulo V</b>	
<b>Sistemas de siembra y manejo agronómico.....</b>	<b>78</b>
Semilleros .....	78
Preparación del terreno .....	80
Densidades de siembra .....	81
Trasplante .....	82
Trasplante en el Oriente Antioqueño .....	84
Podas.....	85
Tipos de podas (recuadro 1).....	86
Tutorado .....	90
<b>Capítulo VI</b>	
<b>Riegos .....</b>	<b>93</b>
Requerimientos de agua en el cultivo .....	93
Sistema de riego usado en la región .....	95
Ventajas del riego por goteo .....	96
Frecuencia de aplicación de riego en el Oriente Antioqueño .....	97

<b>Capítulo VII</b>	
<b>Fertilización .....</b>	<b>98</b>
Función y deficiencias de los nutrientes .....	98
Disponibilidad y extracción de nutrientes .....	106
Limitantes del cultivo para la absorción de nutrientes .....	110
Análisis de suelos y su interpretación .....	111
Fuentes de fertilización orgánica y química .....	113
<b>Capítulo VIII</b>	
<b>Manejo integrado de plagas .....</b>	<b>115</b>
Componentes del manejo integrado de plagas.....	117
Descripción y manejo integrado de plagas .....	120
Muestreo y niveles críticos .....	121
Toma de muestras .....	121
Número de sitios que se van a muestrear .....	122
Plagas del suelo, semillero y sitio de trasplante .....	123
<b>Capítulo IX</b>	
<b>Manejo integrado de enfermedades .....</b>	<b>154</b>
Enfermedades causadas por hongos y oomicetos.....	158
Enfermedades causadas por bacterias .....	181
Enfermedades causadas por virus.....	193
Enfermedades causadas por nematodos .....	199
Enfermedades abióticas o no infecciosas.....	203
<b>Capítulo X</b>	
<b>Manejo de malezas .....</b>	<b>206</b>
<b>Capítulo XI</b>	
<b>Cosecha.....</b>	<b>209</b>
Maduración .....	210
Recomendaciones para la cosecha .....	211
Índice de cosecha .....	212
<b>Capítulo XII</b>	
<b>Poscosecha.....</b>	<b>214</b>
Selección .....	214
Preenfriamiento.....	215
Aire forzado .....	215
Hidrogenfriado .....	215
Limpieza y desinfección .....	216
Cloración del agua .....	217
Secado.....	218
Clasificación.....	219
Selección y clasificación.....	222
Empaque.....	223
Almacenamiento.....	226

Maduración .....	227
Tratamiento con etileno para maduración .....	228
Buenas prácticas agrícolas durante la cosecha y poscosecha del tomate .....	228
<b>Capítulo XIII</b>	
<b>Transformación .....</b>	<b>232</b>
Tomates en conserva .....	232
Salsa de tomate .....	233
<b>Capítulo XIV</b>	
<b>Mercados y comercialización .....</b>	<b>235</b>
Nacionales .....	235
Mercados .....	235
Canales de comercialización .....	235
Tipos y prácticas de negociación .....	237
Mercado internacional .....	238
<b>Capítulo XV</b>	
<b>Costos de producción del tomate bajo condiciones protegidas .....</b>	<b>243</b>
Definiciones .....	243
Costos .....	243
Inversión .....	243
Análisis de la composición del costo .....	245
Análisis de la estructura de costos de producción .....	246
Indicadores de resultados .....	250
Rentabilidad .....	251
Ingresos .....	252
<b>Bibliografía .....</b>	<b>253</b>

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa del Oriente Antioqueño .....	20
<b>Figura 2.</b> Principales hortalizas cultivadas a nivel mundial .....	26
<b>Figura 3.</b> Distribución porcentual del área sembrada de tomate, según departamento .....	27
<b>Figura 4.</b> Invernadero tradicional del Oriente Antioqueño .....	30
<b>Figura 5.</b> Invernaderos climatizados .....	30
<b>Figura 6.</b> Invernadero semiclimatizado .....	31
<b>Figura 7.</b> Invernadero no climatizado.....	32
<b>Figura 8.</b> Tipos de estructura de invernaderos .....	32
<b>Figura 9.</b> Invernadero tipo túnel o arco .....	33
<b>Figura 10.</b> Invernadero multitúnel.....	34
<b>Figura 11.</b> Invernadero tipo capilla.....	35
<b>Figura 12.</b> Invernadero tipo plano o parral .....	36
<b>Figura 13.</b> Invernadero tipo dientes de sierra .....	37
<b>Figura 14.</b> Orientación del invernadero de acuerdo con el sol y los vientos dominantes .....	42
<b>Figura 15.</b> Dimensiones de un invernadero tipo capilla .....	43
<b>Figura 16.</b> Orientación del invernadero .....	44
<b>Figura 17.</b> Efecto invernadero.....	46
<b>Figura 18.</b> Centro de origen del cultivo de tomate .....	52
<b>Figura 19.</b> Hoja de planta de tomate .....	57
<b>Figura 20.</b> Flor del tomate.....	58
<b>Figura 21.</b> Formas de los frutos de tomate.....	59
<b>Figura 22.</b> Frutos tetraloculares .....	60
<b>Figura 23.</b> Fruto plurilocular .....	60
<b>Figura 24.</b> Semillas del tomate .....	61
<b>Figura 25.</b> Semillas de tomate dentro de la pulpa del fruto.....	61
<b>Figura 26.</b> Fases fenológicas de un cultivo de tomate bajo invernadero.....	62
<b>Figura 27.</b> Tomate de crecimiento determinado .....	63
<b>Figura 28.</b> Tomate de crecimiento indeterminado.....	64
<b>Figura 29.</b> Tomate tipo milano.....	65
<b>Figura 30.</b> Tomate tipo riñón .....	66
<b>Figura 31.</b> Consecuencias de la humedad relativa alta o baja .....	75
<b>Figura 32.</b> Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero .....	77
<b>Figura 33.</b> Plántulas de tomate en semillero .....	78
<b>Figura 34.</b> Recomendaciones para producir sus propias plántulas.....	79
<b>Figura 35.</b> Preparación de suelos. ....	81
<b>Figura 36.</b> Recomendaciones para realizar el trasplante de plántulas de tomate..	83
<b>Figura 37.</b> Plántulas listas para el trasplante .....	83
<b>Figura 38.</b> Plántulas de tomate en cajas de cartón .....	84
<b>Figura 39.</b> Trasplante a campo .....	85

<b>Figura 40.</b> Podas de formación .....	87
<b>Figura 41.</b> Brote o chupón en el tamaño ideal para eliminar (A) y brote eliminado sin ocasionar daño a la planta (B) .....	87
<b>Figura 42.</b> Poda de fruto pequeño que se elimina para facilitar el crecimiento de los otros (A) y poda de frutos con daño fisiológico (B) .....	88
<b>Figura 43.</b> Poda de hojas. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado .....	88
<b>Figura 44.</b> Poda de yema terminal o despunte .....	89
<b>Figura 45.</b> Método adecuado de recolección de los residuos de poda .....	89
<b>Figura 46.</b> Sistema de ganchos para guía de la planta .....	90
<b>Figura 47.</b> Sistema de colgado con gancho de alambre .....	91
<b>Figura 48.</b> Argollas o abrazaderas de plástico para el amarre de las plantas .....	91
<b>Figura 49.</b> Sistema de riego por goteo .....	95
<b>Figura 50.</b> Planta con deficiencia de nitrógeno .....	99
<b>Figura 51.</b> Plantas con exceso de nitrógeno .....	99
<b>Figura 52.</b> Plantas con deficiencia de fósforo en hojas .....	100
<b>Figura 53.</b> Síntoma de deficiencia de potasio en hojas .....	100
<b>Figura 54.</b> Síntoma de deficiencia de potasio en frutos .....	101
<b>Figura 55.</b> Deficiencia de calcio .....	102
<b>Figura 56.</b> Deficiencia de magnesio .....	102
<b>Figura 57.</b> Deficiencia de hierro .....	103
<b>Figura 58.</b> Deficiencia de manganeso .....	104
<b>Figura 59.</b> Deficiencia de zinc .....	104
<b>Figura 60.</b> Deficiencia de boro .....	105
<b>Figura 61.</b> Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo .....	108
<b>Figura 62.</b> Toma de submuestras en el lote .....	111
<b>Figura 63.</b> Toma de muestras de suelo .....	112
<b>Figura 64.</b> Doble puerta o precámara a la entrada del invernadero (A) y adecuada remoción de plantas enfermas (B) .....	116
<b>Figura 65.</b> Larva afectada por hongo fitopatógeno .....	118
<b>Figura 66.</b> Trampa con feromonas para la captura de adulto de gusano cogollero <i>Tuta absoluta</i> (A) y trampa de luz para la captura de insectos (B) .....	118
<b>Figura 67.</b> Trampa azul para captura de insectos (A) y trampa amarilla para captura de insectos (B) .....	119
<b>Figura 68.</b> Parasitismo de huevos por <i>Trichogramma</i> sp. ....	119
<b>Figura 69.</b> Ataque de plagas según el estado de desarrollo del cultivo .....	120
<b>Figura 70.</b> Babosas .....	124
<b>Figura 70.</b> Larva de trozador .....	125
<b>Figura 72.</b> Larva de chiza o mojojy .....	126
<b>Figura 73.</b> Adulto de mosca blanca en hojas .....	128
<b>Figura 74.</b> Producción de fumagina por daño de mosca blanca que afecta los frutos .....	128

<b>Figura 75.</b> Uso de aspiradora para el control de mosca blanca .....	130
<b>Figura 76.</b> Ninfas de <i>T. vaporariorum</i> parasitadas .....	130
<b>Figura 77.</b> Adulto de <i>Trips</i> .....	131
<b>Figura 78.</b> Daño en hoja por <i>Trips</i> .....	132
<b>Figura 79.</b> Daño por minador en hojas.....	133
<b>Figura 80.</b> Adulto de minador de hoja <i>Liriomyza sativae</i> .....	134
<b>Figura 80.</b> Pulgones chupadores de follaje .....	135
<b>Figura 82.</b> Adulto de <i>Chrysoperla</i> .....	137
<b>Figura 83.</b> Adultos de Coccinelidae .....	137
<b>Figura 84.</b> Ácaros .....	139
<b>Figura 85.</b> Ácaro del bronceado y ácaro blanco .....	139
<b>Figura 86.</b> Adultos de <i>Chrysomelidae</i> .....	141
<b>Figura 87.</b> Perforaciones en el follaje por <i>Chrysomelidae</i> .....	141
<b>Figura 88.</b> Larvas masticadoras del follaje.....	143
<b>Figura 89.</b> Larva de gusano cachón .....	143
<b>Figura 90.</b> Minaduras en hojas por daño de cogollero .....	145
<b>Figura 91.</b> Larva en ataque al cogollo .....	145
<b>Figura 92.</b> Hojas pegadas por larva de cogollero .....	145
<b>Figura 93.</b> Perforaciones en fruto por cogollero .....	146
<b>Figura 94.</b> Trampas de luz, trampas con feromona.....	147
<b>Figura 95.</b> Adulto del pasador del fruto .....	148
<b>Figura 96.</b> Larva del pasador del fruto .....	148
<b>Figura 97.</b> Daño por pasador del fruto .....	148
<b>Figura 98.</b> Daño causado al fruto por <i>Prodiplosis</i> .....	150
<b>Figura 99.</b> Larva de <i>Heliothis virescens</i> que causa daño en fruto .....	151
<b>Figura 100.</b> Síntoma de gota ( <i>P. infestans</i> ) en hojas .....	160
<b>Figura 101.</b> Síntoma de gota ( <i>P. infestans</i> ) en tallo.....	160
<b>Figura 102.</b> Síntoma de gota en frutos .....	160
<b>Figura 103.</b> Mancha de <i>Alternaria</i> en hojas .....	162
<b>Figura 104.</b> Mancha de <i>Alternaria</i> en tallo.....	162
<b>Figura 105.</b> Daño por <i>Alternaria solani</i> en fruto .....	163
<b>Figura 106.</b> Síntomas de carate, <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i> en tallo ....	164
<b>Figura 107.</b> Síntomas de carate, <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i> en fruto ...	165
<b>Figura 108.</b> Lesiones causadas por <i>Botrytis cinerea</i> en la inflorescencia .....	166
<b>Figura 109.</b> Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) en frutos .....	167
<b>Figura 110.</b> Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) en tallo .....	167
<b>Figura 111.</b> Daño por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en tallo principal.....	168
<b>Figura 112.</b> Esclerocios de color negro dentro de tallos.....	169
<b>Figura 113.</b> Marchitez de la planta afectada por <i>F. oxysporum</i> .....	170
<b>Figura 114.</b> Oscurecimiento del sistema vascular característico de la presencia de <i>F. oxysporum</i> .....	170
<b>Figura 115.</b> Planta afectada por <i>Esclerotium rolfsii</i> .....	172

<b>Figura 116.</b> Cenicilla en tallo .....	173
<b>Figura 117.</b> Cenicilla en hojas .....	173
<b>Figura 118.</b> Daños por moho clorótico ( <i>Cladosporium</i> Link: Fr) en el haz y el envés de las hojas.....	175
<b>Figura 119.</b> Síntoma de antracnosis en fruto .....	176
<b>Figura 120.</b> Daño por fumagina ( <i>Cladosporium fulvum</i> ) favorecido por la presencia de insectos .....	177
<b>Figura 121.</b> Daño por fumagina ( <i>Cladosporium fulvum</i> ) en hojas .....	178
<b>Figura 122.</b> Daño por fumagina ( <i>Cladosporium fulvum</i> ) en frutos .....	178
<b>Figura 123.</b> Daño en semilleros por complejo de hongos.....	179
<b>Figura 124.</b> Daño por complejo de hongos .....	180
<b>Figura 125.</b> Lesiones por <i>Xanthomonas</i> en hojas de tomate .....	182
<b>Figura 126.</b> Lesiones por <i>Xanthomonas</i> en sépalos .....	182
<b>Figura 127.</b> Lesiones por <i>Xanthomonas</i> en frutos.....	183
<b>Figura 128.</b> Síntoma de marchitez por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	184
<b>Figura 129.</b> Tejido medular hueco por ataque de <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	185
<b>Figura 130.</b> Marchitamiento en hojas superiores por <i>Erwinia carotovora</i> .....	186
<b>Figura 131.</b> Tallo afectado por <i>Erwinia carotovora</i> .....	187
<b>Figura 132.</b> Planta afectada por <i>Pseudomonas</i> sp. ....	188
<b>Figura 133.</b> Secamiento de hojas ocasionado por la bacteria en la rama .....	190
<b>Figura 134.</b> Daños en tallo ocasionados por <i>C. michiganensis</i> .....	190
<b>Figura 135.</b> Marchitez ocasionada por <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	192
<b>Figura 136.</b> Síntoma típico del virus del mosaico del tabaco .....	194
<b>Figura 137.</b> Virus del mosaico del tabaco en frutos .....	195
<b>Figura 138.</b> Síntoma del virus del mosaico amarillo del tomate.....	195
<b>Figura 139.</b> Virus TSWV en hojas.....	197
<b>Figura 140.</b> Virus TSWV en frutos .....	197
<b>Figura 141.</b> Comparación entre planta de tomate afectada por virus de la cuchara del tomate (izquierda) y planta sana (derecha). .....	198
<b>Figura 142.</b> Síntomas característicos de virus de la cuchara del tomate en hojas. Se observa el encrespamiento de las hojas hacia el haz.....	199
<b>Figura 143.</b> Raíz atacada por nematodos .....	201
<b>Figura 144.</b> Síntomas de plantas atacadas por nematodos .....	202
<b>Figura 145.</b> Deficiencia de calcio.....	203
<b>Figura 146.</b> Deficiencia de nitrógeno .....	204
<b>Figura 147.</b> 'Cara de gato' .....	204
<b>Figura 148.</b> Golpe de sol, escaldadura .....	205
<b>Figura 149.</b> Tipos de madurez .....	210
<b>Figura 150.</b> Canastilla utilizada para la recolección y transporte de tomate .....	211
<b>Figura 151.</b> Daño por impacto causado al tomate .....	212
<b>Figura 152.</b> Carta de color del tomate – grados de madurez .....	212
<b>Figura 153.</b> Operaciones poscosecha de tomate .....	214

<b>Figura 154.</b> Barras para la clasificación del tomate.....	220
<b>Figura 155.</b> Presentación del tomate para comercialización en supermercados ..	220
<b>Figura 156.</b> Niveles de clasificación del tomate .....	221
<b>Figura 157.</b> Sala poscosecha .....	222
<b>Figura 158.</b> Empaques más utilizados para la comercialización del tomate .....	225

## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Subregiones del Oriente Antioqueño.....	21
<b>Tabla 2.</b> Descripción taxonómica del tomate .....	54
<b>Tabla 3.</b> Composición por 100 gramos de porción comestible de tomate.....	55
<b>Tabla 4.</b> Ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo milano más sembrados en la región del Oriente Antioqueño.....	67
<b>Tabla 5.</b> Ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo chonto más sembrados en la región del Oriente Antioqueño.....	68
<b>Tabla 6.</b> Características físicas .....	71
<b>Tabla 7.</b> Características químicas .....	72
<b>Tabla 8.</b> Temperaturas y efectos producidos en el tomate .....	72
<b>Tabla 9.</b> Relación de las temperaturas en los estados de desarrollo de las plantas	73
<b>Tabla 10.</b> Distancias de siembra del tomate, según tipo de ramificación.....	82
<b>Tabla 11.</b> Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero .....	94
<b>Tabla 12.</b> Limitantes en nutrientes de acuerdo con las condiciones del suelo .....	107
<b>Tabla 13.</b> Aporte de nutrientes de algunos fertilizantes .....	109
<b>Tabla 14.</b> Interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de tomate.....	113
<b>Tabla 15.</b> Métodos o técnica para un manejo integrado de plagas en invernadero con un enfoque de buenas prácticas agrícolas.....	115
<b>Tabla 16.</b> Descripción y daño causado por babosas .....	124
<b>Tabla 17.</b> Manejo integrado de babosas .....	124
<b>Tabla 18.</b> Descripción y daño causado por tierreros y trozadores.....	125
<b>Tabla 19.</b> Manejo integrado de tierreros y trozadores .....	126
<b>Tabla 20.</b> Descripción y daño causado por Chiza, mojoy o cucarrón marceño ..	126
<b>Tabla 21.</b> Manejo integrado de chiza, mojoy o cucarrón marceño .....	127
<b>Tabla 22.</b> Descripción y daño causado por chupadores o minadores de follaje....	127
<b>Tabla 23.</b> Manejo integrado de mosca blanca.....	129
<b>Tabla 24.</b> Descripción y daño causado por <i>Trips</i> .....	131
<b>Tabla 25.</b> Manejo integrado de <i>Trips</i> .....	132
<b>Tabla 26.</b> Descripción y daño causado por minadores de la hoja .....	133
<b>Tabla 27.</b> Manejo integrado de minadores de la hoja .....	134
<b>Tabla 28.</b> Descripción y daño causado por áfidos o pulgones .....	135
<b>Tabla 29.</b> Manejo integrado de áfidos o pulgones .....	136
<b>Tabla 30.</b> Descripción y daño causado por ácaros o arañuelas.....	138
<b>Tabla 31.</b> Manejo integrado de ácaros o arañuelas .....	140
<b>Tabla 32.</b> Descripción y daño causado por plagas masticadoras de follaje.....	140
<b>Tabla 33.</b> Manejo integrado de pulguitas, cucarroncitos del follaje y cucarrones perforadores de las hojas .....	142
<b>Tabla 34.</b> Descripción y daño causado por gusanos masticadores del follaje .....	142
<b>Tabla 35.</b> Manejo integrado de gusanos masticadores del follaje .....	144
<b>Tabla 36.</b> Descripción y daño causado por perforadores del fruto .....	144

**Tabla 37.** Manejo integrado de cogollero del tomate .....146

**Tabla 38.** Descripción y daño causado por el pasador del fruto..... 147

**Tabla 39.** Manejo integrado de pasador del fruto.....149

**Tabla 40.** Descripción y daño causado por *Prodiplosis* .....149

**Tabla 41.** Manejo integrado de *Prodiplosis*.....150

**Tabla 42.** Descripción y daño de *Heliopsis* .....151

**Tabla 43.** Manejo integrado de *Heliopsis*.....152

**Tabla 44.** Descripción y daño del Minador del tallo del tomate .....152

**Tabla 45.** Manejo integrado del minador del tallo del tomate .....152

**Tabla 46.** Enfermedades del tomate ocasionadas por hongos y oomicetos .....158

**Tabla 47.** Descripción y daño de gota, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary).....159

**Tabla 48.** Manejo integrado de gota, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) .....161

**Tabla 49.** Descripción y daño de la Mancha de Alternaria, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.) .....161

**Tabla 50.** Manejo integrado de la mancha de Alternaria, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.) .....163

**Tabla 51.** Descripción y daño de carate, pudrición del fruto (*Phoma andina* var. *crystalliniformis*) .....164

**Tabla 52.** Manejo integrado de carate, pudrición del fruto (*Phoma andina* var. *crystalliniformis*) .....165

**Tabla 53.** Descripción y daño del Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) .....166

**Tabla 54.** Manejo integrado de Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) .....167

**Tabla 55.** Descripción y daño del moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) .....168

**Tabla 56.** Manejo integrado de moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) .....169

**Tabla 57.** Descripción y daño de marchitez vascular, Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans) .....170

**Tabla 58.** Manejo integrado de marchitez vascular, Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans) .....171

**Tabla 59.** Descripción y daño de pudrición del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.)..171

**Tabla 60.** Manejo integrado de pudrición del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.))...172

**Tabla 61.** Descripción y daño de cenicilla, Oidium, mildew polvoso (*Oidium* Link)172

**Tabla 62.** Manejo integrado de cenicilla, Oidium, mildew polvoso (*Oidium* Link)..174

**Tabla 63.** Descripción y daño del moho clorótico, Cladosporium, Fulvia (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr. ....174

**Tabla 64.** Manejo integrado de moho clorótico, Cladosporium, Fulvia (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr. ....175

<b>Tabla 65.</b> Descripción y daño de antracnosis del fruto ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.)) .....	176
<b>Tabla 66.</b> Manejo integrado de antracnosis del fruto ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.)) .....	177
<b>Tabla 67.</b> Descripción y daño de la fumagina ( <i>Cladosporium fulvum</i> (Cooke)) ....	177
<b>Tabla 68.</b> Manejo integrado de fumagina ( <i>Cladosporium fulvum</i> (Cooke)) .....	178
<b>Tabla 69.</b> Descripción y daño de pudrición de plántulas, <i>damping-off</i> , pata seca (complejo de hongos: <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp., <i>Sclerotium</i> sp.) .....	179
<b>Tabla 70.</b> Manejo integrado de pudrición de plántulas, <i>damping-off</i> , pata seca (complejo de hongos: <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp., <i>Sclerotium</i> sp.) .....	180
<b>Tabla 71.</b> Enfermedades del tomate ocasionadas por bacterias .....	181
<b>Tabla 72.</b> Descripción y daño de mancha bacterial, <i>Xanthomonas</i> ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> (Doidge) Dye) .....	181
<b>Tabla 73.</b> Manejo integrado de mancha bacterial, <i>Xanthomonas</i> ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> (Doidge) Dye) .....	183
<b>Tabla 74.</b> Descripción y daño de huequera, tallo hueco, popillo ( <i>Erwinia chrysanthemi</i> Burkholder <i>et al.</i> ) .....	184
<b>Tabla 75.</b> Manejo integrado de huequera, tallo hueco, popillo ( <i>Erwinia chrysanthemi</i> Burkholder <i>et al.</i> ) .....	185
<b>Tabla 76.</b> Descripción y daño de marchitez, pudrición suave, <i>Erwinia</i> ( <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> (Jones) Bergey) .....	186
<b>Tabla 77.</b> Manejo integrado de marchitez, pudrición suave, <i>Erwinia</i> ( <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> (Jones) Bergey) .....	187
<b>Tabla 78.</b> Descripción y daño de pudrición medular ( <i>Pseudomonas</i> sp.) .....	188
<b>Tabla 79.</b> Manejo integrado de pudrición medular ( <i>Pseudomonas</i> sp.) .....	189
<b>Tabla 80.</b> Descripción y daño del cáncer bacterial ( <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ) .....	189
<b>Tabla 81.</b> Manejo integrado de cáncer bacterial ( <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ) .....	191
<b>Tabla 82.</b> Descripción y daño de marchitez bacteriana, dormidera, <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi <i>et al.</i> (= <i>Pseudomonas solanacearum</i> ) .....	191
<b>Tabla 83.</b> Manejo integrado de marchitez bacteriana, dormidera, <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi <i>et al.</i> (= <i>Pseudomonas solanacearum</i> ) .....	193
<b>Tabla 84.</b> Enfermedades del tomate ocasionadas por virus .....	193
<b>Tabla 85.</b> Descripción y daño del virus del mosaico del tabaco, Tobacco Mosaic Virus (TMV) .....	194
<b>Tabla 86.</b> Descripción y daño del virus del mosaico amarillo del tomate, Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV) .....	195
<b>Tabla 87.</b> Práctica cultural del virus del mosaico amarillo del tomate, Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV) .....	196

**Tabla 88.** Descripción y daño del Virus de la marchitez bronceada del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV).....196

**Tabla 89.** Práctica cultural del virus de la marchitez bronceada del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV).....197

**Tabla 90.** Descripción y daño del virus de la cuchara del tomate, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV).....198

**Tabla 91.** Práctica cultural del virus de la cuchara del tomate, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV).....199

**Tabla 92.** Nematodos asociados a la planta de tomate .....200

**Tabla 93.** Descripción y daño del nematodo del nudo de la raíz (*M. incognita*, *M. javanica*).....201

**Tabla 94.** Manejo integrado de nematodos del nudo de la raíz (*M. incognita*, *M. javanica*).....202

**Tabla 95.** Clasificación de los estados de madurez.....213

**Tabla 96.** Concentración mínima de cloro en ppm requerida para el control de hongos y bacterias en frutas y hortalizas.....217

**Tabla 97.** 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 .....218

**Tabla 98.** Escala establecida del tamaño de los tomates redondos y acanalados o alargados. ....219

**Tabla 99.** Grados de coloración en la madurez del tomate .....222

**Tabla 100.** Tasa de respiración de tomate a diferentes temperaturas y grados de madurez, expresada en mL/CO<sub>2</sub>/kg h.....226

**Tabla 101.** Calor de respiración en kcal/kg h para tomate refrigerado y a temperatura ambiente en dos estados de madurez .....226

**Tabla 102.** Evolución del grado de madurez del tomate almacenado a diferentes temperaturas y grados de madurez .....227

**Tabla 103.** Costos variables o directos y costos fijos o indirectos .....244

**Tabla 104.** Inversión para el establecimiento de un área de 1000 m<sup>2</sup> de cultivo de tomate bajo invernadero. Año 2012.....246

**Tabla 105.** Estructura de costos de producción estimada para 1000 m<sup>2</sup> de cultivo en tomate chonto bajo invernadero y su participación en el costo. Año 2013.....247

**Tabla 106.** Costos de producción detallados para un cultivo de 1000 m<sup>2</sup> en tomate chonto bajo invernadero.....247

**Tabla 107.** Indicadores económicos de cultivo de 1000 m<sup>2</sup> de tomate chonto bajo invernadero.....250

**Tabla 108.** Costos de producción para un área de 1000 m<sup>2</sup> de tomate bajo invernadero, año 2010, actualizados a 2012 .....251

## Listado de recuadros

<b>Recuadro 1.</b> Tipos de podas .....	86
<b>Recuadro 2.</b> Función y deficiencias de nitrógeno, fosforo y potasio.....	98
<b>Recuadro 3.</b> Función y deficiencias de calcio, magnesio y azufre.....	101
<b>Recuadro 4.</b> Función y deficiencias de hierro, manganeso y zinc.....	103
<b>Recuadro 5.</b> Función y deficiencias de boro, cobre y molibdeno .....	105
<b>Recuadro 6.</b> Función y deficiencias de cloro y níquel .....	106
<b>Recuadro 7.</b> Componentes del manejo integrado de plagas.....	117
<b>Recuadro 8.</b> Componentes del manejo integrado de enfermedades.....	155
<b>Recuadro 9.</b> Componentes del manejo integrado de malezas .....	207
<b>Recuadro 10.</b> Buenas prácticas agrícolas durante la cosecha del tomate.....	229
<b>Recuadro 11.</b> Buenas prácticas agrícolas durante la poscosecha del tomate .....	230
<b>Recuadro 12.</b> Buenas prácticas agrícolas durante el transporte y la refrigeración	230
<b>Recuadro 13.</b> Etapas del procesamiento de tomate triturado.....	233

## Introducción

La dinámica social, económica y cultural que se viene presentando en el mundo ha traído consigo una serie de cambios en el estilo de vida de la población; un ejemplo de estos son las tendencias de consumo de alimentos sanos e inocuos provenientes de explotaciones agrícolas que respetan el ambiente y se preocupan por la integridad y salud de sus empleados. En este sentido, las hortalizas han venido desempeñando un papel muy importante, dado que las tendencias que se mencionaron han llevado a que las personas tengan una mayor conciencia sobre el cuidado de su salud, que las lleva a buscar alimentos y dietas más equilibrados, con menor consumo de carbohidratos, aceites y grasas y un mayor consumo de fibra dietaria, vitaminas y minerales, fundamentado, en parte, en las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizada por un mayor confort y sedentarismo.

Otro factor determinante es la conciencia en cuanto a la calidad de la alimentación, en la que se busca aumentar el consumo de hortalizas por su alto valor nutricional, lo cual ha llevado a la creación de campañas institucionales, como la denominada “Cinco al Día”, que invitan a comer cinco alimentos entre frutas y hortalizas en el día, con el fin de disminuir la naciente enfermedad del sobrepeso que se presenta en niños y jóvenes a causa del consumo excesivo de alimentos denominados “comida chatarra”.

Teniendo en cuenta lo anterior, y en vista de que el sector agrícola colombiano, en especial la región del Oriente Antioqueño, debe cumplir con las expectativas puestas en él para producir alimentos sanos e inocuos y que a la vez contribuyan a mejorar los índices de los sistemas productivos, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) enfoca sus esfuerzos en el desarrollo de alternativas de mejora tecnológica que orienten la sostenibilidad económica, social y ambiental de los diferentes sistemas productivos. En particular, en pro de contribuir con el desarrollo del cultivo del tomate bajo condiciones protegidas, busca transferir estas tecnologías a través de metodologías con el presente modelo productivo como una herramienta que difunde en forma clara y precisa los conocimientos técnicos y tecnológicos, de todas las prácticas desarrolladas, que contribuyan al mejoramiento del manejo agronómico.

Una de las mayores preocupaciones de los productores es la de alcanzar altos volúmenes de producción, calidad e inocuidad; estos interrogantes se pueden resolver mediante la aplicación de un *modelo de agricultura protegida*. El cultivo del tomate

bajo condiciones protegidas, tipo invernadero, brinda la oportunidad de controlar temperatura, humedad relativa, corrientes de aire, así como el control y dosificación de los fertilizantes, lo que se traduce en altos incrementos en la productividad y lleva a ser más altamente competitivos. Además, brinda la oportunidad del desarrollo del cultivo en suelos deteriorados, con presencia de plagas y en áreas con problemas de aguas y permite pasar de una producción extensiva a una intensiva. Para lograrlo las plantas deben reunir condiciones óptimas para su desarrollo.

# Capítulo I

## Visión general del estado del cultivo de tomate

### Descripción del área geográfica

La región del Oriente, en el departamento de Antioquia (figura 1), comprende 23 municipios que ocupan un territorio de 7.021 km<sup>2</sup> (11% de Antioquia y 0,6% de Colombia). Según el censo realizado en el 2005, en la región se encuentran cerca de 522.819 habitantes, de los cuales el 55% vive en las zonas urbanas y el 45% en las zonas rurales. Se caracteriza por ser una zona rica en diversidad biofísica y en aguas, con las cuencas de los ríos Nare, Negro, El Buey, Calderas, Rioclaro, Samaná Norte y Samaná Sur.



**Figura 1.** Mapa del Oriente Antioqueño  
Fuente: Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño.

El Oriente Antioqueño comprende cuatro subregiones (tabla 1).

**Tabla 1.** Subregiones del Oriente Antioqueño

Subregión	Municipios	Características
<b>Altiplano</b>	Rionegro, La Ceja, El Carmen de Viboral, Marinilla, Guarne, Santuario, San Vicente, La Unión y El Retiro.	Concentra el 60% de la población. Es la subregión más desarrollada del Oriente, especialmente en áreas de servicios, industria y comercio y, en menor medida, en la producción tecnificada de agricultura.
<b>Embalses</b>	Alejandría, Concepción, Granada, Guatapé, El Peñol, San Carlos y San Rafael.	Estos municipios vieron buena parte de sus tierras agrícolas inundadas por la construcción de embalses para la generación de energía hidroeléctrica. Por esto, la economía campesina, que era la vocación de su población, decayó y fue cambiada por el turismo.
<b>Páramo</b>	Abejorral, Sonsón, Nariño y Argelia	El 66,6% es una población principalmente rural que vive de la agricultura y produce hortalizas, café, panela, papa, frijol, maíz, frutales y ganado de leche.
<b>Bosques</b>	Cocorná, San Francisco y San Luis	Subregión esencialmente rural (70,7% de la población); combina la economía campesina, la silvicultura y el comercio informal, pues es atravesada por la autopista Medellín-Bogotá.

Fuente: adaptada de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2010). *Oriente Antioqueño: análisis de la conflictividad*.

La excelente infraestructura vial y de comunicaciones de esta región, sumada a su dinámica industrial, la ha llevado a albergar el principal aeropuerto de Antioquia, "José María Córdova"; gracias a estas condiciones ofrece a sus visitantes de origen local, nacional e internacional un sinnúmero de agradables y tradicionales oportunidades de turismo y de negocios.

En la Resolución 041 de 1996 se determinan las extensiones de las unidades agrícolas familiares, por zonas relativamente homogéneas, en los municipios situados en las áreas de influencia de las respectivas gerencias regionales.

Mediante la Resolución 017 de 1995 se adoptaron los criterios metodológicos para determinar la unidad agrícola familiar, por zonas relativamente homogéneas. Se tuvieron en cuenta aspectos similares de cada zona en su fisiografía, dentro de los cuales se destacan los relativos a la potencialidad productiva agropecuaria de los suelos, el clima y los recursos hídricos, su desarrollo socioeconómico, la infraestructura vial, los servicios básicos, así como el encadenamiento a los mercados dentro y fuera de la zona. Corresponde a la junta directiva señalar las extensiones superficiarias en términos de unidades agrícolas familiares, en los procedimientos administrativos de adjudicación de tierras baldías y para otros efectos legales previstos en la Ley 160 de 1994 (Resolución 041 de 1996).

En cuanto a oferta ambiental, el Oriente Antioqueño presenta diversas tipologías de suelos, los cuales contienen materiales parentales que incluyen anfibolitas, serpentinitas y granodioritas que tienen varias unidades geológicas y geomorfológicas recubiertas –excepto las llanuras aluviales inundables– por capas de cenizas volcánicas dacíticas de hasta 10.000 años de edad y con espesores de 0,7 a 1,3 m, que conforman suelos ácidos, probablemente de miles de años de edad, que han perdido parte de sus nutrientes, pese a lo cual presentan características favorables para preservar vegetación, materia orgánica y humedad; son ligeramente ácidos y se encuentran entre fuertemente ácidos (pH 4,6) y moderadamente ácidos (pH 5,6). Son suelos con altos contenidos de materia orgánica y bajos contenidos de N disponible y con deficiencias en nutrientes, especialmente fósforo. La presencia de materia orgánica y alófana les ha dado a los suelos la propiedad de mantenerse (si no hay efectos antrópicos severos) aun en marcadas pendientes, lo que les brinda la cualidad de retener agua, a pesar de su permeabilidad relativamente alta. Las propiedades físicas han favorecido la estabilidad de los suelos, que presentan una resistencia natural a la erosión, probablemente relacionada con periodos prolongados de abundante cobertura vegetal durante el proceso de consolidación de los suelos de la zona (Hermelin, 1992; Ramírez *et al.*, 2013).

Su temperatura oscila entre 5 y 18 °C, son estables la mayor parte del año y tienen regímenes de lluvia de 1600 a 2000 mm/año. Históricamente se presentan dos épocas anuales de mayor precipitación: abril-junio y septiembre-noviembre con 280 mm/mes de precipitación, mientras que los meses secos rondan los 50-70 mm/mes (Hermelin, 1992).

## Dinámica económica regional

Según Oriente Comercial Digital (2013), el Oriente Antioqueño representa un papel determinante en el desarrollo departamental y nacional, el cual lo posiciona como una zona geoestratégica por ser nodo del sistema eléctrico y energético del suroccidente colombiano, por contar con seis embalses y cinco centrales hidroeléctricas que generan el 29% de la energía nacional y el 73% del total departamental. De igual manera se caracteriza por ser nodo del sistema vial del país al articular la capital de la república con las costas Atlántica y Pacífica, el oriente y el occidente del país y a la vez comunica dos de los más grandes centros urbanos: Bogotá y Medellín.

Con base en lo anterior, en las últimas décadas el Oriente Antioqueño ha venido desarrollando un proceso de industrialización que ha estado sujeto a las dinámicas de crecimiento y evolución de la región, así como a un rápido desarrollo de infraestructura de servicios que ha estado ligado principalmente a la subregión del Altiplano, la cual cuenta con el aeropuerto internacional, zona franca y la más alta tasa de densidad vial de Antioquia (362,6 m/km<sup>2</sup>).

La región de Oriente aporta el 10,3% del valor agregado de Antioquia. Es la segunda región que más le aporta al PIB departamental. Los principales aportes del Oriente a la generación de valor agregado de las actividades productivas del departamento son los siguientes: agropecuaria, silvicultura y pesca: 11,3%; es la segunda región productora de leche en Antioquia y se destaca por sus riquezas en recursos naturales; a la vez el Oriente Antioqueño se destaca por ser exportador de textiles y confecciones, construcción, floricultura en general, lo que sumado a su amplia estructura comercial, hotelera, de transporte, almacenamiento y de comunicaciones la lleva a representar el 35,2% de los servicios sociales, comunales y personales del departamento (Adeproa, 2010).

## Áreas óptimas para la producción

En el departamento de Antioquia la producción de hortalizas se encuentra principalmente concentrada en la subregión Altiplano del Oriente Antioqueño, la cual, por su variedad de climas, tierras, conectividad física, grado de urbanización que respalda al sector rural, redes institucionales y vocación productiva en el campo, la convierten en la región, con Urabá, de mayor potencial productivo al representar

aproximadamente el 97% del área sembrada en hortalizas en el departamento, con unas 6.000 ha, que emplea unas 12.000 familias productoras y genera unos 23.000 empleos directos (Corpoica, 2007).

El Oriente Antioqueño ha orientado su vocación productiva hacia el cultivo de hortalizas (lechuga, tomate, cebolla, coliflor, brócoli, cilantro, zanahoria, remolacha, calabacín y pimentón), legumbres (frijol, habichuela, arveja), papa, maíz, frutales de clima frío, por ejemplo mora, uchuva, fresa, breva, tomate de árbol, aguacate, y pastos para ganadería, razón por la cual se señala que la mayoría de las zonas de los municipios de San Vicente, El Peñol, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión y Marinilla, y parte de los municipios de Guatapé, Sonsón, Abejorral, Rionegro y El Carmen de Viboral, además de manera muy especial la zona del Distrito Agrario como zona agrícola productiva, tienen gran vocación para el cultivo de frutales y hortalizas de clima frío.

Por su importancia regional, se evidencia la necesidad de tecnificar los cultivos con el desarrollo e implementación de sistemas productivos locales más limpios, capacitación a los cultivadores en procesos asociativos, fortalecimiento empresarial, estudios de mercado y canales de comercialización y distribución (Adeproa, 2010).

## Potencial de la región para el desarrollo de cultivos

Un factor importante de desarrollo para el Oriente está en que para la región fueron ampliadas las zonas de uso agrícola, tomando como referente importante los avances y propuestas en torno al Distrito Agrario y a la poca cantidad de tierras que se tienen disponibles para la producción agrícola. La Agencia para el Desarrollo Económico Adeproa promueve la iniciativa de desarrollar el Distrito Hortícola Agroindustrial del Oriente Antioqueño, articulado al Distrito Agrario, para impulsar en la región un proceso productivo hortícola agroindustrial en grande, con metas de siembra y proyectos específicos, como una propuesta de desarrollo rural orientada a proteger la actividad agropecuaria productora de alimentos, la economía campesina y promover el desarrollo sostenible. Esto se articula con los planes de desarrollo departamental, que quieren dar mayor importancia a los conglomerados productivos, estimulando la creación de territorios en los cuales se desarrollan estructuras productivas con prevalencia de acción conjunta y trabajo asociado. El reto principal es mejorar el entorno ambiental y la competitividad empresarial en el departamento de Antioquia,

a través de la producción bajo estándares de responsabilidad ambiental y social y del fomento de patrones de consumo sostenibles (Adeproa, 2010; Gobernación de Antioquia, 2012).

A nivel nacional el sector agropecuario refleja el deseo y compromiso de aprovechar la riqueza y el enorme potencial del campo colombiano para dar un verdadero salto económico y social en las zonas rurales del país. Considerando el incremento previsto de la demanda mundial de alimentos y las perspectivas de precios altos de *commodities* para las próximas décadas, complementarios de las ventajas comparativas de Colombia en este sector, es indudable que se trata de una oportunidad que no se puede desaprovechar (Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014).

Las posibilidades de encadenamientos productivos con la industria de alimentos son amplias, por cuanto los mercados para la industria de conservas, pulpas, néctares, y jugos están en proceso de crecimiento. Sin embargo, las oportunidades en el corto plazo se centran en el mercado nacional, debido a que su manejo como productos exportables requiere el cumplimiento de normas fitosanitarias y manejo de poscosecha, que por el momento incrementan los costos para la agroindustria (Adeproa, 2010).

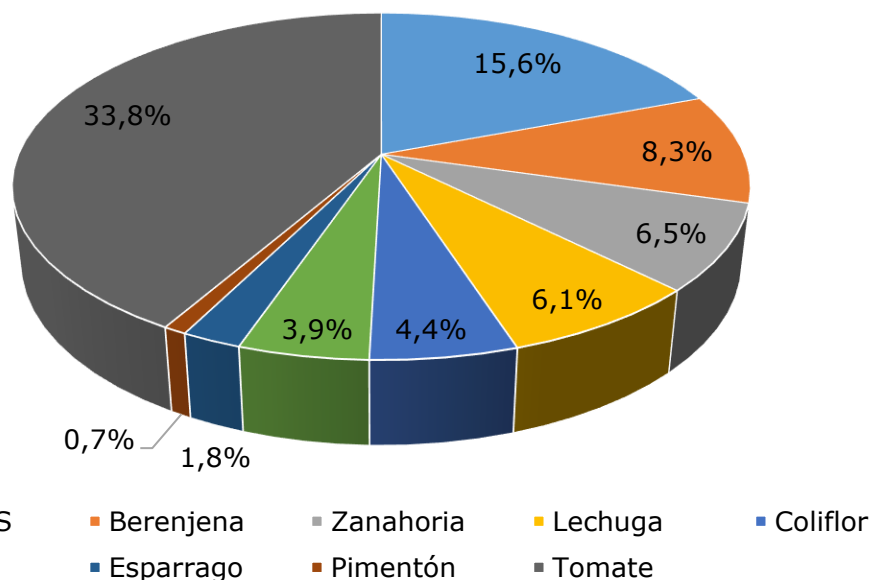
## **Distribución del cultivo en el mundo, en el país y la región**

### **En el mundo**

Según estadísticas de FAO, durante el 2008 se registró una producción mundial de hortalizas de 770,2 millones de toneladas cosechadas en 59,4 millones de hectáreas; durante el periodo 2000-2005 la producción experimentó un crecimiento anual del 3,2% (muy superior al de la población mundial que crece a tasas del 1,2% anual).

Los principales países productores de hortalizas son China, que es el mayor productor mundial, seguido por India y Estados Unidos; entre los tres concentran más del 60% del total. Colombia ocupa el puesto 54 entre un total de 175 países, con una producción de 1,54 millones de toneladas (Corpoica, 2007).

En cuanto al tomate, esta es la hortaliza que registra la mayor cantidad de hectáreas dedicadas a la producción en el mundo en el 2011; China es el principal productor con 31.644.040 t, le siguen Estados Unidos con 12.766.000 t y Turquía 9.000.000 t. Así mismo, las coles obtuvieron una participación del 18,8% del total de la producción hortícola (Cárdenas, 2012, y Corpoica, 2007). Véase la figura 2.

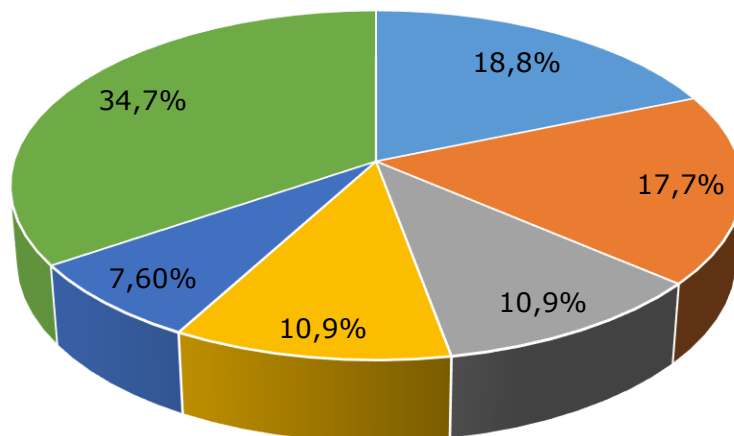


**Figura 2.** Principales hortalizas cultivadas a nivel mundial  
 Fuente: Acuerdo de competitividad de la cadena de Hortalizas, 2006.

### En el país

Para el segundo semestre del 2012, en Colombia se reportaron 27.195 ha de hortalizas sembradas, de las cuales la arveja ocupa el primer lugar con 10.438 ha y una participación en el grupo de hortalizas del 38%; le sigue el tomate con 5.355 hectáreas y una participación del 20% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional, 2012).

El tomate está disperso por todo el país, pues se cultiva en 19 departamentos; la mayor producción se concentra en Boyacá con una participación del 18,8%, Norte de Santander 17,7%, Antioquia 10,9%, Caldas 10,9%, Cundinamarca 7,6% y otros con un 34,7% (Ministerio de Agricultura, 2012). Véase la figura 3.



- Boyacá
- Norte de Santander
- Antioquia
- Caldas
- Cundinamarca
- Otros

**Figura 3.** Distribución porcentual del área sembrada de tomate, según departamento  
 Fuente: Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico (2012).

### En el departamento

La producción de hortalizas se concentra principalmente en las zonas aledañas a Medellín y su Área Metropolitana: municipios del Oriente Antioqueño 89,6% (Marinilla, El Santuario, El Peñol y El Carmen de Viboral) y área rural de Medellín 5,6%.

Para el año 2011 la producción de tomate en el Oriente Antioqueño se concentró en los municipios de Marinilla, El Peñol, Guarne, Granada, Guatapé y El Retiro (zona relativamente homogénea No. 9 de la regional Antioquia – Valle de Aburrá y Oriente cercano), San Carlos, El Santuario, El Retiro (zona relativamente homogénea No. 6 de la regional Antioquia – Oriente lejano) y Sonsón; equivale a un área sembrada de 118,1 ha, de las cuales fueron cosechadas 116,1, que representaron un volumen de producción de 14.616 t (Gobernación de Antioquia, 2011, y Resolución 041 de 1996).

## Capítulo II

### Producción bajo condiciones protegidas

Las plantas cultivadas a campo abierto están expuestas a una serie de riesgos al afrontar estrés calórico por altas o bajas temperaturas y factores meteorológicos, entre ellos, lluvia, granizo y heladas. Estas condiciones adversas son especialmente perjudiciales en cultivos de alto valor, como flores y hortalizas, y en cultivos que en condiciones climáticas adversas se ven sometidos a daños, retrasos de crecimiento, disminuciones de su producción, ataque de plagas y enfermedades, desórdenes fisiológicos y mortandad de plantas. Riesgos que hacen de estos cultivos un negocio con alto grado de incertidumbre. 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 con este fin y que en los últimos 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).

La técnica de protección de cultivos consigue modificar, total o parcialmente, las variables ambientales haciendo que los cultivos se desarrollen con cierta independencia de los factores climáticos (López y Salinas, 2000).

Según Shany (2007), los factores que definen la necesidad de cultivar bajo cobertura son:

#### Tipo de 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. Para el caso de Antioquia, a otra altitud (generalmente mayor) diferente de aquella en la que el cultivo se desarrolla bien a libre exposición.

#### Mejoramiento de la calidad de los frutos

Cuando se pretende comercializar el producto en mercados exigentes, tanto 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 de la producción contra factores como

polvo, viento y la intensa radiación solar, que pueden afectar la calidad de la producción.

### **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 los obtenidos 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.

En la región del Oriente Antioqueño se han obtenido rendimientos de 5 a 8 kilos por planta, 100 a 160 toneladas por hectárea en promedio, dependiendo del manejo tecnológico que se le dé al cultivo de tomate en los invernaderos.

### **¿Qué es un invernadero?**

Según Jaramillo *et al.* (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 como la temperatura y la humedad relativa, entre otras (figura 4). 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 se utilizan para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros.

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.



**Figura 4.** Invernadero tradicional del Oriente Antioqueño  
Fuente: Jorge Jaramillo.

## Clasificación de los invernaderos

Según el control de los factores meteorológicos:

**Climatizados:** 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 (figura 5). Estos invernaderos hacen uso de energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente muy rentable (Barbosa, 2000).



**Figura 5.** Invernaderos climatizados  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Semiclimatizados:** tienen solo algunos equipos de climatización, y aunque se acercan a condiciones ideales de clima, no las alcanzan. Tales equipos pueden estar dotados o no de automatización, aunque en el segundo caso el uso de estos sería más ineficiente (figura 6). 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 6.** Invernadero semiclimatizado

Fuente: Jorge Jaramillo.

**No climatizados:** generalmente denominados cubiertas, solo incluyen la estructura y algún tipo de cobertura traslúcida, teniendo en cuenta que son estructuras diseñadas con base en criterios técnicos; por ejemplo, conservación de la energía, captación de luz y resistencia a los vientos (figura 7) (Barbosa, 2000). Por el momento es el que más viabilidad económica tiene para el pequeño y el mediano productor, 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, pues protege al cultivo de la lluvia o el granizo; además, en los momentos calurosos del día aumenta su temperatura interior, lo que puede afectar algunos procesos internos de las plantas (Jaramillo *et al.*, 2007).

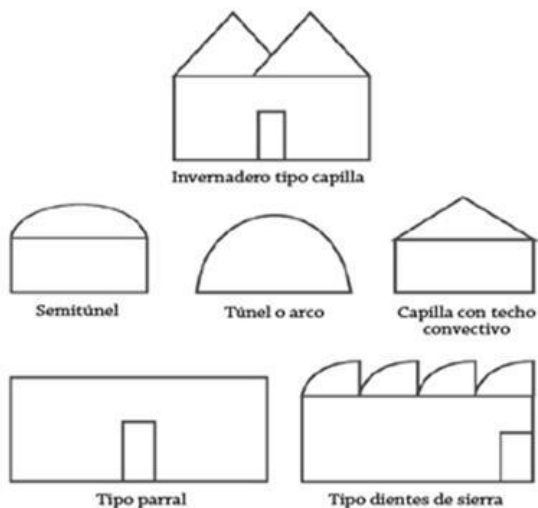


**Figura 7.** Invernadero no climatizado

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Tipos de invernadero según su estructura

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 8).



**Figura 8.** Tipos de estructura de invernaderos

Fuente: Makishima y Alves (1998).

La sencillez o complejidad de la estructura depende del número de factores climáticos (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 dependerá de los siguientes factores: radiación solar, temperaturas mínima y máxima durante el año, distribución de las precipitaciones, variación de la humedad relativa, riesgo de heladas o granizo, dirección o intensidad de los vientos, altitud sobre el nivel del mar y de la latitud.

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

### Invernadero tipo túnel o arco

Por su forma 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 9).



**Figura 9.** Invernadero tipo túnel o arco

Fuente: Jorge Jaramillo.

Son de fácil instalación, alta transmisión de la luz solar, el volumen de aire retenido es relativamente pequeño (escasa inercia térmica), pero puede ocurrir el fenómeno de inversión térmica. Se recomienda solamente en cultivos de porte bajo a mediano (lechuga, flores, fresa, etc.) (Bouzo y Gariglio, 2000).

### Invernadero tipo semitúnel o cilíndrico

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 vientos fuertes y su rapidez de instalación por ser estructuras prefabricadas.

Son estructuras con pocos obstáculos, tienen buena ventilación, buena estanqueidad a la lluvia y al aire, permiten la instalación de ventilación cenital o sotavento y facilitan su accionamiento mecanizado, tienen buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero y son de fácil instalación. Cuando se unen varias naves, se conocen como multitúnel (figura 10) (Jaramillo *et al.*, 2012).



**Figura 10.** Invernadero multitúnel

Fuente: Jorge Jaramillo.

### Invernadero tipo capilla

El techo de los invernaderos tipo capilla simple forma uno o dos planos inclinados, según sea a una o dos aguas (figura 11) (Jaramillo *et al.*, 2012).

La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas no ofrece dificultades, pero se torna más difícil cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías.

La construcción de estos invernaderos es de mediana a baja complejidad, se utilizan materiales de bajo costo, según la zona (guadua, madera inmunizada, etc.), y son aptos tanto materiales de cobertura flexible como rígidos.

Entre las desventajas de este tipo de invernaderos están los problemas de ventilación con invernaderos en batería, mayor número de elementos que disminuyen la transmitancia (mayor sombreo), elementos de soportes internos que dificultan el desplazamiento y el emplazamiento de cultivos (Bouzo y Gariglio, 2000).



**Figura 11.** Invernadero tipo capilla

Fuente: Jorge Jaramillo.

### **Invernadero tipo plano o parral**

Se utiliza en zonas poco lluviosas; su estructura está constituida por dos partes claramente diferenciadas, una vertical y otra horizontal (figura 12). La estructura vertical son los soportes y los paneles de plástico (tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto o tubos de acero galvanizado); la estructura horizontal constituye el techo con su estructura y lámina de plástico (Jaramillo *et al.*, 2012).

Las ventajas de esta estructura son: gran volumen de aire encerrado (buen comportamiento según la inercia térmica, despreciable incidencia de los elementos del techo en la intercepción de la luz; aun tratándose de una estructura que ofrece alta resistencia a los vientos, es poco vulnerable por el eficiente sistema de anclaje) (Bouzo y Gariglio, 2000).

La estructura es relativamente económica, posee gran adaptabilidad a la geometría del terreno (Jaramillo *et al.*, 2012).

Entre las desventajas se cuentan una deficiente ventilación, alto riesgo de rotura por precipitaciones intensas (escasa capacidad de drenaje), en zonas de baja radiación la escasa pendiente del techo representa una baja captación de luz solar (Bouzo y Gariglio, 2000), difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por excesivo número de postes, alambre de los vientos y piedras de anclaje.



**Figura 12.** Invernadero tipo plano o parral  
Fuente: Jorge Jaramillo

### **Invernadero tipo dientes de sierra**

La característica principal que distingue este modelo es el diseño de la cubierta, semejante a los dientes de una sierra (figura 13), que es 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.

Dentro de las ventajas de estos invernaderos se encuentran que la construcción es de mediana complejidad, disponen de una excelente ventilación y se emplean materiales de bajo costo (Bouzo y Gariglio, 2000).

La desventaja es que tienen un mayor sombrero que el tipo capilla (debido al mayor número de elementos estructurales de sostén) y menor volumen de aire encerrado (para igual altura de cenit) que el tipo capilla.



**Figura 13.** Invernadero tipo dientes de sierra  
Fuente: Jorge Jaramillo.

## Ventajas del cultivo bajo condiciones protegidas

- **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.

- **Obtención de cosechas fuera de época.** Al cultivar 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, pues se extienden los periodos de producción y mercadeo, con lo que se obtiene 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.
- **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 cual las plantas cuentan con mayor disponibilidad de ellos, lo que se refleja en mayor productividad por unidad de área.
- **Aumento considerable de la producción.** Esto 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, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales.
- **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 rendimientos altos, no se requiere mucha área sembrada. El cultivo, por estar protegido, permite incrementos en la densidad de siembra por metro cuadrado.
- **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 los nutrientes 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. De esta manera se evitan pérdidas por lixiviación.
- **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,

pues 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 del cultivo bajo condiciones protegidas

- **Alta inversión inicial.** Para iniciar con el invernadero se requiere necesariamente de una infraestructura cuyo costo depende de los materiales con que se construya; en el Oriente Antioqueño generalmente es guadua o madera inmunizada. Además, se precisa de una inversión para el sistema de fertirrigación; el más utilizado es cinta de riego por goteo.
- **Requiere de personal especializado.** Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y 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 importantes para la elección, ubicación y construcción de un invernadero

### Elección del tipo de invernadero

Según Gassó y Solomando (2011), la elección de un tipo de invernadero, es decir de su estructura, está en función de una serie de factores o aspectos técnicos:

- **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 pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- **Vientos.** Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- **Exigencias bioclimáticas** de la especie en cultivo.
- **Características climáticas** de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.
- **Disponibilidad de mano de obra** (factor humano).
- **Imperativos económicos locales** (mercado y comercialización).

En la región del Oriente Antioqueño realmente no se toman en cuenta todos los parámetros, ya que el agricultor no contrata quien le diseñe y construya el invernadero, sino que él mismo lo realiza, de acuerdo con observaciones que haya hecho en otras fincas.

## Ubicación del invernadero

- **Sanidad del terreno.** Verificar el historial del terreno, evitar terrenos que hayan sido basureros o con otras actividades que puedan haber causado contaminación al suelo.
- **Fertilidad del terreno.** Realizar un análisis del suelo para evaluar su condición física, química y microbiológica, que permita saber si reúne todas las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.
- **Drenaje del terreno.** Seleccionar el mejor suelo con un buen drenaje y fertilidad.
- **Disponibilidad y calidad de agua de riego.** El invernadero debe estar cerca de fuentes de agua de excelente calidad, libre de contaminantes químicos y microbiológicos. Debe existir un tanque de reserva para emergencias o épocas de sequía.
- **Cercanía a la vivienda del productor y con buenas vías de acceso.** Esto se requiere 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 del componente climático de la región.
- **Alejamiento de caminos o zonas polvorrientas.** Esto se debe al exceso de partículas de polvo, ya que la acumulación de residuos contaminantes puede afectar la calidad del plástico y como consecuencia la luminosidad en el interior

del invernadero, lo que afecta 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 invernadero 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.
- **Luminosidad.** Evitar ubicar el invernadero cerca de árboles altos, construcciones o barreras geográficas, como montañas, que impidan la entrada de luz, ya que esto afecta el proceso de fotosíntesis de las plantas y, por lo tanto, la producción de estas.
- **Pendiente del terreno.** Lo ideal es ubicar el invernadero en zonas de topografía plana. El drenaje del terreno se adecua. Pero si este presenta alguna pendiente, no debe superar el 20% (Sganzerla, 1987; Jaramillo *et al.*, 2007).

## Construcción del invernadero

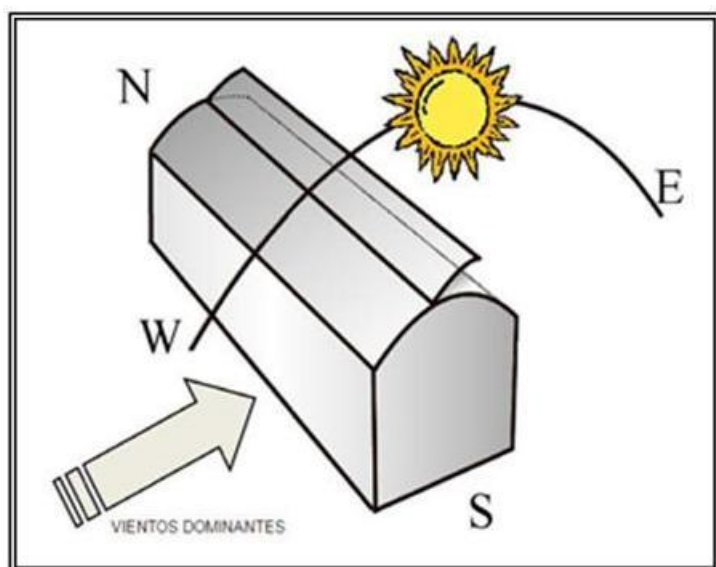
**Elección del modelo del invernadero:** lo aconsejable es tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo: funcional y de fácil operación, que permita el cultivo de otras especies, suficientemente fuerte 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 mantenimiento sencillo (Jaramillo *et al.*, 2007).

Uno de los errores más frecuentes que cometen los agricultores en el Oriente Antioqueño es replicar construcciones que han visto en otras regiones, con condiciones edafoclimáticas totalmente diferentes. Pero, con el apoyo de instituciones como Corpoica, las unidades de asistencia municipal (Umata) y otras entidades encargadas de velar por el progreso agropecuario, se ha logrado mejorar las condiciones de estas estructuras para adecuarlas a la zona y además capacitar a los agricultores en el manejo de las mismas.

### Accesorios y condiciones apropiadas

**Tipo y peso de la cubierta:** esta debe tener materiales de calidad, durables, que garanticen la mayor resistencia del invernadero, que sean de fácil mantenimiento y económicos (Jaramillo *et al.*, 2007).

**Luminosidad:** cuando se planea la construcción, es importante favorecer la máxima exposición de las plantas a la luz. 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 14).

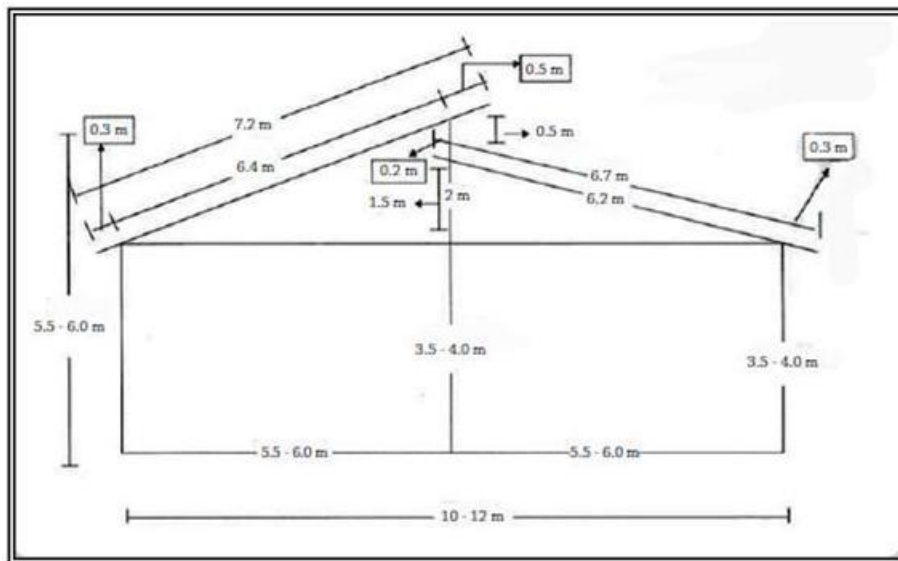


**Figura 14.** Orientación del invernadero de acuerdo con el sol y los vientos dominantes  
Fuente: adaptada de López *et al.* (2001).

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, limpiar el plástico mejora la transmisión de la luz. El plástico debe ser lavado como mínimo cada año, con agua y cepillo para facilitar la separación mecánica del polvo; 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 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 son de 5,5 a 6,0 m. Es importante ubicar ventanas móviles en la fachada frontal y en las partes laterales para el control de la ventilación y la temperatura (figura 15).



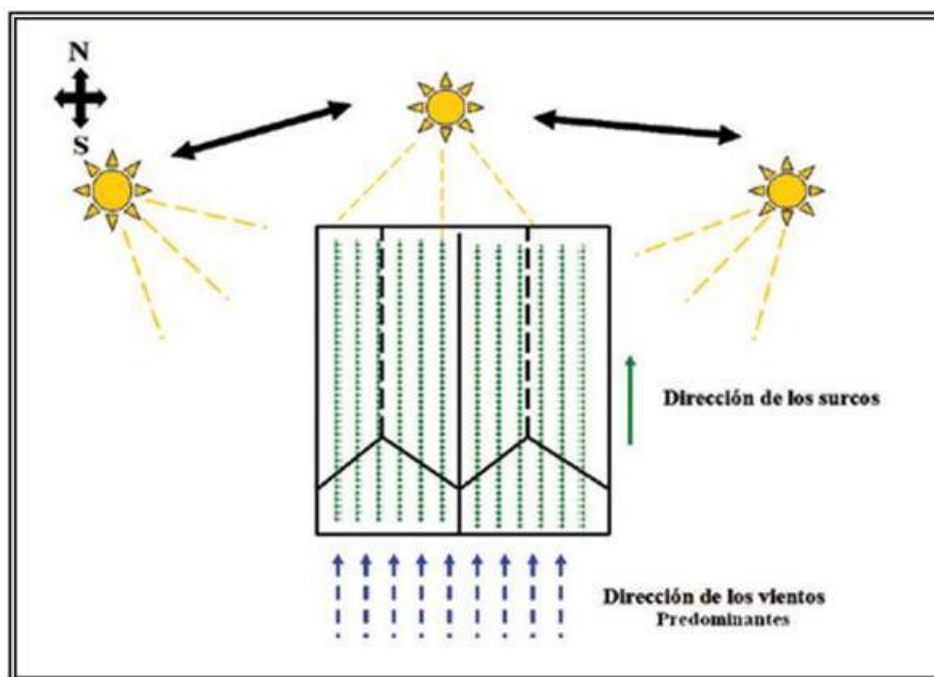
**Figura 15.** Dimensiones de un invernadero tipo capilla

Fuente: Viviana Rodríguez y Jorge Jaramillo.

**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, cuando las plantas estén altas, no sean una barrera de entrada para estos (figura 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 aquellos. 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 determinantes 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 16).



**Figura 16.** Orientación del invernadero

Fuente: adaptada de López *et al.* (2001).

### Materiales empleados en la construcción de un invernadero

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

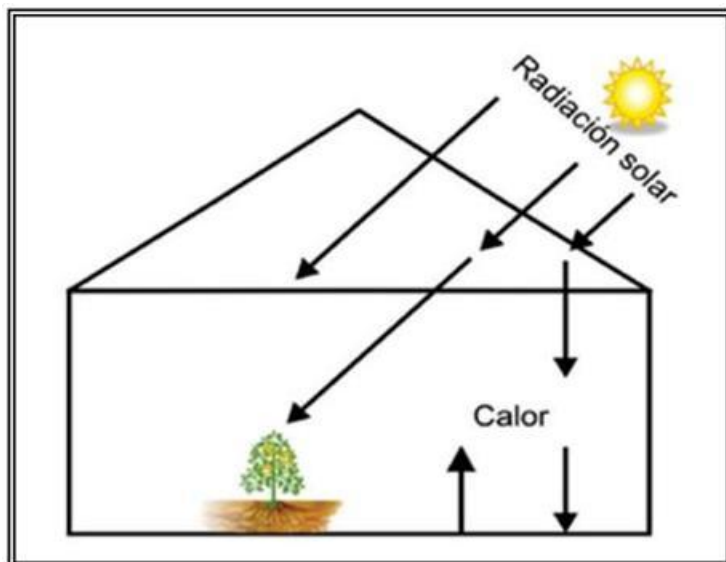
Para los marcos de la estructura se puede usar madera, guadua, acero galvanizado, aluminio, PVC o mixtos. Generalmente se usa la guadua, ya que es un material disponible en la mayoría de las regiones, económico, resistente y durable si se le realiza un tratamiento de inmunización; el acero galvanizado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

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; los tubos se utilizan 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 plástico para limitar su envejecimiento prematuro por calentamiento, lo que puede conseguirse pintando o recubriendo los elementos metálicos.

**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, lo que produce el famoso efecto invernadero (figura 17). La cantidad y la 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 donde el material de cubierta es cristal o plástico rígido, el material más empleado es el plástico flexible.



**Figura 17.** Efecto invernadero

Fuente: Nilsen Anvary Sánchez.

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.

Hoy en día el uso del polietileno es el más extendido debido a características como los costos, la versatilidad y el peso y a que puede ser fabricado en diferentes espesores. Usualmente se utilizan plásticos de calibre seis con una vida útil que puede ir de 18 a 24 meses (Shany, 2007; Martínez, 2001b).

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

Los plásticos utilizados para invernaderos deben tener tres propiedades: mecánicas, térmicas y ópticas (Shany, 2007; Jaramillo *et al.*, 2007).

## Propiedades físicas

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura y por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbre y forma del techo.

**Peso.** Los plásticos tienen poco peso, lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos, además de un peso mayor, suelen tener un tamaño más reducido, por lo cual requieren un mayor número de soportes e influirán también en una menor estanqueidad.

**Densidad.** Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Esta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

**Espesor.** Las unidades de medida serán en mm, generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos, y micras ( $\mu$ ) o galgas para los plásticos flexibles; 100  $\mu$  equivalen a 400 galgas (1 mm = 1000  $\mu$ ). En plásticos flexibles el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 a 800 galgas.

**Resistencia a la rotura** (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

**Envejecimiento.** El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

*Envejecimiento físico.* El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

*Envejecimiento radiométrico.* Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y

700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida, hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de este para transmitir el máximo de luz (Serrano, 1994).

### **Propiedades ópticas. Transmisión de la radiación solar**

**Transmitancia.** Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar; se expresa como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta (Serrano, 1994).

### **Propiedades térmicas y comportamiento térmico**

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación infrarroja (IR) larga y por otro de las pérdidas por conducción y convección través de él. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas y que permite comparar unos materiales con otros (Serrano, 1994).

**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.

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 los que no tienen esta resistencia. Podemos decir que, cuanto mayor es el grado de resistencia, mayor será la durabilidad de la película.

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).

- *Antivector*. 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 (Shany, 2007).
- *Infrarrojo (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, lo que mantiene el calor del invernadero.
- Estas películas son aptas para usar en zonas frías, donde se requiere aumentar la temperatura durante la noche. Un punto interesante 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 la temperatura dentro del invernadero durante el día. La diferencia en temperatura durante el día, en comparación 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 y así se obtiene una mayor producción. En plásticos regulares, solamente el 30% de la radiación transmitida es difusa (Shany, 2007).
- *Anti-fog o antigoteo*. Son películas de polietileno que en su capa interna contienen el aditivo anti-drip, el cual reduce la tensión superficial de la gota y así previene la condensación en forma de gota sobre el plástico y consecuentemente el goteo sobre las plantas, para reducir la incidencia de enfermedades al desarrollarse condiciones de humedad. La transmisión de luz es más eficiente cuando no hay condensación sobre la película plástica.

Otra ventaja del antigoteo es su mayor transparencia; por lo tanto, favorece 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.* 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; así se evita el lavado del plástico para limpiar el polvo acumulado sobre la cubierta (Shany, 2007).

## Mantenimiento del plástico

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

- **Instalación correcta de la película.** La película debe ser instalada del lado correcto. La parte del antipolvo (si es que hay) debe colocarse hacia arriba (fuera) y el antigoteo hacia abajo (adentro).
- **Ajuste de la película.** Si se esperan vientos fuertes, debe ajustarse el plástico con cintas gruesas de lona por encima del mismo en forma diagonal.
- **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.
- **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). Cuando se usan plásticos regulares y en zonas polvorientas, el lavado debe realizarse una vez al mes y se aplica aditivo antipolvo cada tres meses.
- **Uso de productos para aspersión a base de azufre.** Estos productos afectan negativamente al polietileno y causan su rápida destrucción. Las películas del tipo UV son más resistentes.
- **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. 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).

## Manejo de los invernaderos en el Oriente Antioqueño

El invernadero más usado en el Oriente Antioqueño es el tipo capilla, construido en materiales como guadua o madera; generalmente poseen ventanas laterales enrollables para en el día aprovechar la ventilación y en las tardes cerrarlas a fin de conservar el calor en la noche y que no haya una baja considerable de la temperatura que afecte el buen desarrollo de las plantas.

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

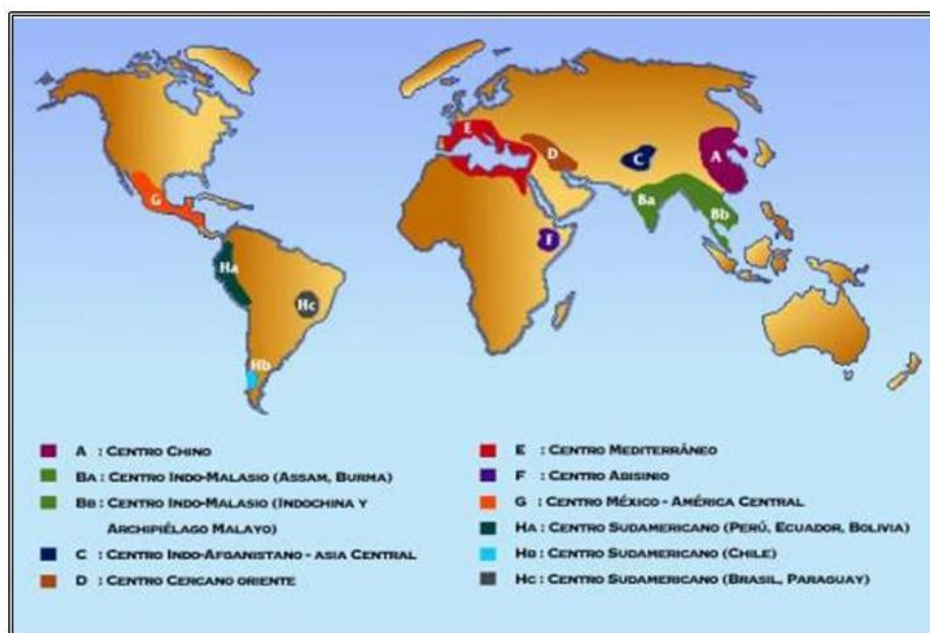
- Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
- Maximizar la fotosíntesis de las plantas con condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
- Facilitar el consumo de agua.
- Mantener el microclima de las hojas.
- Realizar periódicamente análisis fisicoquímicos del suelo y análisis químicos 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.
- 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, con el uso de métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
- Controlar los costos de producción (Jaramillo et al., 2007).

## Capítulo III

### Recurso genético

#### Origen

La agricultura es una actividad que tiene sus inicios hace unos 12.000 años, cuando se comenzó a recoger semillas de plantas silvestres que al pasar de los tiempos fueron domesticadas. Los principales cultivos alimentarios tienen su origen y su centro de diversidad en las zonas tropicales y subtropicales de Asia y América Latina (Vallejo, 1999). En lo que tiene que ver con el tomate, este se originó en el Nuevo Mundo, en una pequeña área geográfica de Suramérica, limitada al sur por la latitud 30' (norte de Chile), al norte por el Ecuador y el sur de Colombia, al este por la cordillera de los Andes y al oeste por el océano Pacífico; todas las especies silvestres relacionadas con el tomate son originarias de la región andina de Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y se incluyen también las islas Galápagos (Vallejo, 1999). Véase figura 18.



**Figura 18.** Centro de origen del cultivo de tomate

HA: Centro Sudamericano: a) Perú-Ecuador-Bolivia. Centro de origen del tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Fuente: Pascual Trujillo (2013).

La mayoría de las evidencias (históricas, lingüísticas, arqueológicas y etnobotánicas) indican que la región de Veracruz y Puebla, en México, es el centro de domesticación del tomate. Las formas silvestres de tomate cereza, *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, originarias del Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado. No existen evidencias que indiquen que el tomate fuera conocido por los indios de América del Norte.

Otro argumento que refuerza la ubicación del centro de domesticación es que ninguna forma de representación del tomate o parte de la planta, en la cerámica y utensilios primitivos, ha sido encontrada en los restos arqueológicos de la región andina. Además, el tomate no tiene un nombre nativo en las lenguas de los antiguos habitantes de los Andes. Por el contrario, en la lengua náhuatl de México era llamado "tomati" que, sin lugar a duda, dio origen al actual nombre de tomate (Vallejo, 1999).

El tomate alcanzó un estado avanzado de domesticación en México, antes de ser conocido en Europa y Asia. Los herbarios europeos muestran descripciones y grabados de tomate solamente a partir de la segunda mitad del siglo XVI; además, esas informaciones revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores realizada por los agricultores primitivos de México.

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió probablemente, a través de España, entre 1523, año de la conquista de México, y 1524, año en que aparecieron las primeras descripciones publicadas por el italiano Pier Andrea Mattioli. Se considera que ocurrió una migración lenta a través de la región del Mediterráneo y, posteriormente, hacia el norte del continente. En la edición de 1554 del herbario de Mattioli el tomate fue llamado "pomi d'oro" (manzana dorada), término que originó el actual nombre italiano "pomodoro". La razón de este nombre es que los cultivares primitivos italianos producían frutos de color amarillo. En Europa, los italianos fueron los primeros en cultivar tomate, y probablemente los primeros que lo utilizaron en la alimentación humana, a mediados del siglo XVIII (Vallejo, 1999).

En el siglo XVI e inicios del siglo XVII el tomate fue cultivado en los jardines de Europa (Italia, Inglaterra, España y Francia) como ornamental, por la belleza de sus frutos, y como afrodisiaco. Durante un siglo o más se lo consideró venenoso, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas. El alcaloide predominante en el

tomate es la tomatina que, aunque en altas concentraciones en las hojas y en los frutos verdes, se transforma en compuesto inerte en los frutos maduros.

El tomate, después de llegar a Inglaterra, fue llevado a los Estados Unidos alrededor de 1711; allí fue también cultivado como ornamental. El consumo de tomate como fuente de alimento ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos y solo a partir de esa fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico. En 1900 surgió la primera variedad mejorada, denominada Ponderosa, la cual fue utilizada para la obtención de la mayoría de las variedades americanas actuales, juntamente con los materiales colectados en la región de origen durante las décadas de 1920 y 1930 (Vallejo, 1999).

## Clasificación taxonómica del tomate

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicon copersicon*. *L. esculentum* es la especie cultivada y posee nueve especies silvestres relacionadas. El nombre genérico y específico del tomate fue dado por Miller en 1788. El género *Lycopersicon* se sitúa en el contexto taxonómico que se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Descripción taxonómica del tomate

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Trachebionta
<b>División</b>	Magneliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	Lycopersicon
<b>Especie</b>	esculentum
<b>Nombre binomial- científico</b>	Lycopersicon esculentum
<b>Descriptor</b>	Miller (1788)

Fuente: Flórez (1986).

Los tomates cultivados se agrupan dentro del subgénero *Eulycopersicon*, 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 (Lobo y Jaramillo, 1984). Entre dichas especies se distinguen *Lycopersicon peruvianum*, *L. hirsutum*, *L. cheesmani*, *glandulosum* (Flórez, 1986).

## Valor nutricional y medicinal del tomate

El tomate es un alimento poco energético, aporta de 20 a 22 calorías por 100 gramos; su componente mayoritario es el agua, seguida de los hidratos de carbono. Es una fuente interesante de fibra, minerales como potasio y fósforo (tabla 3) y vitaminas, como las C, E, provitamina A y vitaminas del grupo B, en especial B1 y niacina o B3. Además, presenta un alto contenido en carotenos, como el licopeno, pigmento natural que aporta al tomate su color rojo característico (Zeidan, 2005).

El alto contenido en vitaminas C y E y la presencia de carotenos en el tomate lo convierten en una importante fuente de antioxidantes, sustancias con función protectora del organismo humano. Contiene también vitamina A, que es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico, además de tener propiedades antioxidantes.

**Tabla 3.** Composición por 100 gramos de porción comestible de tomate

Composición	Valor
Energía (kcal)	18
Agua (mL)	94,2
Hidratos de carbono (g)	3,5
Fibra (g)	1,4
Potasio (mg)	250
Fósforo (mg)	27
Vitamina A ( $\mu\text{g}^*$ de eq. de retinol)	94
Folatos ( $\mu\text{g}$ )	29
Vitamina C (mg)	26,6
Vitamina E (mg)	0,9
* $\mu\text{g}$ = microgramos (millonésima parte de un gramo).	

Fuente: Jano (2006).

El sabor del tomate está influenciado por los componentes del fruto, principalmente 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, 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).

El consumo de tomate estimula el sistema inmune, lo cual ayuda a detener las enfermedades degenerativas. Es recomendado para el manejo de enfermedades como reumatismo, gota, arteriosclerosis, parálisis, úlceras del estómago, tuberculosis, diabetes, estreñimiento, colitis, males de la garganta y el oído; también disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de boca, páncreas, cuello uterino, próstata, pulmón y estómago. Esta hortaliza es un conocido remineralizante y desintoxicante; aparte de las toxinas que ayuda a expulsar debido a su efecto diurético, también se encarga de eliminar el ácido úrico y de reducir el colesterol (Jaramillo *et al.*, 2007).

## Morfología

El tomate es una planta perenne, de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas, y puede llegar en estas últimas a 10 m en un año (Rick, 1978). El tipo de ramificación de la planta es simpódico; el tallo principal forma de seis a doce hojas, que crecen lateralmente antes de 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 (Flórez, 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 (Flórez, 1986).

## Tallo

El tallo principal tiene 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). Este 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 (Lobo y Jaramillo, 1984).

## Hojas

Tiene hojas compuestas imparipinadas con un foliolo terminal y de ocho a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares (figura 19). Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo. Las hojas compuestas se insertan sobre los diversos nudos también en forma alterna (Lobo y Jaramillo, 1984; Flórez, 1986; Zeidan, 2005).



**Figura 19.** Hoja de planta de tomate

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Flores

La flor es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos (figura 20); tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado; el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y estos 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 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 (uno a dos 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 a 3 hojas (Jaramillo *et al.*, 2007).

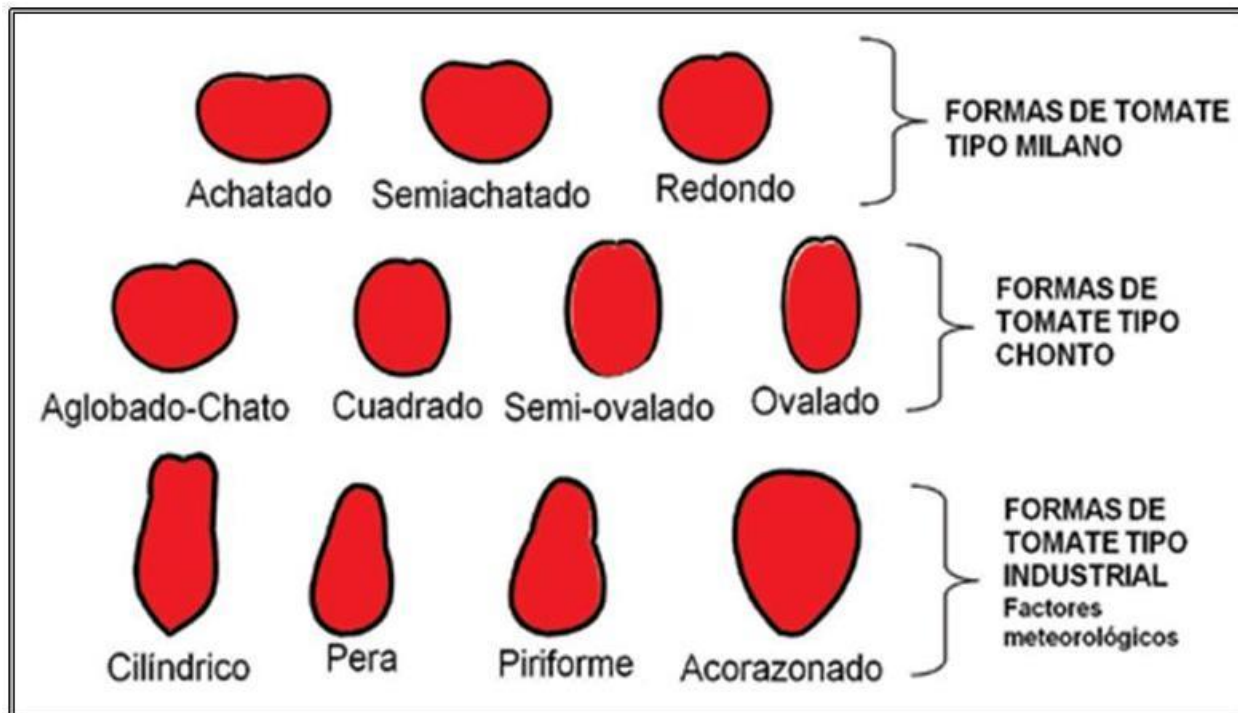


**Figura 20.** Flor del tomate

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Frutos

Son bayas que presenta diferente tamaño, forma (figura 21), color, consistencia y composición, según el tipo de tomate. Están constituidos por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas.



**Figura 21.** Formas de los frutos de tomate  
Fuente: IPGR (1996) y Semillas Royal Sluis (1999).

Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares (figuras 22 y 23); frutos uniloculares son escasos y los maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La 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 hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso y en algunos casos 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 (Lobo y Jaramillo, 1984; Flórez, 1986; Zeidan, 2005).

El fruto del tomate está unido al pedúnculo por medio 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" y se usan principalmente para procesamiento ya que se requiere que el fruto se separe fácilmente del cáliz. Para la comercialización, los tomates tipo milano o ensalada se recolectan con una porción de cáliz, mientras que en los de tipo chonto su presencia es indeseable.



**Figura 22.** Frutos tetraloculares

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 23.** Fruto plurilocular

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Semillas

La semilla del tomate es pequeña, 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; está constituida por el embrión, el endospermo

y la testa o cubierta seminal, la cual se halla recubierta de pelos (figura 24). Por su parte, el embrión está constituido por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. Las semillas dentro del lóculo en sus últimas etapas de desarrollo aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (figura 25) (Lobo y Jaramillo, 1984; Flórez, 1986; Zeidan, 2005).

En un fruto se pueden encontrar entre 100 y 300 semillas, dependiendo del tamaño del fruto. Un gramo de semillas contiene de 300 a 400 unidades.



**Figura 24.** Semillas del tomate

Fuente: Jorge Jaramillo.



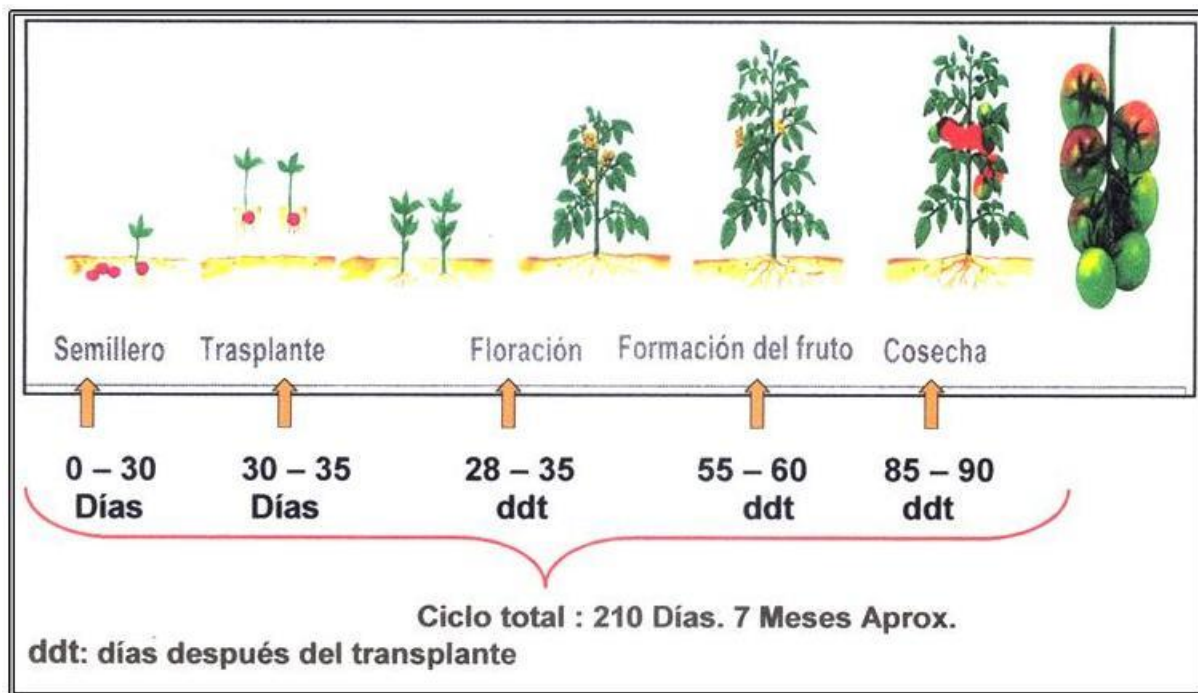
**Figura 25.** Semillas de tomate dentro de la pulpa del fruto

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Fenología del cultivo

El desarrollo vegetativo del tomate comprende cuatro subetapas: siembra en semillero, germinación, formación de tres a cuatro hojas verdaderas y finalmente trasplante a campo, con una duración aproximada de 30 a 35 días del trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia.

Cuando florece la planta se inicia la fase reproductiva, 25 a 30 días después del trasplante, que comprende desde la formación del fruto y su llenado hasta la madurez para la cosecha, entre 85 a 100 días después del trasplante. La etapa reproductiva tiene una duración cercana a los 180 días. El ciclo total del cultivo es aproximadamente de siete meses cuando el cultivo se lleva a diez racimos (figura 26) (Jaramillo *et al.*, 2013).

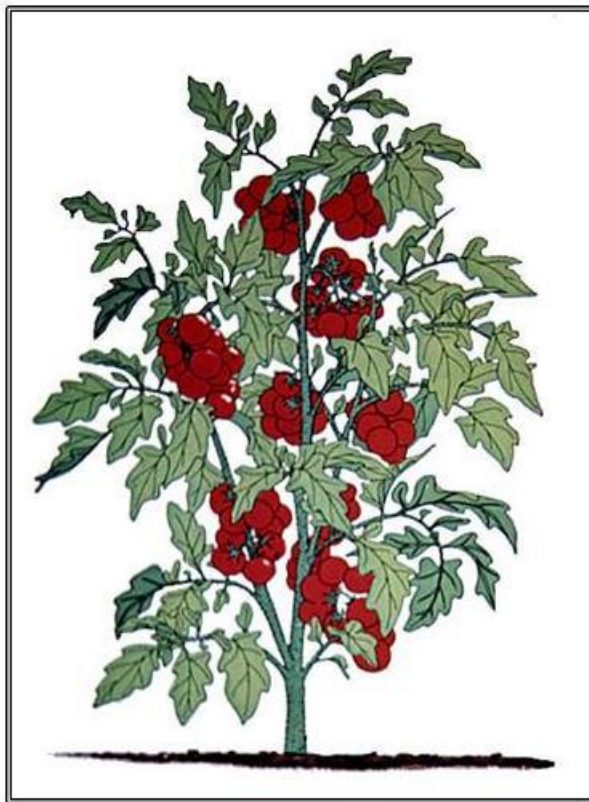


**Figura 26.** Fases fenológicas de un cultivo de tomate bajo invernadero

Fuente: adaptada de Manual Microfertisa.

### Variedades de hábito determinado

Las variedades de hábito determinado (figura 27) 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 tomate para agroindustria son por lo general de hábito determinado, con frutos en forma de pera o ciruela, redondos, alargados, acorazonados o cilíndricos (Jaramillo *et al.*, 2013).



**Figura 27.** Tomate de crecimiento determinado  
Fuente: Viviana Rodríguez.

### Variedades de hábito indeterminado

Las variedades de hábito indeterminado (figura 28) 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 mesa y tipo chonto y cherry tienen por lo general hábito indeterminado y las plantas necesitan de tutores que conduzcan su crecimiento (Flórez, 1986; CATIE, 1990; Martínez, 2001a; Zeidan, 2005). Bajo invernadero, en el país generalmente se cultivan las variedades de crecimiento indeterminado (Flórez, 1986).



**Figura 28.** Tomate de crecimiento indeterminado  
Fuente: Viviana Rodríguez.

## Tipos de tomate y variedades sembradas en la región

La clave para tener éxito en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas o de invernadero es contar con semilla certificada con registro ICA producidas por compañías acreditadas que garanticen un buen porcentaje de germinación, desarrollo de plantas vigorosas, excelente calidad y tolerancia a algunas enfermedades. En caso

de utilizarse plántulas como material de propagación, debe garantizarse que provengan de un vivero certificado y elegir la variedad adecuada según las necesidades del productor, comercializador y consumidor (Jaramillo *et al.*, 2007).

La elección de un híbrido o variedad depende de la necesidad del productor, comercializador y consumidor. El material que sea elegido es el que reúna todas las exigencias de cada agente de la cadena de producción. Con respecto al propósito comercial y uso de los frutos, los cultivares se clasifican en diferentes categorías:

### Tomate tipo milano

Los frutos se caracterizan por ser redondos o achatados, tienen pulpa abundante, jugos dulces, alto número de semillas y alto calibre de los frutos (diámetro mayor de 90 mm y 250 g de peso por fruto). Las plantas desarrollan un número bajo o intermedio de frutos (15 a 30 frutos/planta) (Vallejo, 1999).

Este tipo de tomate se utiliza principalmente en ensaladas, en forma de rodajas, y se consume maduro o verde; los verdes son más preferidos (principalmente por los restaurantes). Este tipo de tomate tiene un mayor valor comercial y mejor palatabilidad y su presentación comercial, es con el cáliz adherido al fruto (figura 29).



**Figura 29.** Tomate tipo milano

Fuente: Jorge Jaramillo.

Dentro de los milanos se ubican los tomates arriñonados o acostillados, consumidos en mayor cantidad.

La mayoría de los 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 el comercio existen diversas formas, colores y tamaños de tomates; en Colombia es muy común encontrar tomates de forma arriñonada, que se conocen comúnmente como tomates tipo 'riñón' y se consumen preferentemente verdes (figura 30) (Jaramillo *et al.*, 2013).





**Figura 30.** Tomate tipo riñón

Fuente: Jorge Jaramillo.

En la tabla 4 se presenta la ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo milano más sembrados en la región del Oriente Antioqueño, que han sido evaluados por Corpoica, plantuladores, asistentes técnicos y productores.

**Tabla 4.** Ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo milano más sembrados en la región del Oriente Antioqueño

Variedad	Descripción	Figura
<p>Híbrido Astona (Impulsemillas, 2009)</p>	<p>Híbrido 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 partirlo en tajada no se deforma. 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 <i>Verticillium</i> (<i>Verticillium dahliae</i>), razas 1 y 2 de <i>Fusarium</i> (<i>Fusarium oxysporum</i>), nematodos (<i>Meloidogyne incognita</i> y <i>M. javanica</i>) y virus mosaico del tabaco (TMV).</p>	
<p>Híbrido Granitio  (Semillas Arroyave, 2009)</p>	<p>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 les proporcionan una excelente firmeza y los hace ideales para el transporte, y un excelente cierre pistilar. Tolerancia al frío. Resistente a nematodos, <i>Verticillium</i>, <i>Fusarium</i> 1 y 2 y virus del mosaico del tomate (ToMV); tolerante a Blotchy Ripening y Cracking.</p>	

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).


Un aspecto por destacar de las variedades tipo milano es el denominado tomate larga vida, que se distingue por haber sido mejorado específicamente para prolongar su

conservación en poscosecha. Ha sido obtenido a través de cruzamientos con mutantes de maduración lenta (con el gen *rin*) o por medio de ingeniería genética, que introducen al germoplasma genes antisentido que causan una maduración lenta. Estos cultivares se usan para consumo en fresco, al aire libre o en invernaderos, y sus frutos son similares a otros materiales, excepto en su larga vida útil en poscosecha y en su gran dureza (Zeidan, 2005).

### Tomate tipo chonto




Plantas de crecimiento exuberante y follaje abierto. Los frutos son redondos o ligeramente alargados (ovoides), con pulpa firme jugosa dulce o ligeramente ácida. Frutos bi o triloculares con alto número de frutos por planta (30 a 50 frutos/planta) de calibre intermedio (60 a 80 mm) de diámetro y de 90 a 200 g de peso por fruto (Vallejo, 1999). Son utilizados en la preparación de guisos, pastas, ensaladas y encurtidos (Jaramillo *et al.*, 2013). Ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo chonto más sembrados en la región del Oriente Antioqueño (tabla 5), que han sido evaluados por Corpoica, plantuladores, asistentes técnicos y productores:

**Tabla 5.** Ficha técnica de las variedades o híbridos de tomate tipo chonto más sembrados en la región del Oriente Antioqueño

Variedad	Descripción	Figura
Híbrido torrano  (Semillas Arroyave, 2009)	Se caracteriza por su buen vigor y tamaño; presenta tallos fuertes y entrenudos medios que permiten una formación de racimos más concentrada y muy bien ventilados. Material de crecimiento indeterminado, de larga vida estructural. Fruto de tipo chonto, de buen tamaño y peso (140 a 160 g). 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 <i>Alternaria</i> , nematodos, virus del mosaico, <i>Verticillium</i> o <i>Fusarium</i> 1 y 2. Al madurar su color es rojo y presenta textura firme.	

Continua...

Continuación

<p>Híbrido calima  (Impulse semillas, 2009).</p>	<p>Material de crecimiento indeterminado, muy precoz; se adapta a climas cálidos y medios; presenta 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, <i>Verticillium</i> y <i>Fusarium</i> 1 y 2.</p>	
<p>Híbrido tinto  (Impulse semillas, 2009)</p>	<p>Tomate tipo Río Grande, de crecimiento determinado, precocidad media, de plantas muy vigorosas y con buena cobertura. Presenta racimos con 4 a 6 frutos de buen tamaño (150 a 190 g), muy consistentes, de forma ovalada, color rojo intenso brillante y excelente poscosecha. Posee resistencia a <i>Verticillium</i>, <i>Fusarium</i> 1, 2 y 3, virus del mosaico del tabaco (TMV), virus de la cuchara (TYLCV) y Spotted Wild (SW).</p>	
<p>Híbrido chévere  (Semillas Vilmorin, 2009)</p>	<p>Plantas vigorosas, crecimiento indeterminado, con frutos trilobulares de más de 160 g, uniformes, de color rojo intenso y brillante. Frutos extrafirmes, con excelente duración en poscosecha. Presenta resistencia a enfermedades tales como virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>Verticillium</i>, <i>Fusarium oxysporum</i> raza 1 y 2, <i>Fusarium radices</i> y nematodos.</p>	

Continua...

Continuación

Híbrido ciénaga  (Semillas Arroyave, 2013)	Excelente rendimiento, uniformidad y productividad, gran tamaño de fruto y buena firmeza. No requiere poda de frutos. Se caracteriza por su buen vigor, rusticidad y tamaño, con tallo fuerte y entrenudos medios que permiten una formación de racimos más concentrada y muy bien ventilados. Se adapta muy bien a distintas zonas de producción que van desde los 600 hasta los 1800 msnm en campo abierto; presenta buena tolerancia a enfermedades como F1, F2, ASC, V, BSK, TYLCV, TSWV.
--	---

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Capítulo IV

# Manejo del recurso suelo y características edafoclimáticas

### Los suelos

El tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, puede ser cultivado en un amplio rango de estos, pero crece muy bien en suelos sueltos bien drenados que permitan una buena penetración y desarrollo de raíces en un volumen de suelo superficial (30 a 60 cm de profundidad). También requiere de muy buena aireación, pues no tolera el encharcamiento por varias horas. Los suelos o sustratos de siembra deben ser además ricos y fértiles naturalmente o permitir su enriquecimiento a través de los aportes externos mediante enmiendas, abonamientos y fertilización edáfica o de fertirriego (Vallejo, 1999).

### Características fisicoquímicas

Las características físicas y químicas del suelo para que el tomate tenga un desarrollo óptimo se resumen en las tablas 6 y 7.

**Tabla 6.** Características físicas

Características	Rango óptimo
<b>Textura</b>	Franco a franco arcillosa
<b>Profundidad efectiva</b>	> 80 cm
<b>Densidad aparente</b>	1,20 g/cc
<b>Color</b>	Oscuro
<b>Contenido de materia orgánica</b>	> 3,5%
<b>Drenaje</b>	Bueno
<b>Capacidad de retención de humedad</b>	Buena
<b>Topografía</b>	Plano o semiplano
<b>Estructura</b>	Granular

Fuente: Paván (1995).

**Tabla 7.** Características químicas

Características	Rango óptimo
<b>pH</b>	5,5-6,0
<b>Nitrógeno</b>	Según tipo de suelo
<b>Fósforo</b>	13-40 ppm
<b>Potasio</b>	5%
<b>Calcio</b>	15%
<b>Magnesio</b>	18%
<b>Acidez total</b>	<10,0%
<b>Conductividad eléctrica</b>	0,75-2,00 mmho/cm <sup>2</sup>

Fuente: Paván (1995).

## Temperatura

El tomate es una planta termoperiódica (con variación de temperatura en el día y la noche), crece mejor con una temperatura variable que constante. Este factor es el principal componente del ambiente que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje, desarrollo, maduración y calidad de los frutos (Castilla, 1995). Véase tabla 8.

**Tabla 8.** Temperaturas y efectos producidos en el tomate

Temperatura	Efecto que produce en la planta
<b>Mínima: 8 a 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 a 27 °C</b>	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación son adecuados.
<b>Máxima: 32 a 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.

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

La temperatura óptima para su crecimiento está entre 21 y 27 °C. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuaje de frutos y debe oscilar entre 14 y 17 °C, y en el día entre 23 y 26 °C (tabla 9).

**Tabla 9.** Relación de las temperaturas en los estados de desarrollo de las plantas

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

Fuente: Martínez (2001a); Zeidan (2005).

Cuando se presentan temperaturas 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 y se produce caída de flores y deformación de frutos (Martínez, 2001a).

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

## Manejo de temperatura en el interior del invernadero

Dentro de un invernadero el ambiente es cerrado, la circulación del aire es limitada, la temperatura es más alta que en el exterior y alcanza niveles altos en el día; por lo anterior es aconsejable 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.

En la noche baja la temperatura de la cubierta, del aire y de las superficies en el invernadero (estructura del invernadero, plantas y suelo); por lo tanto, a través del cierre de las cortinas, se debe evitar al máximo el escape del aire caliente; esto debe realizarse aproximadamente de 3 a 4 de la tarde.

En los invernaderos no climatizados es importante la instalación de termómetros que midan temperaturas máximas y mínimas para que el productor pueda conocer el comportamiento del clima a fin de tomar medidas acerca de la ventilación buscando disminuir el impacto de estos cambios extremos (Jaramillo *et al.*, 2013).

### **Alternativas para la reducción de temperaturas máximas**

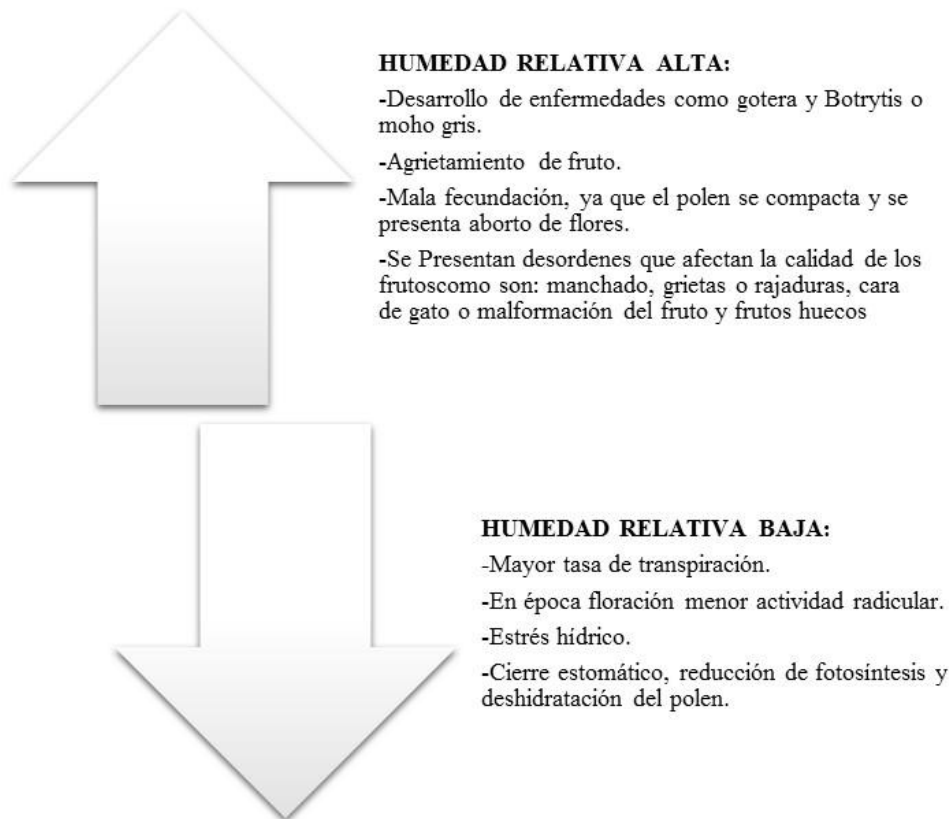
- Apertura de ventanas laterales y frontales.
- Apertura de ventanas cenitales.
- Sombreo mediante la utilización de polisombra.
- Evaporación de agua a través del cultivo.
- Aplicación de agua mediante nebulización (limitante: calidad del agua).

### **Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas**

- Cierre de cortinas para evitar la entrada de aire frío que desplace al 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 (Jaramillo *et al.*, 2013).

### **Humedad relativa**

Para el desarrollo del cultivo de tomate es conveniente que la humedad relativa se encuentre entre un 50% y un 65% para su óptimo crecimiento y fertilidad. Una humedad relativa alta o baja puede producir lo siguiente en la planta (figura 31)



**Figura 31.** Consecuencias de la humedad relativa alta o baja  
 Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Manejo de la humedad relativa en el interior del invernadero

Para que la humedad relativa se encuentre lo más cerca posible del punto óptimo, el productor debe ayudarse del higrómetro (Jaramillo *et al.*, 2013).

### Alternativas para el aumento de la humedad relativa

- Reducción de la temperatura con sombreado o encalado.
- Nebulización de agua.
- Aumento de circulación de aire.
- Aplicación de riego en las calles internas del invernadero.
- Aumento en la frecuencia de riego, teniendo cuidado de evitar desequilibrios de agua en el suelo y la planta.

- Se han obtenido 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 cuando se den estas condiciones, pues la humedad del aire dentro del invernadero está más adecuada a las exigencias de las plantas que a la humedad del invernadero; además, no se permitirá mantener el calor suficiente en el invernadero, debido a la baja radiación.
- Las plantas cultivadas en un invernadero transpiran menos que las que se encuentran a campo abierto, por lo cual necesitan un menor número de riegos. La irrigación debe realizarse solo cuando sea necesario, con el fin de evitar la evaporación del agua y aumentar 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 evita la evaporización de la humedad contenida en él.
- Mantener el cultivo libre de malezas, las cuales con su transpiración contribuyen al aumento de la humedad relativa (Jaramillo et al., 2013).

## Luminosidad

Factor climático fundamental que determina la productividad de un cultivo para adelantar su proceso fotosintético (Cárdenas *et al.*, 2012; Jaramillo *et al.*, 2013).

El cultivo bajo cubierta impone una disminución en la cantidad de radiación que recibe y también se ve afectado dentro del invernadero por la acumulación de polvo sobre la superficie externa de los plásticos (figura 32), o cuando se trabaja con altas densidades de siembra, ya que las mismas plantas se producen sombreo entre sí, e igualmente el exceso de estructuras internas del invernadero.



**Figura 32.** Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero

Fuente: Jorge Jaramillo.

Está comprobado que la baja luminosidad tiene efecto sobre la producción provocando frutos huecos y maduración, las plantas tienden a un ahilamiento (alargamiento) buscando la luz y los tallos tienden a ser débiles, lo que causa una disminución de la producción, 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; esto lleva a la planta a una posible deficiencia de calcio, que se conoce comúnmente como podredumbre apical del fruto. Es recomendable la renovación de los plásticos o el mantenimiento mediante el lavado de las coberturas (Cárdenas *et al.*, 2012; Jaramillo *et al.*, 2013).

## Capítulo V

# Sistemas de siembra y manejo agronómico

### Semilleros

Para 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 modelo productivo, teniendo en cuenta los análisis respectivos (de suelo, de aguas, foliares, etc.), las condiciones del cultivo y el manejo climático del invernadero.

Debido al alto costo de las semillas y a las características morfológicas por su tamaño, textura superficial, fragilidad de los embriones, dificultades para tener una emergencia rápida y uniforme, hoy en día no es práctico realizar la siembra directa de la semilla en el campo de producción (Vallejo, 1999). Por lo anterior, en la producción de hortalizas la tendencia es adquirir plántulas a productores especializados en propagación, pues el costo es muy similar a aquel en que incurriría el productor al producir sus propios semilleros (porque tendría que adecuar una infraestructura para ello) y además evita las pérdidas ocasionadas por un desconocimiento en el manejo y preparación de semilleros (figura 33).



**Figura 33.** Plántulas de tomate en semillero  
Fuente: Jorge Jaramillo.

Sin embargo, en caso de que un agricultor decida producir sus propias plántulas, es importante que tenga en cuenta varias recomendaciones (figura 34).

El semillero se debe hacer en recipientes (bandejas, vasos). Se recomiendan bandejas de 53 a 128 conos, con un volumen por celda de 37 a 28 cm<sup>3</sup>. Estas bandejas permiten un mayor desarrollo radicular, del follaje y mejor calidad de la planta, pero incrementa los costos por plántula al requerir mayores cantidades de sustrato por celda. La selección del tipo de bandeja dependerá del tamaño final deseado de las plantas, del costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato.

Es necesaria la utilización de sustrato, que consiste en una mezcla de abono orgánico, tierra y arena y se usa como medio para poner a germinar las semillas. El sustrato debe estar bien desinfectado para evitar el ataque de plagas y algunas enfermedades, propias de la etapa de almácigo, y presentar buena humedad, a fin de brindar las condiciones ideales de germinación a la semilla (Jaramillo *et al.*, 2011).

Para asegurar una mejor germinación y pureza del semillero es recomendable utilizar semilla certificada. Cuando se hace uso de semillas comerciales se requiere 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.

Poner una o dos semillas por sitio en el centro de cada celda y enterrar de 2 a 3 milímetros de profundidad, cubrir ligeramente con el material de sustrato; a partir de esta etapa se realiza la aplicación de fertilizantes líquidos (Jaramillo *et al.*, 2011).

**Figura 34.** Recomendaciones para producir sus propias plántulas

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

Entre las ventajas de la siembra en bandejas podemos encontrar: ahorro de semillas, mejor planificación de siembras, desarrollo uniforme, calidad de plántulas, desarrollo radicular dirigido, poda natural y control de malezas, ahorro de sustrato, fácil remoción y no se genera destrucción de la raíz de las plantas en el trasplante (Jaramillo *et al.*, 2013).

## Preparación del terreno

El suelo es una mezcla de partículas sólidas (arcilla, arena, limos y materia orgánica); la proporción y organización determinan las características fundamentales: textura, estructura, contenido de nutrientes, estabilidad estructural, aireación y capacidad de retención de humedad, entre otras (Sánchez León *et al.*, 2012).

Para aplicar las técnicas adecuadas de manejo conservacionista, se debe conocer las características químicas y físicas del suelo; por tanto, es importante realizar un análisis químico y físico que proporcione la información necesaria para la aplicación de correctivos, desarrollar e implementar planes de fertilización del cultivo, cantidad, modo y época de aplicación, maquinaria e implementos agrícolas requeridos, las labores apropiadas y la profundidad de trabajo, según el tipo de suelo y el cultivo a establecer (Sánchez León *et al.*, 2012).

Se deben establecer programas para prevenir la erosión de los suelos mediante prácticas como coberturas nobles, sistemas de drenajes, labranza mínima y manejo de curvas a nivel para siembras en ladera (Herrera *et al.*, 2006).

Si el terreno no ha sido sembrado antes o ha estado en descanso por mucho tiempo, es aconsejable arar el lote y realizar como mínimo dos pases de rastrillo con suficiente antelación, 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 se realizan con una profundidad de por lo menos 30 cm. La incorporación de enmiendas o abonos orgánicos se realiza de acuerdo con el análisis de suelo (Jaramillo *et al.*, 2007).

El terreno para la siembra deberá prepararse con anticipación dependiendo de las condiciones que tenga; esta actividad se divide en las fases que aparecen en la figura 35.

- Se recomienda principalmente para los terrenos 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; se permite 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.

- 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 adecuado desarrollo radicular y, por ende, de la planta.

- 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.



**Subsolado**



**Arado**



**Rastrillado**

**Figura 35.** Preparación de suelos.  
 Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

Es importante revisar las condiciones de drenaje en el interior y el exterior del invernadero para eliminar el exceso de agua del suelo (superficial o internamente), con el fin de mantener las condiciones de aireación y las actividades biológicas indispensables para cumplir los procesos fisiológicos relativos al crecimiento radical. Esto garantizará que los cultivos no se ahoguen y tengan un mejor desarrollo de las raíces, lo que a su vez significa un adecuado soporte mecánico y un mayor acceso al agua y a los nutrientes, abatir niveles freáticos superficiales y crear condiciones que permitan, mediante la aplicación de lavados, remover las sales en exceso del perfil del suelo y mantener un balance salino (Sagarpa, s. f.).

## Densidades de siembra

Las densidades de siembra dependen de la variedad elegida, tipo de poda, tutorado, ciclo de producción, arreglo espacial (surco sencillo o doble), fertilidad del suelo,

condiciones agroecológicas de la zona; de igual forma, la distancia entre surcos más adecuada es la que permita una buena ejecución de las labores y que evite el exceso de humedad alrededor de las plantas (Jaramillo *et al.*, 2007). La siembra de tomate se realiza en surcos sencillos o dobles (tabla 10).

**Tabla 10.** Distancias de siembra del tomate, según tipo de ramificación

Tipo de ramificación	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre surcos (m)	Población de plantas/ha
<b>A un solo tallo</b>	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
<b>A dos tallos</b>	0,40	1,3	19.230
	0,50	1,2	16.666
	0,50	1,5	13.333
<b>A cuatro tallos</b>	0,50	1,7	11.764
	0,50	1,5	13.333
	0,60	1,5	11.106

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

## Trasplante

El trasplante es el paso de las plántulas del semillero al sitio definitivo; este se realiza aproximadamente entre 30 y 35 días después de sembrado el semillero y de acuerdo con la calidad de la planta. Antes de realizar el trasplante se recomienda aplicar en forma localizada materia orgánica (gallinaza compostada), correctivos y nutrientes basados en las recomendaciones del análisis de suelo. La materia orgánica debe ser totalmente compostada y humedecerse antes del trasplante para evitar que al descomponerse quemé las plantas. Igualmente es importante la aplicación de cal para hacer las correcciones de pH.

También es importante tener en cuenta otras consideraciones (figura 36).

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una semana antes del trasplante, disminuir el riego para endurecer las plantas, trasplantando plántulas con cuatro hojas verdaderas con una altura entre 10 y 15 cm.</li> <li>• Realizar el trasplante en horas de la mañana (con menos sol).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Trasplantar plantas uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, color verde y erguidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No trasplantar plantas con coloración púrpura en las hojas, porque esto indica una deficiencia de fósforo.</li> <li>• Las plantas listas para el trasplante (Figura 33) 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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 un 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.</li> </ul>
---	---	--	---

**Figura 36.** Recomendaciones para realizar el trasplante de plántulas de tomate.  
Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 37.** Plántulas listas para el trasplante  
Fuente: Jorge Jaramillo.

Cuando las plántulas son compradas en viveros comerciales deben llegar en empaque de cartón (figura 38) e inmediatamente se almacenan en áreas sombreadas para evitar deshidratación y protegerlas del ataque de insectos hasta que sean trasplantadas.



**Figura 38.** Plántulas de tomate en cajas de cartón

Fuente: Jorge Jaramillo.

En el momento de la siembra y el trasplante es aconsejable el uso de micorrizas; estas forman una asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. La importancia de esta simbiosis es que ayuda a la planta a aumentar la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz, al constituirse en una extensión de raicillas que exploran mejor volumen del suelo que la raíz sola (Jaramillo *et al.*, 2013).

## Trasplante en el Oriente Antioqueño

En el Oriente Antioqueño el material de siembra se obtiene a partir de la compra a plantuladores reconocidos y certificados de la zona y el trasplante en campo se realiza aproximadamente de 25 a 30 días después de la germinación (ddg); las distancias de siembra manejadas son de 20 a 40 cm entre plantas y de 1,10 a 1,80 m entre surcos, establecidos entre surco sencillo y surco doble.

Después de trazados los surcos se marcan los sitios donde van ubicarse las plantas (figura 39). Se realiza un hueco de tamaño mayor que el del volumen ocupado por el

recipiente que contiene la planta que se va a trasplantar; es necesario que una pequeña porción de tallo quede enterrada en el suelo para proporcionar a la planta un buen soporte y permitir el desarrollo de nuevas raíces. Después de trasplantarlas se requiere regarlas para evitar estrés por falta de agua (Jaramillo *et al.*, 2013).



**Figura 39.** Trasplante a campo

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Podas

El objetivo de la poda es potenciar las partes de la planta que tienen que ver con la producción y eliminar las que no tienen incidencia en la cosecha y así lograr frutos de mayor calibre, sanos, vigorosos, precoces y firmes, a fin de balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo; pero también trae otros beneficios, principalmente de tipo fitosanitario al mejorar la aireación de la planta (Lobo y Jaramillo, 1984). Antes de realizar las operaciones de poda, hay que prever la rentabilidad, pues la mano de obra que se necesite puede ocasionar, a veces, la no conveniencia de llevar a cabo esta práctica. También, tras una poda muy enérgica, la planta puede sufrir trastornos vegetativos y retardo del crecimiento (Reché, 1998).

Los productores de tomate bajo invernadero en el Oriente Antioqueño no realizan todas las labores de poda recomendadas para el manejo de este cultivo, pero sí practican algunas de estas con base en los objetivos que cada uno se ha establecido.

## Tipos de podas (recuadro 1)



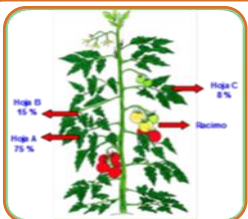
**Poda de formación:** primera poda que se le realiza a la planta después del trasplante (25-30 días); es la que define el número de tallos a desarrollar. Se puede trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos. Pero lo más recomendable, apropiado y trabajado en la zona bajo condiciones protegidas es a uno y dos tallos, para facilitar tutorado y manejo. Ver figura 40.



**Poda de yemas o chupones:** consiste en eliminar los brotes que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los peciolos; esto se debe hacer antes de que tengan un tamaño mayor de 3 cm para que no absorban los nutrientes que se requieren para la formación y llenado del fruto. La primera deschuponada en la zona se realiza entre 10 y 20 días después del trasplante; estos siguen desarrollándose durante todo el ciclo del cultivo, razón por la cual es necesario deschuponar cada 8 o 15 días. Ver figura 41.



**Poda de flores y frutos:** lo ideal es dejar por racimo entre seis y ocho frutos, depende del vigor de estos. Es recomendable eliminar los frutos deformes, enfermos y más pequeños. Ver figura 42.



**Poda de hojas:** mejora la entrada de luz en la planta, logrando así una homogeneidad en tamaño, calidad y maduración de frutos; aumenta la ventilación y baja la humedad relativa en la base de las plantas; también es importante eliminar las hojas enfermas que sean fuente de inóculo de plagas y enfermedades. Ver figura 43.



**Poda de yema terminal o despunte:** con el fin de suspender el crecimiento de la planta. Consiste en cortar la yema principal de la planta teniendo en cuenta que el racimo que está por debajo de esta yema se encuentre totalmente formado. Esta poda permite determinar el número de racimos que se van a dejar por planta; en la zona se llevan a producción entre 8, 10 y 12 racimos. Ver figura 44.

### Recuadro 1. Tipos de podas

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2011).



**Figura 40.** Podas de formación

Fuente: Jorge Jaramillo.



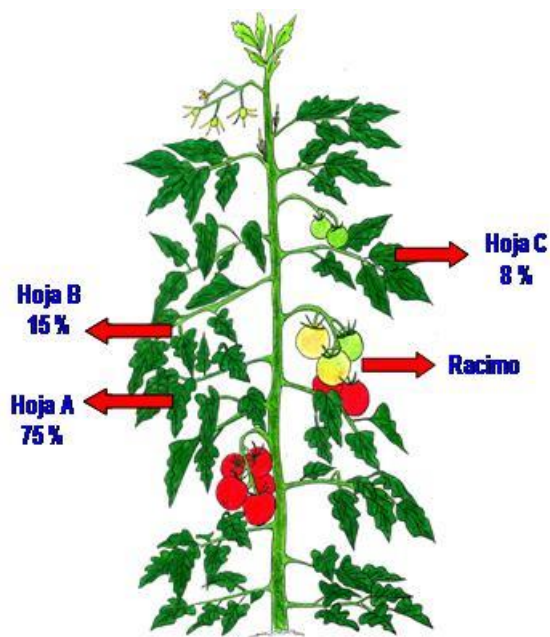
**Figura 41.** Brote o chupón en el tamaño ideal para eliminar (A) y brote eliminado sin ocasionar daño a la planta (B)

Fuente: Jorge Jaramillo.



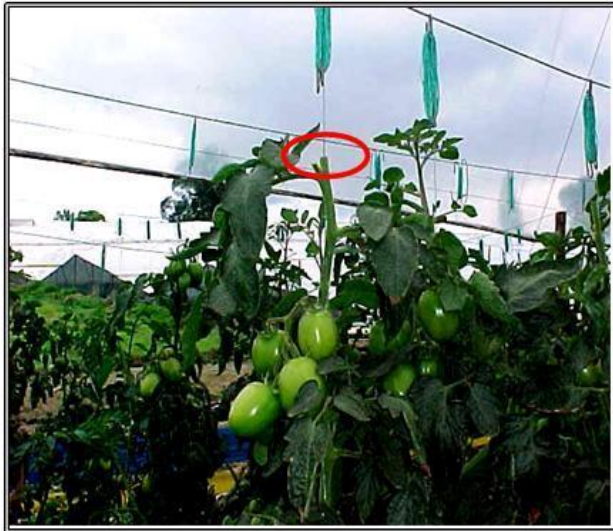
**Figura 42.** Poda de fruto pequeño que se elimina para facilitar el crecimiento de los otros (A) y poda de frutos con daño fisiológico (B)

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 43.** Poda de hojas. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado

Fuente: Semillas Arroyave.



**Figura 44.** Poda de yema terminal o despunte

Fuente: Jorge Jaramillo.

Al realizar cualquier tipo de poda es recomendable desinfectar periódicamente la herramienta (figura 45) con soluciones de yodo agrícola o hipoclorito de sodio al 5% al pasar de planta en planta y aplicar productos a base de cobre para evitar la entrada de microorganismos patógenos a través de las heridas ocasionadas por las podas a las plantas.



**Figura 45.** Método adecuado de recolección de los residuos de poda

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Tutorado

El tomate es una planta herbácea que no puede sostenerse por sí sola, pues requiere de un sistema de soporte para su crecimiento vertical; este sistema es conocido como tutorado que consiste en guiar verticalmente las plantas (Cárdenas *et al.*, 2012).

El sistema de tutorado se construye colocando en cada extremo del surco un poste de madera o guadua con 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; allí se ubica un gancho de alambre (figuras 46 y 47) que lleva enrollada la fibra de polietileno (se recomienda la número 9000) que mediante argollas o abrazaderas de plástico (clips; se requieren de 3 a 4 argollas por planta durante todo el ciclo) van a ayudar a sostener la planta; estas se anillan al tallo por debajo del peciolo de una hoja completamente desarrollada (figura 48). Este sistema tiene las ventajas de que no se maltratan las flores, hojas, tallos ni frutos, se evita la proliferación de hongos por el contacto de la fibra o trapo en el tallo, y es de fácil manejo (Jaramillo *et al.*, 2013).



**Figura 46.** Sistema de ganchos para guía de la planta  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 47.** Sistema de colgado con gancho de alambre  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 48.** Argollas o abrazaderas de plástico para el amarre de las plantas  
Fuente: Jorge Jaramillo.



## Capítulo VI

### Riegos

#### Requerimientos de agua en el cultivo

La finalidad del riego es aportar agua de forma oportuna, suficiente, eficiente y uniforme al suelo para reponer la que las plantas han consumido durante un tiempo determinado y a la vez crear un ambiente adecuado en la zona radical para que estas rindan en su máxima producción.

Es considerado un buen riego el que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces de una planta y que se aplique cuando la planta lo requiera, de acuerdo con el periodo en días que se deja entre dos riegos sucesivos y el agotamiento de agua en el suelo (Jaramillo *et al.*, 2013).

Las plantas absorben el agua por las raíces junto con los minerales disueltos que ella contiene; el agua se utiliza en la fabricación de carbohidratos durante la fotosíntesis, que son usados en la formación de nuevos tejidos y en el llenado de los frutos y para el transporte interno de los nutrimentos y fitohormonas. La mayor parte del agua se pierde por evaporación y transpiración; la transpiración también contribuye a disminuir la temperatura de la planta; los estomas se mantienen abiertos para permitir la absorción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) necesario para la fotosíntesis (CATIE, 1990).

Las necesidades hídricas del tomate dependen de factores como las condiciones climáticas del lugar, tipo de suelo, estado de desarrollo del cultivo y pendiente del terreno.

El primer riego debe realizarse inmediatamente después de trasplantar las plántulas; luego se aplican riegos periódicos para mantener un adecuado nivel de humedad durante todo el ciclo de desarrollo. La mayor necesidad de agua se da cuando la planta se encuentra en el periodo de floración y continúa hasta el llenado de los últimos racimos. Nunca se debe dejar que el suelo se seque demasiado y después repentinamente aplicar grandes cantidades de agua, pues esto ocasiona daños en las plantas, por ejemplo el agrietamiento en los frutos (Jaramillo *et al.*, 2011).

Existen diversos aparatos para estimar la necesidad del agua de riego (tabla 11); el tensiómetro es el más utilizado, el cual mide la mayor o menor fuerza de succión que tienen que ejercer las raíces para absorber el agua del suelo. Consta 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 suelo colocando la punta de la cerámica a la profundidad que se desea medir la humedad; lo ideal es ubicarlo a una profundidad de 25 a 50 cm y una distancia de 10 cm después de los goteros y de la planta (Fuentes, 1991).

**Tabla 11.** Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero

Semana de trasplante	Estado de desarrollo	Necesidad diaria (litros/m <sup>2</sup> /día)	
		Mínimo	Máximo
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2-5	1o. a 4o. racimo floral	1,5	3,0
6	5o. racimo floral	3,5	3,5
7-9	6o. racimo floral	3,5	4,0
10-11	7o. a 8o. 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).

Los tensiómetros deben ser leídos diariamente a una hora fija, preferiblemente en la mañana; es necesario llevar un registro que permita sacar conclusiones para el manejo de la irrigación. La interpretación se realiza de la siguiente manera:

- De 0 a 10: indica suelo saturado. 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.

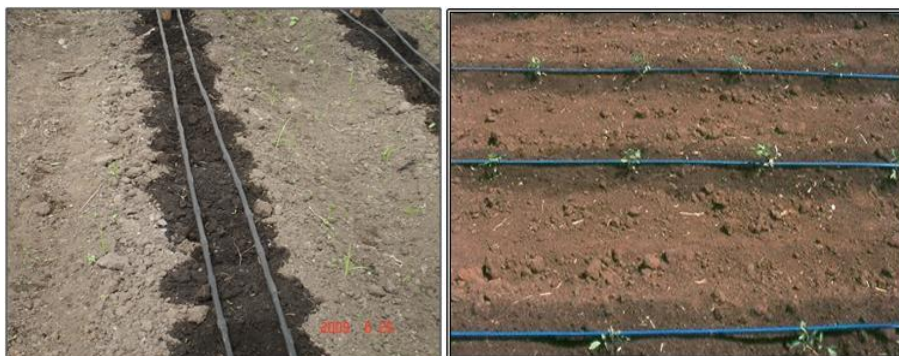
En el cultivo de tomate bajo invernadero lo ideal es implementar la tecnología del riego por goteo porque hay más eficiencia, menos pérdida de agua y se evita humedecer el follaje (Jaramillo *et al.*, 2011).

## Sistema de riego usado en la región

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 (figura 49), un sistema en que el agua se aplica gota a gota sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo y en que cada planta recibe en forma precisa la cantidad de agua y fertilizantes que requiere (Fuentes, 1991; Shany, 2007).

Los goteros son pequeñas piezas plásticas y los hay de varios tipos. Los más recomendables son los autocompensados, que son los 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 quede donde se necesita. En una manguera de polietileno se incorporan o se superponen los goteros, aunque también se pueden usar cintas con microperforaciones. El agua atraviesa un laberinto interno y va perdiendo presión; esta llega a ser tan pequeña que el agua se escurre en forma de gota. Es un método más eficiente en el cultivo en términos de productividad y calidad, con un aprovechamiento del recurso hídrico entre 90 y 95%.



**Figura 49.** Sistema de riego por goteo

Fuente: Jorge Jaramillo.

El sistema de riego más utilizado en el Oriente Antioqueño para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas es por goteo con cintas de riego a una distancia de 10 a 20 cm entre goteros.

## 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 en 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).
- Permite 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 (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 afectado por el viento: a diferencia del riego por aspersión, el viento no afecta al riego por goteo, el cual puede continuar ininterrumpidamente aún 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; esto minimiza el impacto ambiental por el menor uso de pesticidas (Bar, 2006; Marouelli *et al.*, 2001).
- Ahorro de mano de obra (Sneh, 2006; Fuentes, 1991).

## Frecuencia de aplicación de riego en el Oriente Antioqueño

La aplicación y frecuencia del riego se realiza de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo. Se da la necesidad de más agua a medida que va creciendo la planta. El riego también se ve influenciado por factores como temperatura, humedad relativa, humedad del suelo.

## Capítulo VII Fertilización

El estado nutricional de una planta es de vital importancia para que este alcance un crecimiento óptimo y pueda resistir al ataque de plagas y enfermedades (Jaramillo *et al.*, 2013). La carencia o ausencia de algún elemento en el cultivo presenta la siguiente sintomatología (recuadros 2, 3, 4, 5 y 6):

### Función y deficiencias de los nutrientes



**Nitrógeno:** elemento fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases nitrogenadas. Favorece el crecimiento del tallo y el follaje, contribuyendo a la formación de frutos y granos. La deficiencia de este elemento (figura 50) se manifiesta con un alargamiento en las plantas; tallos y hojas delgadas y erguidas. Las hojas inferiores presentan un color verde pálido hasta casi amarillo; cuando la deficiencia es severa toda la planta se vuelve de un color empalidecido, las flores se pueden caer prematuramente y el fruto que se forma se queda pequeño. El exceso (figura 51) 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).



**Fósforo:** trabaja en la fotosíntesis, la respiración, la transferencia de energía y en la división y alargamiento celular; promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces y mejora la calidad del cultivo. Es de vital importancia para la formación de semillas. La carencia de este elemento (figura 52) causa raquitismo en la planta, los tallos son delgados y fibrosos, con una coloración púrpura opaca; las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulado, acompañado de tintes de bronceados o púrpuras, síntoma común en etapa de semillero; se presenta poca floración y cuajado de los frutos.



**Potasio:** importancia preponderante en el llenado, firmeza y calidad organoléptica del fruto; interfiere en la uniformidad de la maduración, lo que incrementa la vida en estante. Es vital para la fotosíntesis y esencial para la síntesis de proteína; ayuda a la planta a hacer un uso eficiente del agua. La deficiencia (figura 53) se presenta primero en hojas viejas; se caracteriza por una clorosis entre las nervaduras, que rápidamente van tornándose de color bronce y luego necrosan; los entrenudos se acortan; hay pérdidas en rendimiento y falta de vigor en las plantas. Los frutos (figura 54) presentan una maduración irregular, reducen su tamaño y calidad (pocos sólidos solubles, manchas amarillas con áreas verduscas).

#### Recuadro 2. Función y deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 50.** Planta con deficiencia de nitrógeno

Fuente: Zeidan (2005).



**Figura 51.** Plantas con exceso de nitrógeno

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 52.** Plantas con deficiencia de fósforo en hojas

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 53.** Síntoma de deficiencia de potasio en hojas

Fuente: Zeidan (2005).



**Figura 54.** Síntoma de deficiencia de potasio en frutos

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Calcio:** ayuda a los rendimientos en forma indirecta, pues mejora las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes. Aunque el calcio esté disponible en el suelo, se presenta deficiencia (figura 55) en la planta por baja o alta humedad relativa, alta temperatura en el suelo y en el aire o estrés por agua, y poco desarrollo del sistema radicular, lo que provoca que la planta no lo trasloque a las hojas y los frutos. Inicialmente se presenta un amarilleamiento en los bordes de hojas superiores y una coloración pardo oscura en el envés; en los frutos se presenta una pudrición en el extremo apical (culillo).

**Magnesio:** mineral constituyente de la clorofila, presente activamente en la fotosíntesis; ayuda también en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de la planta y la activación de numerosas enzimas. Necesario para la formación de azúcares. Propicia también la formación de aceites y grasas. Su deficiencia (figura 56) se presenta en las hojas más viejas de la planta, con 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). En casos severos se da la muerte de las hojas viejas, toda la planta se vuelve amarilla y se reduce la producción.

**Azufre:** esencial en la formación de proteínas, ya que hace parte de algunos aminoácidos. Pertenece a las enzimas y vitaminas y es necesario para el desarrollo de la clorofila; ayuda a mantener el color verde, estimula el crecimiento y la producción de semilla. La deficiencia bajo condiciones de invernadero es escasa; las plantas se vuelven pequeñas, con hojas rígidas y curvadas hacia abajo; se desarrolla una clorosis intervenal verde amarilla a amarilla; los tallos, las venas y los peciolo adquieren una coloración púrpura; las manchas necróticas pueden aparecer en las márgenes y puntas de hojas más viejas y sobre el tallo. Esta deficiencia es similar a la del nitrógeno, pero la del azufre se manifiesta en las hojas más jóvenes por la poca movilidad de este elemento.

**Recuadro 3.** Función y deficiencias de calcio, magnesio y azufre

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 55.** Deficiencia de calcio  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 56.** Deficiencia de magnesio  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Hierro:** participa en el proceso respiratorio y en la fotosíntesis e interviene en la formación de clorofila, por lo cual es indispensable en la formación de alimentos en la planta. Su deficiencia (figura 57) se presenta en las hojas terminales con una clorosis en los márgenes, que se extiende por toda la hoja; las venas permanecen verdes, se disminuye el crecimiento de la planta, con hojas más pequeñas que lo normal y las flores se caen (aborto de la planta). Con el tiempo, la clorosis puede pasar a las hojas más viejas. La deficiencia de hierro puede ocurrir por un exceso de manganeso en los tejidos de las plantas.

**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, como la oxidación, la reducción y la hidrólisis. Cuando se presenta deficiencia (figura 58) las hojas apicales, medias y viejas desarrollan clorosis intervenosa, lo que da una apariencia de moteado; la vena central de la hoja y algunos bordes alrededor de la vena se mantienen verdes, mientras que el resto de la hoja es de color amarillo. Si la deficiencia es severa, se desarrollan pocas flores y hojas.

**Zinc:** indispensable en la formación de clorofila y componente esencial de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento. Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes. Da resistencia a las plantas a bajas temperaturas. Cuando hay deficiencia (figura 59) la planta presenta entrenudos largos y cortos, con una apariencia de roseta; las hojas son pequeñas y gruesas, con manchas cloróticas irregulares de color verde amarillo; los peciolo se rizan hacia abajo y las hojas se enrollan completamente. Las hojas basales muestran clorosis café anaranjado. Se produce aborto de flores y los frutos que se desarrollan permanecen pequeños.

**Recuadro 4. Función y deficiencias de hierro, manganeso y zinc**

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).

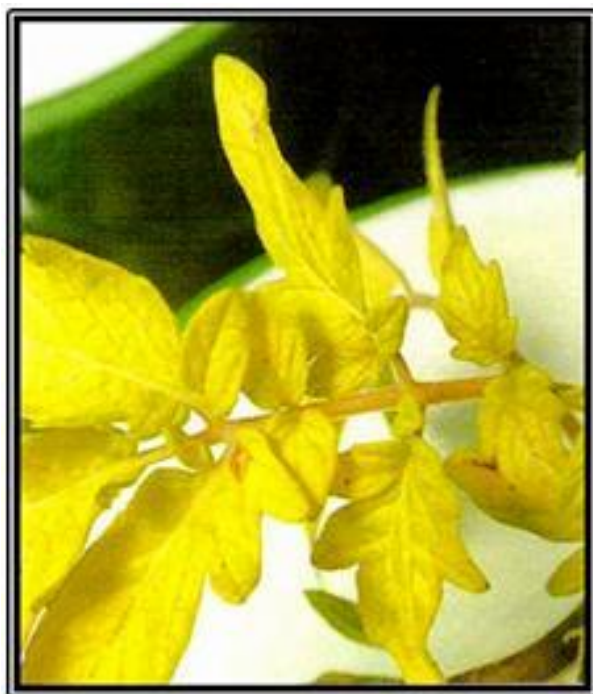


**Figura 57. Deficiencia de hierro**

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 58.** Deficiencia de manganeso  
Fuente: Zeidan (2005).



**Figura 59.** Deficiencia de zinc  
Fuente: Zeidan (2005).

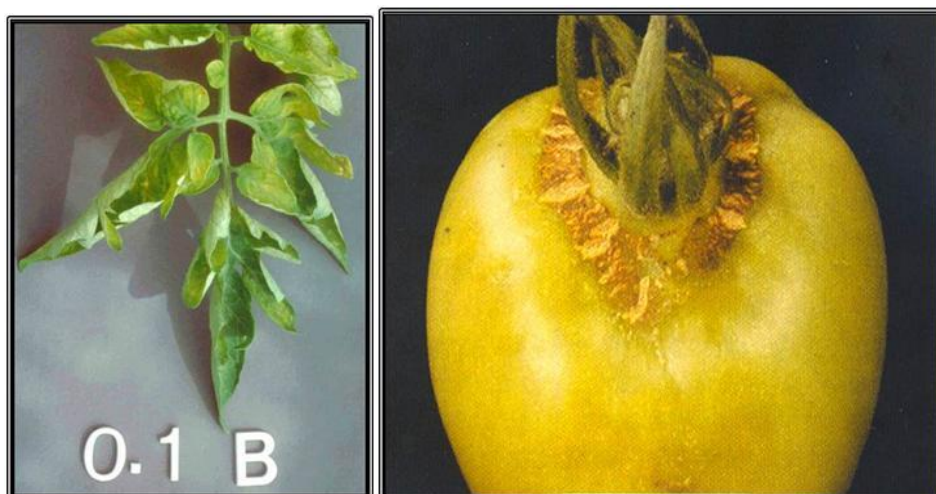
**Boro:** actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas; interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico y el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos de formación. Su deficiencia (figura 60) se manifiesta generalmente en la hojas jóvenes, las cuales permanecen pequeñas y se deforman enroscándose hacia adentro, con manchas cloróticas de color amarillo naranja y venas amarillas; se afecta el punto de crecimiento, el cual se necrosa y muere deteniendo completamente el crecimiento de la misma. También produce caída de flores y frutos con áreas corchosas alrededor del punto de abscisión.

**Cobre:** se encuentra presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción; induce a la formación del polen viable, por lo cual su alta demanda se presenta en el proceso de floración. Deficiencia: las márgenes de las hojas jóvenes de las plantas son pequeñas, pálidas y distorsionadas, se enroscan hacia arriba y los brotes se atrofian. Se producen lesiones necróticas oscuras sobre la vena principal, no hay producción de flores o esta es mínima; en casos severos la planta presenta enanismo y clorosis.

**Molibdeno:** es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico en la hormona ABA; regula el crecimiento; protege las plantas contra factores de estrés fisiológico; induce efectos positivos en la formación de polen viable al momento de la floración y fecundación. Deficiencia: las hojas muy viejas presentan clorosis entre las nervaduras, los márgenes de las hojas se enroscan hacia arriba, las venas de las hojas también son cloróticas; en casos severos se presenta necrosis de las hojas.

### Recuadro 5. Función y deficiencias de boro, cobre y molibdeno

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 60.** Deficiencia de boro

Fuente: Zeidan (2005).

**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).

**Níquel:** es también un elemento esencial 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. 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.

#### **Recuadro 6.** Función y deficiencias de cloro y níquel

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2012) y Jaramillo *et al.* (2013).

## **Disponibilidad y extracción de nutrientes**

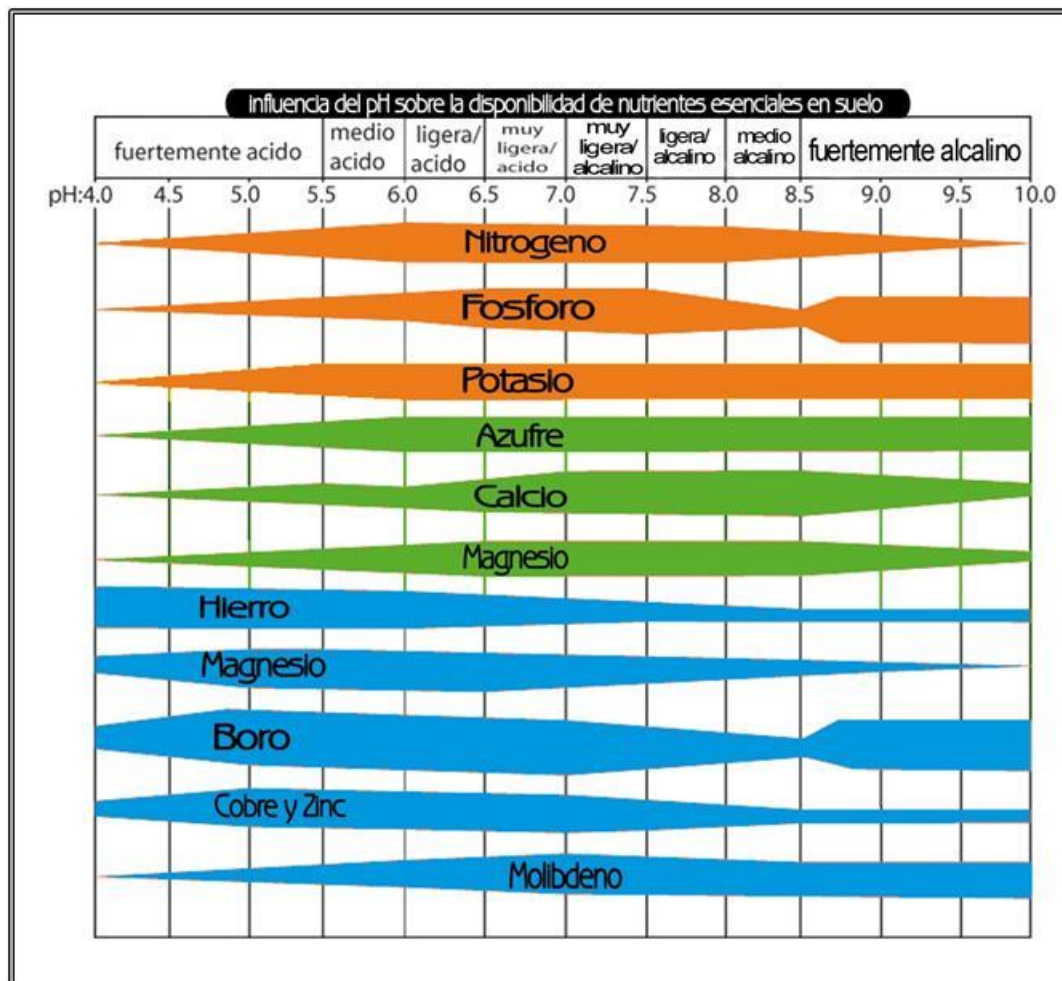
El objetivo principal de la fertilización es aportar a los cultivos los nutrientes esenciales cuando el suelo no los provee, en una cantidad adecuada y en el tiempo oportuno en que son demandados por las plantas. Un plan de fertilización en el cultivo depende de la disponibilidad de nutrientes del suelo de acuerdo con el pH (figura 61), contenido de materia orgánica (tabla 12), humedad, variedad, producción y calidad esperada del cultivo.

Por esta razón la aplicación de fertilizantes dependerá del resultado del análisis químico del suelo, análisis foliares, observaciones en campo y las recomendaciones del asistente técnico.

**Tabla 12.** Limitantes en nutrientes de acuerdo con las condiciones del suelo

Condiciones del suelo	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Mo	Ca	Mg	S	N	-P	K
<b>pH alto</b>	X	X	X	X	X							
<b>pH bajo</b>	X				X	X	X	X			X	
<b>Materia orgánica alta</b>	X			X	X	X	X	X				X
<b>Materia orgánica baja</b>	X			X	X	X						
<b>Fertilidad natural baja</b>	X			X	X	X						
<b>Tipo arcilla (fijación)</b>	X			X	X						X	X
<b>Erosión</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Lixiviación</b>					X		X	X	X	X		X
<b>Excesos de humedad</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Sequía excesiva</b>	X				X							X
<b>Malos drenajes</b>	X	X	X		X							X
<b>Compactación del terreno</b>	X	X	X		X							X
<b>Mala aireación del suelo</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Bajas temperaturas</b>	X											
<b>Altas temperaturas</b>					X					X		X
<b>Suelos arenosos</b>	X				X		X	X				X
<b>Suelos calcáreos</b>	X	X	X		X							X
<b>Suelos salinos</b>	X	X	X	X	X					X	X	X
<b>Suelos orgánicos</b>				X							X	X
<b>Excesos de cal</b>	X	X	X	X				X			X	X
<b>Excesos de fósforo</b>	X	X	X									
<b>Alto nivel de carbonatos</b>	X	X										
<b>Hidróxidos de Fe y Al</b>	X				X	X			X		X	
<b>Alta flora microbiana</b>						X			X	X		

Fuente: Microfertisa (s. d.).



**Figura 61.** Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo  
Fuente: Zeidan (2005).

El tomate es una planta con alta exigencia de nutrientes, requiere 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 puede causar 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 del fruto se requiere 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 13) (Jaramillo *et al.*, 2013).

**Tabla 13.** Aporte de nutrientes de algunos fertilizantes

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
<b>Nitrato de amonio</b>	33 (26)	-	-	-	-	0,1
<b>Sulfato de amonio</b>	21	-	-	-	-	24
<b>Nitrato de calcio</b>	15,5	-	-	26,5	-	-
<b>Nitrato de calcio magnésico</b>	13,5	-	-	17	6	-
<b>Nitrato de potasio</b>	13,6	-	45 - 46	-	-	-
<b>Urea</b>	46	-	-	-	-	-
<b>Ácido nítrico</b>	9	-	-	-	-	-
<b>Fosfato diamónico sol</b>	18	46	-	-	-	-
<b>Fosfato monoamónico</b>	11	50	-	14	-	0,3
<b>Superfosfato triple</b>	-	46	-	-	-	-
<b>Fosfato monopotásico</b>	-	52	34			0,2
<b>Ácido fosfórico</b>		40				1-2

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

La extracción y acumulación de nutrientes aumenta según la etapa en la que se encuentre el cultivo; en la floración y la fructificación se incrementa 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). La tasa máxima de acumulación de nutrientes se logra a partir de los tres meses. El potasio es el elemento que la planta toma en mayor proporción, ya que aproximadamente el 73,8% es absorbido durante el proceso de fructificación. Por lo demás, en estudios realizados acerca de la composición mineral del cultivo en diferentes estadios de crecimiento se encontró 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 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).

## Limitantes del cultivo para la absorción de nutrientes

La habilidad de las plantas para absorber los nutrientes está sujeta por los siguientes factores:

- **Concentración de oxígeno en la atmósfera del suelo:** una pobre aireación inhibe la absorción de muchos nutrientes y afecta su 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.
- **Temperatura del suelo:** la absorción de nutrientes se encuentra relacionada con la actividad metabólica, que a su vez depende de la temperatura. Por ejemplo, se requiere con más frecuencia una mayor concentración de la solución de un nutriente para una máxima rata 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 depende fuertemente de la temperatura, y el transporte neto se reduce esencialmente a temperaturas cercanas a cero.
- **Reacciones antagónicas que afectan la toma de nutrientes:** cuando la concentración de un nutriente en la superficie de la raíz es posiblemente el factor más crítico que afecta a la rata de absorción bajo condiciones normales, pueden ser igualmente importantes reacciones antagónicas entre nutrientes. Existen interacciones de las cuales se pueden citar algunas: 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.
- **Sustancias tóxicas:** cuando una sustancia interfiere en los procesos metabólicos de la planta, afecta a la toma de nutrientes de 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. A la vez existen numerosos inhibidores de absorción de iones, entre los que se encuentran compuestos como algunos arsenatos, fenilhidrazonas, cloroanfenicol, malonatos, transaconinatos, arsenitos, fluoruros, fluoracetatos, etc.
- **Enfermedades que afecten el normal desarrollo fisiológico de las plantas,** especialmente en raíces, como nematodos, bacteriosis y hongos del suelo.

- **Exceso o deficiencia de agua.**
- **Textura y estructura del suelo:** de esta depende gran parte del desarrollo de un buen sistema radicular. A mayor área de enraizamiento, mayor absorción de nutrientes por la planta (Jaramillo *et al.*, 2013).

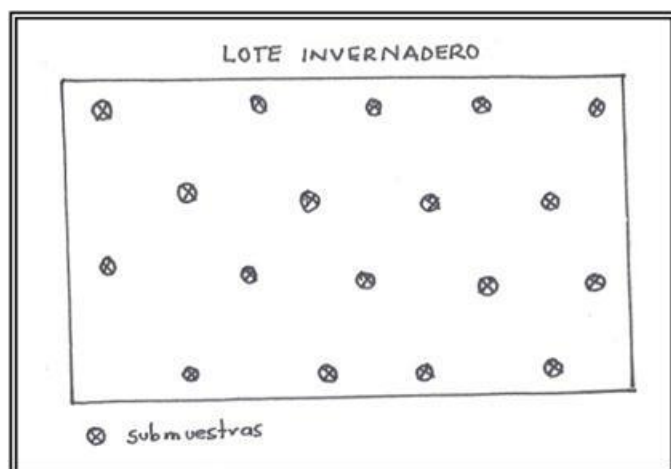
## Análisis de suelos y su interpretación

La evaluación del grado de fertilidad del suelo parte de un análisis de este, herramienta que se utiliza como referencia, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización o para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Esto permite un uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos como de enmiendas (ICA, 1992).

Es de vital importancia realizar esta práctica de forma correcta para que sea representativa del área o lote en que se busca la información. No obstante, esta práctica no es muy usada por los productores por diferentes factores: desconocimiento sobre la manera de tomar las muestras, falta de información sobre disponibilidad de laboratorios y costo de la misma.

Toma de muestras:

- Recorrer el invernadero en zigzag (figura 62) y cada 15 o 30 pasos tomar una submuestra. La recolección se hace con pala o barreno.



**Figura 62.** Toma de submuestras en el lote  
Fuente: Paula Andrea Aguilar.

- 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 se toman entre 20 y 30 cm de profundidad (figura 63).
- 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 63.** Toma de muestras de suelo

Fuente: Gloria Navas Arboleda.

De la buena calidad de las muestras tomadas dependerá el análisis de suelo, puesto que la muestra enviada al laboratorio (de 0,5 a 1,0 Kg) representa millones de kilogramos de suelo.

La muestra se identifica de la siguiente manera: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, número de muestra y lote, superficie que representa y otras informaciones complementarias, por ejemplo 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 la forma y época de aplicación de esta.

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, 1995; Jaramillo *et al.*, 2007).

La interpretación del análisis de suelo (tabla 14) es la etapa más importante y difícil. No se trata solamente de conocer los niveles críticos, sino de poder tener un concepto global del análisis, considerar la interdependencia entre elementos y propiedades del suelo, medir el efecto de las condiciones de clima y conocer el cultivo para el cual se va a utilizar el análisis (ICA, 1992).

**Tabla 14.** Interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de tomate

Análisis	Unidad	Bajo	Medio	Alto
<b>Materia orgánica</b>	%	<5,0 zona cálida <10 zona fría	5,0 a 10 zona cálida 10 a 20 zona fría	>10 zona cálida >20 zona fría
<b>Fósforo (Bray II)</b>	ppm	<30	30 a 60	>60
<b>Potasio</b>	meq/100 g	<0,3	0,3 a 0,6	>0,6
<b>Calcio</b>	meq/100 g	<1,5	1,6 a 3,0	>3,0
<b>Magnesio</b>	meq/100 g	<0,5	0,6 a 1,0	>1,0
<b>Aluminio</b>	meq/100 g	<1,5	1,6 a 3,0	>3,0
<b>Azufre</b>	ppm	< 11	11 a 15	> 15
<b>Capacidad de intercambio catiónico (CCI)</b>	meq/100 g	< 10	10 a 20	> 20
Micronutriente	<b>Unidad</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
<b>Hierro</b>	ppm*	<20,0	21,0 a 40	>40
<b>Manganeso</b>	ppm*	<5,0	5,0 a 10	>10
<b>Cobre</b>	ppm*	<1,0	1,1 a 3,0	>3,0
<b>Zinc</b>	ppm*	<1,5	1,6 a 3,0	>3,0
<b>Boro</b>	ppm**	<0,3	0,3 a 0,6	>0,6

\* Con  $\text{NaHCO}_3$ + EDTA a pH 8,5. \*\* Por agua caliente.

Fuente: Muñoz (1995).

## Fuentes de fertilización orgánica y química

Entre los fertilizantes usados en el cultivo de tomate bajo invernadero se encuentran los fertilizantes edáficos: DAP granulado (18-46-0), 10-20-20, 10-30-10, 15-15-15 y fuentes de elementos menores, entre otros.

También se pueden usar fertilizantes completos para cada etapa del cultivo o fórmulas creadas a partir de fuentes simples para fertirriego con la supervisión de un técnico o agrónomo; estos se pueden usar alternando con fertilización edáfica y foliar, la cual es una muy buena práctica para obtener frutos de muy buena calidad y además prevenir las deficiencias de nutrientes.

El fertirriego es el empleo de agua combinada con fertilizantes a través del sistema de riego, en que se administra una solución de fertilizante al sistema para que ambos se repartan de la forma más uniforme posible. El objetivo es mantener la disponibilidad de agua y elementos nutritivos en la zona radicular a niveles óptimos (Guzmán y López, 2004; Moratinos y Zapata, 2004).

Algunos de los fertilizantes que se pueden usar para estos fines son: sulfato de magnesio, potasio, Mastin calcio, Master inicio, nitrato de calcio (15-0-0-26), Irricol, CAB calcio-boro, aminoácido, Foscaprin con magnesio.

## Capítulo VIII

### Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas (MIP) consiste en combinar diferentes métodos o técnicas de una manera conjunta y en el momento oportuno para mejorar las condiciones del cultivo, disminuir el ataque de plagas, minimizar el impacto ambiental y contribuir con la producción de alimentos inocuos. El énfasis está en el “control”, no en la “erradicación”. El MIP sostiene que la erradicación completa de una plaga es a menudo imposible y que intentarlo puede ser sumamente costoso, insalubre y en general irrealizable. Es mejor decidir cuál es el nivel tolerable de una plaga y aplicar controles cuando se excede ese nivel (umbral de acción). En la tabla 15 se describen los métodos o técnica para un manejo integrado de plagas en invernadero con un enfoque de buenas prácticas agrícolas

**Tabla 15.** Métodos o técnica para un manejo integrado de plagas 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.	
Estructura lo más hermética posible (mallas antiinsectos o anti-trips en laterales y aberturas), siempre y cuando no perjudique la ventilación dentro del invernadero.	Ventilar adecuadamente para evitar el exceso de humedad relativa y altas temperaturas en el invernadero, lo cual favorece el desarrollo de enfermedades y plagas.	Limpieza y desinfección de estructura y suelo.
Colocar doble puerta o precámara a la entrada del invernadero (figura 64 A)	Mantener el plástico en buenas condiciones (sin agujeros y limpio).	Tratamiento de focos de infección.
Análisis fisicoquímico del suelo.	Colgada y guiada oportuna de las plantas.	
Análisis de agua para riego.	Podas oportunas de yemas, brotes y hojas.	
Continúa...		

		Continuación
Sembrar materiales (variedad o híbrido) con resistencia o tolerancia a enfermedades.	Aplicación de un bactericida después de la poda. Eliminación de focos de infección (figura 64 B).	Eliminación de socas.
Utilizar semillas de materiales (híbridos o variedades) registrados.	Desinfección de herramientas. Visitas periódicas al cultivo. Seguimiento semanal.	Recolección de frutos enfermos
Uso de semillas sanas.	Desinfección de calzado para ingresar al invernadero.	
No sembrar semilleros en el mismo invernadero en el que hubo un cultivo recientemente.	Evitar el goteo del agua de condensación del techo del invernadero. Evitar asocio con cultivos que sean refugio de plagas, enfermedades o vectores.	Disposición de residuos de cosecha.
Utilizar plántulas sanas, libres de plagas y enfermedades.	Oportuna eliminación de malezas.	Solarización.
Sistema de siembra adecuado.	Favorecer la polinización, utilizando abejorros, vibración y fitorreguladores. Favorecer la aplicación de productos biológicos.	
Distancia de siembra adecuada.	Utilizar trampas: adhesivas de color amarillo (mosca blanca y minador) y azules ( <i>trips</i> ); con atrayentes sexuales (cogollero del tomate); de luz en la noche para adultos de lepidópteros y coleópteros.	Rotación de cultivos.

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 64.** Doble puerta o precámara a la entrada del invernadero (A) y adecuada remoción de plantas enfermas (B).

Fuente: Jorge Jaramillo.

## Componentes del manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas es una estrategia que involucra componentes como seguimiento, control legal, natural, cultural, mecánico, etológico, biológico y químico (recuadro 7).

**Seguimiento:** práctica fundamental para determinar si las poblaciones o las condiciones de las plagas que se presenten ameritan aplicar uno o varios métodos de control.

**Control legal:** consiste en el establecimiento de leyes, decretos, normas o disposiciones legales de carácter nacional, departamental y municipal (e incluso específicamente para fincas) encaminadas a evitar la introducción, establecimiento o diseminación de plagas en un país, región o cultivo.

**Control natural:** los principales agentes de este control son: factores bióticos (organismos presentes en el agroecosistema que actúan en forma natural sobre los insectos plaga, con lo cual regulan sus poblaciones). Se clasifican en parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Barfield, 1989). Factores abióticos: factores ambientales que pueden intervenir directa o indirectamente sobre las poblaciones de los organismos fitopatógenos. Véase figura 65.

**Control cultural:** utilización de las prácticas agrícolas con el propósito de prevenir el ataque de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos o disminuir sus daños.

**Control mecánico:** 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:** las plagas solamente pueden desarrollarse y sobrevivir dentro de ciertos límites de factores físicos ambientales, porque más allá de los límites mínimos y máximos las condiciones resultan letales.

**Control etológico:** manipular el comportamiento de plagas insectiles e insectos benéficos mediante el uso de mediadores químicos. Trampas (instrumentos de captura de insectos que se valen de materiales impregnados con un producto pegajoso que presenta un color atractivo a los insectos o trampas de luz que detienen los insectos, con una efectividad en el control de *trips* bajo invernadero. Barreras físicas (impedir la entrada de plagas al interior del invernadero, instalación de mallas anti-insectos ubicadas en el exterior del mismo). Véanse figuras 66 A y B y 67 A y B.

**Control biológico:** realizado por el hombre quien introduce o aumenta los enemigos naturales de los insectos plaga para reducir la densidad de población de las plagas. Incluye parasitoides, depredadores y patógenos de una gran especificidad hacia las plagas que se pretende controlar. Véase figura 68.

**Control con extractos vegetales:** 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.

### Recuadro 7. Componentes del manejo integrado de plagas

Adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 65.** Larva afectada por hongo fitopatógeno  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 66.** Trampa con feromonas para la captura de adulto de gusano cogollero *Tuta absoluta* (A) y trampa de luz para la captura de insectos (B)  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 67.** Trampa azul para captura de insectos (A) y trampa amarilla para captura de insectos (B)

Fuente: Jorge Jaramillo.

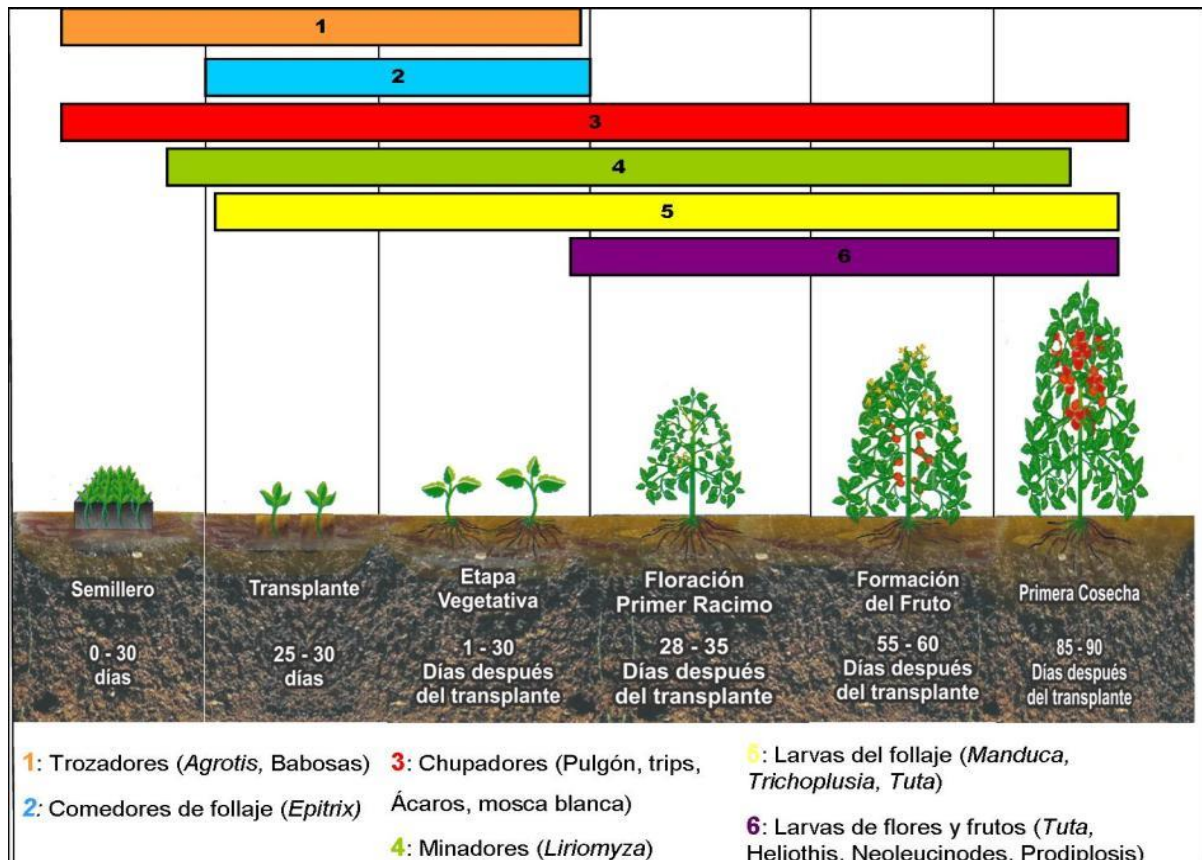


**Figura 68.** Parasitismo de huevos por *Trichogramma* sp.

Fuente: Senasa (2014).

## Descripción y manejo integrado de plagas

La incidencia de las plagas está en función de los factores ambientales y de la condición del cultivo. El conocimiento de la presencia de plagas, de acuerdo con el estado de desarrollo del tomate (figura 69), 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 69.** Ataque de plagas según el estado de desarrollo del cultivo

Fuente: adaptada de Catie (1990).

## Muestreo y niveles críticos

Un uso racional de productos químicos enfocados en la protección del cultivo se basa en la vigilancia y seguimiento (muestreo) constante del cultivo. Para justificar la aplicación de un agroquímico es esencial ir al campo, observar y determinar el nivel de las poblaciones de organismos plaga. Para un buen seguimiento es necesario conocer la fenología del cultivo y su biología y, de igual manera, el comportamiento del organismo plaga y sus factores de regulación natural. También es importante conocer la historia del lote en cuanto a plagas y el estado de los cultivos vecinos.

Después de cada seguimiento (muestreo) se puede tomar la decisión de si se puede convivir con los organismos dañinos o si el cultivo requiere manejo o supresión utilizando un producto para la protección de cultivos. Se debe tener en cuenta que este emplea si la población del organismo es tan abundante (supera el nivel crítico) que pueda provocar pérdidas económicas en las plantas. Si una población plaga no alcanza el nivel crítico, no es rentable el uso de agroquímicos (Jaramillo *et al.*, 2013).

Los productos para la protección (agroquímicos o plaguicidas) deben causar un mínimo impacto ambiental sobre enemigos naturales y ser utilizados según las dosis recomendadas en la etiqueta. El método de suministro determina la eficacia de una aplicación y el impacto sobre los enemigos naturales, por la cual es importante tener en cuenta el volumen total de mezcla a aplicar por unidad de área, a qué parte de la planta se dirigirá la aplicación, el momento oportuno (hora) de aplicación y el uso de adherentes u otros productos que permitan incrementar la eficacia de la misma.

## Toma de muestras

- **Herramientas de muestreo.** Varían según la plaga que se quiere muestrear (ecología y biología) y las características del cultivo. Para monitorear larvas o gusanos en hortalizas se utiliza el muestreo visual. Se debe tratar de hacer uso de herramientas que provean información de más de una plaga al tomar la muestra, como también es necesario que la herramienta utilizada para el muestreo brinde información confiable para así estimar las densidades de población en todo el campo y elegir las alternativas de control más acertadas (Barfield, 1989).

- **Muestreo de plagas en el suelo.** Con azadón o pala se hace un hueco de 30 cm de ancho × 30 cm de largo y 20 cm de profundidad. Este suelo se deshace sobre un pedazo de polietileno (plástico) de color blanco, con el propósito de descubrir las larvas o gusanos de polillas o cucarrones. Cuando se observa una densidad de población de 6 larvas grandes o 12 pequeñas en 25 agujeros por hectárea, es considerado un nivel crítico (Jaramillo *et al.*, 2013).
- **Camilla de muestreo.** Consiste en una manta pesada, de color blanco o amarillo. 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 × 0,90 m de ancho. Esta manta se coloca en la calle entre surcos o hileras de las plantas del cultivo que se va a muestrear; luego sacudir vigorosamente con las manos para que los insectos caigan de las plantas y puedan ser contados (Jaramillo *et al.*, 2013).
- **Inspección visual.** 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 este muestreo se necesita en algunas ocasiones una lupa de mano (lente de aumento), especialmente si los insectos u otros artrópodos monitoreados son muy pequeños.
- **Trampas con atrayentes.** Consiste en fabricar trampas con alguna especie de cebo (atrayente alimenticio, sexual o luminoso), el cual captura las plagas para luego poder determinar su densidad poblacional.

## Número de sitios que se van a muestrear

Este número varía según los siguientes factores:

- **Tamaño del campo.** En los cultivos hortícolas en que los lotes de producción no son mayores de una hectárea, se recomiendan cinco sitios por lote.
- **Disposición espacial de la plaga en el campo.** Es necesario conocer la forma en que la plaga se distribuye en el campo (al azar, uniforme o agregada) para poder determinar el número de muestras a realizar y los sitios. La mayoría de las plagas que afectan el tomate se distribuyen por focos; entonces hay que emplear un número tal que cubra áreas con focos y áreas sin focos.
- **Precisión.** La precisión en los monitoreos aumenta con el incremento del número de muestras, pero la cantidad debe proporcionar datos que sean confiables y obtenidos de forma rápida.

- **Frecuencia de muestreo y etapas fenológicas del cultivo.** El daño provocado por las plagas varía según las etapas fenológicas del cultivo. En las etapas críticas (más susceptibles al ataque de plagas o cuando las condiciones climáticas favorezcan el desarrollo de dicha plaga) los muestreos deben realizarse más frecuentemente, hasta dos veces por semana.
- **Niveles críticos (umbrales de acción).** Se ha desarrollado la técnica del nivel crítico (umbrales de acción), una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. El control de la plaga se realiza cuando la población sobrepasa el nivel crítico.

El nivel crítico será el nivel mínimo de la población. Esta definición se aproxima a lo que se llama "niveles de daño económico"; estos niveles se expresan así:

- Densidad absoluta: por ejemplo, un promedio de 25 crisomélidos por metro lineal.
- Densidad relativa: por ejemplo, 15 loritos verdes por golpe de la red.
- Estimados de daño: por ejemplo, porcentaje de frutos dañados.

Cultivos saludables, provistos con suficiente agua y nutrientes, soportan más daños que las siembras en cultivos 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. Al momento de tomar la decisión de que 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 los niveles críticos locales es conveniente consultar a agencias de extensión agrícola de la zona, personal técnico capacitado o productores independientes que cuenten con la experiencia del cultivo, a fin de obtener información más precisa.

## Plagas del suelo, semillero y sitio de trasplante

Estas plagas hacen daño a las raíces, tallos y tejidos tiernos y causan pérdidas en la población de plántulas. Generalmente sus ataques se encuentran localizados en focos en el semillero o en el campo.

## Babosas: descripción, daños causados y su manejo (tablas 16 y 17)

**Tabla 16.** Descripción y daño causado por babosas

Plaga	Descripción	Daño
Babosas (Gastropoda: Stylommatophora: Limacodidae) <i>Deroceras reticulatum</i> (Müller), babosa reticulada o gris pequeña; <i>Milax gagates</i> , babosa rayada de las hortalizas.	Huevos ovoides a esféricos, color blanco a amarillo grisáceo y traslúcido (de 4 a 5 mm de diámetro), puestos en grupos de 20 a 100 pegados con una sustancia mucosa. El periodo de incubación dura de 20 a 30 días. 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.	Las babosas (figura 70) 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).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 70.** Babosas

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 17.** Manejo integrado de babosas

Control cultural	Control químico
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 estas 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 levantan para detectar y establecer la presencia de la plaga.	Ingrediente activo: metalaldehído Categoría: IV Dosis: 25 a 30 lb/ha; 4 a 6 kg/ha

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Tierreros y trozadores: descripción, daños causados y su manejo (tablas 18 y 19)

**Tabla 18.** Descripción y daño causado por tierreros y trozadores

Plaga	Descripción	Daño
<p>Tierreros y trozadores (Lepidoptera: Noctuidae)  <i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel), gusano trozador negro;  <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith), gusano cogollero del maíz;  <i>Copitarsia</i> sp., muque de la papa.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p> <p>Las larvas se alimentan de las plantas en las primeras semanas después del trasplante; atacan sus cuellos y raíces y dañan 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 71).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 71.** Larva de trozador

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 19.** Manejo integrado de tierreros y trozadores

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
Principal práctica: preparación del terreno y recolección manual de larvas y pupas dentro del invernadero, eliminación de malezas dentro y fuera del mismo (estas especies preferentemente ponen sus huevos en ellas), ubicación de trampas de luz alrededor del invernadero para la captura de los insectos adultos (se estiman así sus poblaciones relativas); 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 <i>et al.</i> , 1990; Vélez, 1987; Jaramillo <i>et al.</i> , 2007).	El control químico se debe aplicar solamente cuando las poblaciones del insecto sean muy altas.	Las larvas son afectadas con frecuencia por el hongo <i>Metarrizhium rileyi</i> y <i>M. anisopliae</i> (La Torre <i>et al.</i> , 1990).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### Chiza, mojoyoy o cucarrón marceño: descripción, daños causados y su manejo (tablas 20 y 21)

**Tabla 20.** Descripción y daño causado por Chiza, mojoyoy o cucarrón marceño

Plaga	Descripción	Daño
Chiza, mojoyoy o cucarrón marceño (Coleoptera: Scarabidae - Melolonthidae)	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 corta y consume las raíces, lo que causa raquitismo y volcadura de plantas; permanece allí en el proceso de consumo durante seis meses. Los adultos perforan las hojas, las dejan esqueletizadas y causan retrasos en el desarrollo de las plantas (figura 72) (Londoño, 2001).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).


**Figura 72.** Larva de chiza o mojoyoy

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 21.** Manejo integrado de chiza, mojoyoy o cucarrón marceño

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
Trampa de luz ultravioleta. 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, lo que les causa deshidratación y muerte.	La incorporación de insecticidas al suelo se recomienda solo en circunstancias específicas (en ataque severo de algunas plagas del suelo); por ejemplo, cuando se trata de un lote nuevo para hortalizas, mantenido con pastos o gramíneas en los cuales ha habido ataque fuerte de chizas (Moreno y Velandia, 2000).	Hongo <i>Metarrizhium anisopliae</i> , bacteria <i>Bacillus popillae</i> o con el nematodo <i>Steinernema carpocapsae</i> , organismos que se encuentran en forma natural en los suelos donde se presentan los daños.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### Chupadores o minadores de follaje: descripción, daños causados y su manejo (tablas 22 y 23)

**Tabla 22.** Descripción y daño causado por chupadores o minadores de follaje

Plaga	Descripción	Daño
Mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae) <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (West); <i>T. variabilis</i> (Quaintance); <i>Bemisia tabaci</i> (Genn); <i>B. tabaci</i> biotipo B.	Las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por los adultos con las puestas de huevos, los cuales son depositados por la hembra en el envés de las hojas. Las moscas blancas hembras pueden poner huevos no fertilizados, de los cuales nacerán solo machos. Los huevos fertilizados darán lugar a hembras; cada hembra puede producir hasta 200 huevos durante toda su vida; tardan entre 30 y 40 días en desarrollarse de huevo a adulto, dependiendo de la temperatura y otros factores ambientales (Syngenta. Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )).	Su importancia como plaga radica en el daño causado por adultos y estados inmaduros al succionar la savia de la planta (figura 73); puede transmitir virus, especialmente Begomovirus y Crinivirus, para los cuales se recomienda el empleo de variedades resistentes (Barreto <i>et al.</i> , 2002; Rodríguez <i>et al.</i> , 1994). La fumagina (figura 74) se forma al crecer el hongo <i>Cladosporium</i> sp. sobre la excreción azucarada o miel de rocío de adultos y ninfas de la mosca blanca. El daño de la fumagina es mucho mayor que el ocasionado por la mosca blanca al succionar la savia; favorece el desarrollo del hollín por la humedad relativa y temperaturas altas (Casadevall <i>et al.</i> , 1979). Tramite 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.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 73.** Adulto de mosca blanca en hojas

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 74.** Producción de fumagina por daño de mosca blanca que afecta los frutos

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 23.** Manejo integrado de mosca blanca

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>Eliminar las malezas hospedantes en el 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, usar aspiradoras (figura 75). 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 antiinsectos alrededor del invernadero, no abandonar los brotes al final del ciclo, ya que los más jóvenes atraen a 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).</p>	<p>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, ejercer una adecuada rotación de productos para evitar que la plaga adquiera resistencia. Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Clorpirifos. Categoría: III. Dosis: 1,5 a 2 cc/L Periodo de carencia: 21 días.</p> <p>Ingrediente activo: Imidacloprid. Categoría: III. Dosis: 0,3 cc/L. Periodo de carencia: 21 días.</p> <p>Ingrediente activo: Diafentiuron. Categoría: III. Dosis: 1 a 1,5 cc/L. Periodo de carencia: 7 días.</p>	<p>Parasitoide <i>Encarsia formosa</i> Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). <i>E. formosa</i> parasita al menos quince especies de mosca blanca de ocho géneros; se debe liberar un parasitoide por cada 17 ninfas de mosca blanca de tercer ínstar (Aragón <i>et al.</i>, 2008). Este es un parasitoide que hace la puesta de un huevo en una ninfa de mosca blanca y se desarrolla dentro de esta hasta convertirse en adulto. Cuando la ninfa de mosca blanca está parasitada (figura 76) adquiere un color negro en el caso de <i>T. vaporariorum</i>, y marrón claro cuando se trata de <i>B. tabaci</i> (Alomar, 1989; Rodríguez <i>et al.</i>, 1994). Otro controlador biológico que se encuentra en forma natural en Colombia es <i>Dicyphus agilis</i>, (Heteroptera: Miridae: Bryocorinae), que se ha reportado depredando moscas blancas en plantaciones de tomate y tabaco.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 75.** Uso de aspiradora para el control de mosca blanca  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 76.** Ninfas de *T. vaporariorum* parasitadas  
Fuente: McAuslane (2009).

## ***Trips*: descripción, daños causados y su manejo (tablas 24 y 25)**

**Tabla 24.** Descripción y daño causado por *Trips*

Plaga	Descripción	Daño
<p><i>Trips</i> (Thysanoptera: Thripidae)  <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande); <i>Thrips palmi</i> (Karny); <i>Thrips tabaci</i> (Linderman), <i>Trips</i> del tabaco.</p>	<p>Los <i>trips</i> son insectos muy pequeños; los adultos miden de 1 a 2 mm (figura 77), son de color amarillo, poseen gran movilidad y viven principalmente en el envés de las hojas, aunque también se localizan en el haz.</p>	<p>Los adultos y las ninfas causan punteados o pequeñas manchas cloróticas o plateadas en los tejidos (figura 78), que cambian después a pardo marrón y deforman las hojas (Rodríguez <i>et al.</i>, 1994). Si las poblaciones de estos insectos son altas, las hojas se secan parcial o completamente.</p> <p><i>F. occidentalis</i> prefiere las flores y brotes jóvenes, donde causa deformaciones; por su parte, <i>Thrips palmi</i> prefiere el follaje y los frutos jóvenes, en los que se producen deformaciones, lo que disminuye sus calidades para el mercado. Estas tres especies de <i>Trips</i> pueden transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV), que causa la 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 <i>Amaranthus dubius</i> y oreja de alce <i>Emilia sonchifolia</i>, razón por la cual es importante su control (Acosta <i>et al.</i>, 2009).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 77.** Adulto de *Trips*

Fuente: Zwanenburg (2013).



**Figura 78.** Daño en hoja por *Trips*  
Fuente: Pamies (2012).

**Tabla 25.** Manejo integrado de *Trips*

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>Dstrucción 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 biotrampa) para la captura de adultos, las cuales se colocan a la altura en la que predominan los adultos. Eliminación total de los residuos de cultivos anteriores de tomate antes de iniciar nuevas siembras, con una antelación mínima de 30 días.</p>	<p>Se debe realizar 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.</p> <p>Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Imidacloprid Categoría: III Dosis: 0,3 cc/L Periodo de carencia: 21 días</p> <p>Ingrediente activo: Clorpirifos Categoría: III Dosis: 1 - 3 L/ha Periodo de carencia: 21 días</p> <p>Ingrediente activo: Lambdacihalotrina Categoría: III Periodo de carencia: 35 días</p>	<p>Uso de predadores como <i>Chrysoperla externa</i>, que ataca los diferentes estados de desarrollo de <i>T. palmi</i>; aparte de utilizarse <i>Orius spp.</i> y <i>Amblyseius spp.</i></p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Minadores de la hoja: descripción, daños causados y su manejo (tablas 26 y 27)

**Tabla 26.** Descripción y daño causado por minadores de la hoja

Plaga	Descripción	Daño
<p>Minadores de la hoja (Diptera: Agromyzidae)  <i>Liriomyza sativae</i> (Blanchard), minador del follaje;  <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess), minador de la hoja; <i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard).</p>	<p>Son moscas pequeñas, de 1,5 a 2,3 mm de color negro y amarillo. Son llamadas minadores de las hojas debido a las galerías o minas que hacen las larvas durante su desarrollo en el interior de las hojas (Cárdenas, 2012). Esta especie es altamente polífaga, de manera que afecta a un amplio rango de familias botánicas como Compositae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Cucurbitaceae, Amarilidaceae, Alliaceae, Malvaceae, Solanaceae, Umbeliferae, Zigophyllacea, Leguminosae y Gramineae.</p>	<p>El daño económico lo realizan las larvas de estos insectos al construir minas y galerías en las hojas, con lo que desarrollan necrosis (figura 79) (Rodríguez <i>et al.</i>, 1994).</p> <p>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 aparecen lesionados, lo que ocasiona pérdidas económicas de consideración.</p> <p>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 (figura 80) (Vélez, 1987).</p> <p>Los daños ocasionados por los adultos de la plaga se traducen en pequeñas punteaduras originadas por las picaduras de la alimentación y la postura (Rodríguez <i>et al.</i>, 1994).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 79.** Daño por minador en hojas

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 80.** Adulto de minador de hoja *Liriomyza sativae*  
Fuente: Bio (2013).

**Tabla 27.** Manejo integrado de minadores de la hoja

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>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 que se aplica en el mismo cultivo); podas sanitarias de hojas afectadas, siempre y cuando no se 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).</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el control son:                      Ingrediente activo: B-Cyfluthin.                      Categoría: III.                      Dosis: 1 cc/L.                      Periodo de carencia: 3 días.</p> <p>Ingrediente activo: Chlorpyrifos.                      Categoría: III.                      Dosis: 1,5 L/ha.                      Periodo de carencia: 21 días.</p> <p>Ingrediente activo: Clorpirifos.                      Categoría: III.                      Dosis: 1,5 a 2 cc/L.                      Periodo de carencia: 21 días.</p>	<p><i>Oenogastra</i> sp. y <i>Opius</i> sp., que parasitan minadores (Moreno y Velandia, 2000).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Áfidos o pulgones: descripción, daños causados y su manejo (tablas 28 y 29)

**Tabla 28.** Descripción y daño causado por áfidos o pulgones

Plaga	Descripción	Daño
<b>Áfidos o pulgones</b> (Homoptera: Aphididae)	Estas plagas (figura 81) 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.	Se alimentan de los tejidos vegetales de las plantas, 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, lo que disminuye el vigor de la planta y ocasiona deformaciones y amarilleamientos, enanismo y en ocasiones la muerte. Su alcance radica en la transmisión de virus a las plantas. Entre las infecciones transferidas por los áfidos al tomate están: el virus del amarilleamiento de las nervaduras de la papa (PYVV), el virus del mosaico del pepino (VMP), el virus del grabado del tabaco (VGT) y el virus de la mancha anular del tabaco (TRSV); cada uno de ellos puede ser transmitido por más de una especie de áfido.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 81.** Pulgones chupadores de follaje

Fuente: Mondor (2005).

**Tabla 29.** Manejo integrado de áfidos o pulgones

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>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 <i>et al.</i>, 1994). 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).</p>	<p>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. La <i>Myzus persicae</i> es una de las especies que más ha desarrollado resistencia a los plaguicidas.</p> <p>Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Diafenturon. Categoría: III. Dosis: 1 a 1,5 cc/L. Periodo de carencia: 7 días.</p> <p>Ingrediente activo: Lambdacialotrina. Categoría: III. Dosis: 0,3 L/ha. Periodo de carencia: 5 días.</p> <p>Ingrediente activo: Imidacloprid. Categoría: III. Dosis: 0,3 cc/L. Periodo de carencia: 21 días.</p>	<p>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 depredadores de larvas y adultos están los insectos <i>Chrysoperla externa</i> (figura 82) y <i>Chrysopa formosa</i>, cuyas larvas son muy voraces y móviles y cuyos adultos comen melaza y polen y actúan fundamentalmente sobre pulgones, mosca blanca y ácaros (Rodríguez <i>et al.</i>, 1994; Perkins, 2009). También Coleópteros coccinélidos (figura 83) (<i>Coccinella septempunctata</i>) y los parasitoides <i>Aphelinus</i> sp. (Hym.: Aphelinidae) y <i>Praon</i> pos. <i>Occidentale</i> (Hym.: Braconidae).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 82.** Adulto de *Chrysoperla*  
Fuente: Salamanca (2012).



**Figura 83.** Adultos de Coccinellidae  
Fuente: Trek Nature. *Coccinella septempunctata*. En:  
<http://www.treknature.com/gallery/photo262310.htm> (consulta: noviembre de 2014).

## Ácaros o arañuelas: descripción, daños causados y su manejo (tablas 30 y 31)

**Tabla 30.** Descripción y daño causado por ácaros o arañuelas

Plaga	Descripción	Daño
<p>Ácaro rojo (Acarina: Tetranychidae) <i>Tetranychus urticae</i> (Koch), arañita roja</p>	<p>Es una de las especies más polífagas de la familia Tetranychidae, con una extensa lista que incluye más de cuatrocientas plantas hospedantes.</p> <p>Es una plaga común en diversos cultivos, como hortalizas, ornamentales, árboles frutales, algodón, frijol, tomate, yuca, crisantemo, rosas, mora, lulo y fresa, entre otras (Vélez, 1987).</p>	<p>Todos los estados móviles de estas arañitas se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales, generalmente por el envés de la hoja, y generan 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. Cuando la población es alta, los ácaros (figura 84) comienzan a formar una telaraña que puede cubrir el haz de las hojas, tallos y frutos, luego migran 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).</p>
<p>Ácaro blanco (Acarina: Tarsonemidae) <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banka), ácaro blanco tropical</p>	<p>Es un ácaro pequeño de color blanco perlado (figura 85).</p>	<p>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 se depositan los huevos), ya que sufre un resquebrajamiento con el que se interrumpe el desarrollo de la hoja y se causan deformaciones en esta.</p>
<p>Ácaro del bronceado (Acarina: Eriophyidae) <i>Aculops lycopersici</i> (Massei)</p>	<p>El ácaro del bronceado (figura 85) es diminuto: los adultos miden 0,12 a 0,15 mm y no se pueden ver sin la ayuda de una lupa (figura 85). Se distingue por su cuerpo amarillento y alargado y solo tiene dos pares de patas.</p>	<p>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.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 84.** Ácaros

Fuente: Navarro (consulta: noviembre de 2014).



*Aculops lycopersici* (vasates)



*Polyphagotarsonemus latus* (araña blanca)

**Figura 85.** Ácaro del bronceado y ácaro blanco

Fuente: Bayer CropScience.

**Tabla 31.** Manejo integrado de ácaros o arañuelas

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>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. Evitar también los excesos de nitrógeno y vigilar las plantaciones en las primeras fases de desarrollo.</p>	<p>Como el periodo vegetativo del tomate es muy corto y 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 <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>El control químico puede ser necesario en algunas ocasiones. Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Diafentiuron. Categoría: III. Dosis: 1 a 1,5 cc/L. Periodo de carencia: 7 días.</p> <p>Ingrediente activo: Propargite. Categoría: III. Dosis: 1,5 a 1,75 cc/L. Ingrediente activo: Imidacloprid. Categoría: III. Dosis: 0,3 cc/L. Periodo de carencia: 21 días.</p>	<p>Utilizar <i>Phytoseiulus permisimilis</i>, un ácaro depredador que se alimenta devorando todos los estados de la araña roja, tiene cuerpo globoso y color anaranjado o rojizo (De Vis <i>et al.</i>, 2007). Otras especies depredadoras de ácaros bajo invernadero son <i>Amblyseius californicus</i> y <i>Metaseiulus occidentalis</i>.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### Plagas masticadoras de follaje: descripción, daños causados y su manejo (tablas 32 y 33)

**Tabla 32.** Descripción y daño causado por plagas masticadoras de follaje

Plaga	Generalidades	Daño
<p>Pulguillas, cucarroncitos del follaje y cucarrones perforadores de las hojas (Coleoptera: Chrysomelidae) <i>Epitrix cucumeris</i>, pulguilla negra, pulguilla saltona; <i>Diabrotica balteata</i> Le Conte; <i>Systema</i> spp., pulga saltona, pulguilla de las hojas; <i>Ceratomyza</i> sp. y <i>Colaspis</i> sp.</p>	<p>No tienen importancia económica en el cultivo del tomate; esporádicamente pueden ocasionar ataques severos que obligan al agricultor a tomar medidas inmediatas de control. El nombre de pulguillas se aplica a un gran número de pequeños cucarrones de la familia Chrysomelidae, que se caracterizan porque los adultos saltan muy ágilmente cuando se los molesta.</p>	<p>Las plantas pequeñas y las plántulas en semilleros son usualmente las más afectadas por estas especies. Si existe un daño de importancia económica, se debe a los adultos (figura 86), que perforan las hojas (figura 87), los brotes tiernos e incluso las flores; hacen huecos redondos e irregulares en plantas pequeñas, lo que puede llegar a causar fuertes defoliaciones y perjudicar seriamente el crecimiento y desarrollo del cultivo.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 86.** Adultos de *Chrysomelidae*  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 87.** Perforaciones en el follaje por *Chrysomelidae*  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 33.** Manejo integrado de pulguitas, cucarroncitos del follaje y cucarrones perforadores de las hojas

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
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).	Este control va dirigido 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.	Muy poco se conoce acerca de los enemigos naturales y el control biológico de los cucarroncitos y pulguitas.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### Gusanos masticadores del follaje: descripción, daños causados y su manejo (tablas 34 y 35)

**Tabla 34.** Descripción y daño causado por gusanos masticadores del follaje

Plaga	Generalidades	Daño
Gusanos masticadores del follaje (Lepidoptera: Noctuidae-Sphingidae); <i>Trichoplusia ni</i> (Hubner), falso medidor del ajonjolí; <i>Pseudoplusia includens</i> (Walker), falso medidor del algodón; <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith), gusano ejército, gusano cogollero del maíz; <i>Heliothis virescens</i> (Fabricius), gusano del fruto del tomate (Lepidoptera: Noctuidae); <i>Manduca sexta</i> (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 88) consumiendo los brotes terminales o todo el tejido de las hojas y dejando únicamente las nervaduras. El daño más perjudicial lo hacen en los frutos, 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’. Las larvas del género <i>Spodoptera</i> 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, de modo que afectan el buen establecimiento del cultivo (La Torre, 1990). Las larvas del gusano cachón (figura 89) constituyen una de las plagas insectiles que más atacan 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 a 90 mm de largo cuando maduran. Su color es verde o verde gris, con siete rayas blancas oblicuas laterales y un cuerno de color púrpura en el penúltimo segmento abdominal (La Torre, 1990).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 88.** Larvas masticadoras del follaje

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 89.** Larva de gusano cachón

Fuente: University of Illinois Board of Trustees (2014).

**Tabla 35.** Manejo integrado de gusanos masticadores del follaje

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>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 ayuda a reducir la incidencia de pupas y larvas del suelo; y aislar el invernadero con mallas antiinsectos si la ventilación no es limitada (La Torre, 1990).</p>	<p>Si se va a usar control químico para reducir la población de la plaga, se debe estar seguro de que el nivel de infestación justifica la aplicación, y seleccionar un insecticida específico. Algunos ingredientes activos para el control son:            Ingrediente activo: Teflubenzuron.            Categoría: IV.            Dosis: 1 a 1,5 cc/L.            Periodo de carencia: 7 días            Ingrediente activo: Deltametrina.            Categoría: IV.            Dosis: 1,5 a 1,75 cc/L.            Periodo de carencia: 20 días.            Ingrediente activo: Lambdacialotrina.            Categoría: III.            Dosis: 0,3 L/ha.            Periodo de carencia: 5 días.</p>	<p>Parasitoides como <i>Copidosoma truncatellum</i> y <i>Meteorus leventris</i> regulan las poblaciones de <i>Trichoplusia ni</i> y <i>Pseudoplusia includens</i>; <i>Manduca sexta</i> posee un alto parasitismo en huevos por las avispa <i>Trichogramma</i> sp. y <i>Telenomus</i> sp. y sus larvas son frecuentemente parasitadas por <i>Apanteles</i> sp. Las aplicaciones a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> pueden ser efectivas para el control de <i>Trichoplusia ni</i> (La Torre <i>et al.</i>, 1990; Barreto, 2002).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Perforadores del fruto: descripción, daños causados y su manejo (tablas 36 y 37)

**Tabla 36.** Descripción y daño causado por perforadores del fruto

Plaga	Generalidades	Daño
<p><b>Cogollero del tomate</b>            (Lepidoptera: Gelechiidae)  <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (syn. <i>Scrobipalpa absoluta</i> (Meyrick))</p>	<p>Es considerado uno de los principales problemas entomológicos de esta hortaliza en Colombia. La población de la plaga aumenta significativamente en épocas de verano y en invernaderos poco ventilados en que se alcanzan altas temperaturas.</p>	<p>Los adultos son de hábitos nocturnos (emergen, copulan, ovipositan y se alimentan en la noche), demuestran una actividad diurna limitada y permanecen ocultos bajo el follaje de las plantas. Los huevos son depositados generalmente en el envés de los foliolos; las larvas, tan pronto emergen de los huevos, empiezan a minar las hojas (figura 90), mientras que otras se dirigen a los brotes (figura 91) donde se adhieren a las hojas terminales que posteriormente se secan y luego profundizan dentro del tallo haciendo una galería de arriba abajo; otras veces reúnen los limbos de dos hojas y se alimentan dentro de la cavidad formada (figura 92). El ataque se manifiesta por la presencia de hojas moteadas o parcialmente secas. 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, con lo cual les restan calidad comercial (figura 93). Es así como las larvas complementan su desarrollo dentro de las minas (La Torre <i>et al.</i>, 1990; Vélez, 1994).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 90.** Minaduras en hojas por daño de cogollero  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 91.** Larva en ataque al cogollo  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 92.** Hojas pegadas por larva de cogollero  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 93.** Perforaciones en fruto por cogollero

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 37.** Manejo integrado de cogollero del tomate

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>Instalación de trampas con feromonas (figura 94) combinándola con liberaciones de <i>Apanteles</i>. Utilizar precámara o doble puerta y la malla antiinsectos, que se deben colocar en las ventanas laterales.</p>	<p>Para la aplicación de insecticidas químicos se recomienda seleccionar el más específico y selectivo posible, utilizando las dosis más bajas de productos categorías III y IV. Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Triflumuron. Categoría: IV. Dosis: 260 a 500 cc/ha. Periodo de carencia: 10 días.</p> <p>Ingrediente activo: Imidacropid. Categoría: III. Dosis: 0,3 cc/L. Periodo de carencia: 21 días.</p> <p>Ingrediente activo: Teflubenzuron. Categoría: IV. Dosis: 0,25 cc/L. Periodo de carencia: 7 días.</p>	<p><i>Apanteles gelechiidivoris</i> Marsh (parasitoide de larvas) y <i>Trichogramma</i> (parasitoide de huevos); excelente alternativa de producción más limpia; son más utilizados comercialmente <i>Trichogramma pretiosum</i> y <i>Trichogramma exiguum</i> (Palacios, 1989).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 94.** Trampas de luz, trampas con feromona

Fuente: Jorge Jaramillo.

### **Pasador del fruto: descripción, daños causados y su manejo (tablas 38 y 39)**

**Tabla 38.** Descripción y daño causado por el pasador del fruto

Plaga	Generalidades	Daño
<p><b>Pasador del fruto</b> (Lepidoptera: Pyralidae) <i>Neoleucinodes</i> <i>elegantalis</i> (Guenée)</p>	<p>Las hembras ponen 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 (figura 95) prefiere poner 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 <i>et al.</i>, 1990).</p>	<p>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 (figura 96) se alimenta de la pulpa del fruto hasta completar su desarrollo, y solo sale cuando está listo para empupar en el suelo o sobre el follaje; deja un orificio redondo en el fruto de 3 a 4 mm (figura 97) (Barreto, 2002).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 95.** Adulto del pasador del fruto  
Fuente: Ana Elizabeth Díaz.



**Figura 96.** Larva del pasador del fruto  
Fuente: Ana Elizabeth Díaz.



**Figura 97.** Daño por pasador del fruto  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 39.** Manejo integrado de pasador del fruto

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
Recolectar frutos que presenten orificios de entrada y salida; enterrarlos o incinerarlos, eliminar 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 <i>et al.</i> , 2002). Adecuada fertilización, rotación de cultivos, instalación de trampas de luz en la parte externa del invernadero.	Las aplicaciones químicas resultan ineficientes ya que durante su estado inmaduro permanecen dentro del fruto, el cual protege a la larva contra la acción de los insecticidas. Algunos ingredientes activos para el control son: Ingrediente activo: Acephato. Categoría: III. Dosis: 0,5 cc/L. Periodo de carencia: 7 días. Ingrediente activo: Diflubenzuran. Categoría: IV. Dosis: 0,5 a 1,0 g/L. Periodo de carencia: 7 días. Ingrediente activo: Lambdacialotrina. Categoría: III. Dosis: 0,3 L/ha. Periodo de carencia: 5 días.	Liberación de parasitoides, especialmente de la especie <i>Trichogramma exiguum</i> ; uso de entomopatógenos como <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>

 Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Prodidiplosis: descripción, daños causados y su manejo (tablas 40 y 41)**

**Tabla 40.** Descripción y daño causado por *Prodidiplosis*

Plaga	Generalidades	Daño
<b>Prodidiplosis (Diptera: Cecidomyiidae)</b> <i>Prodidiplosis longifila</i> Gagné	El adulto es una mosquita diminuta, de aspecto delicado y frágil; la hembra puede ovipositar entre 40 y 60 huevos, que son puestos en los brotes, botones florales y cáliz del fruto en forma individual o en grupos de 2 a 7 huevos.	El daño es producido por las larvas, que se localizan entre las pequeñas hojas de los brotes que aún no han desplegado (tejidos tiernos); se alimentan de los brotes y al extenderse a las hojas aparecen con manchas oscuras y tienden a deformarse. Al alimentarse del ovario de las flores y de tejidos superficiales de frutos recién formados se observan costras superficiales, que aumentan de tamaño conforme el fruto se desarrolla; en muchos casos llegan a deformarse. Bajo el cáliz del fruto realiza su alimentación y produce, el daño denominado 'caracha', que determina la pérdida del valor comercial del tomate (figura 98).

 Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 98.** Daño causado al fruto por *Prodidiplosis*

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 41.** Manejo integrado de *Prodidiplosis*

Práctica cultural	Control químico	Control biológico
<p>Manejo adecuado de la humedad superficial, eliminación de hospederos (pasto King Grass), trampas de luz con paneles pegantes, fertilización para fortalecer el primer brote, periodo de cosecha adecuado.</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el control:                      Ingrediente activo: Imidacloprid.                      Categoría: III.                      Dosis: 0,3 cc/L.                      Periodo de carencia: 21 días.                      Ingrediente activo: Clorpirifos.                      Categoría: III.                      Dosis: 1,5 a 2 cc/L.                      Periodo de carencia: 7 días.</p>	<p>No se conocen controladores biológicos eficientes, pero se observa parasitismo por <i>Synopeas</i> y predación por <i>Chrysoperla asoralis</i>.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

***Heliothis*: descripción, daños causados y su manejo (tablas 42 y 43)**

**Tabla 42.** Descripción y daño de *Heliothis*

Plaga	Generalidades	Daño
<p><i>Heliothis</i> (Lepidoptera: Noctuidae) <i>Heliothis</i> <i>virescens</i> (Fabricius)</p>	<p>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 a varios de ellos. Cuando la larva madura, baja al suelo, que es donde empupa. La actividad del adulto (vuelo, alimentación con néctar, acoplamiento y oviposición) se concentra en la hora de oscurecer y en la noche.</p>	<p>Las larvas perforan, taladran y destruyen los frutos (figura 99); si no hay frutos, perforan las flores y botones florales, y en algunas ocasiones también taladran el tallo, lo que facilita 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; esto favorece el desarrollo de pudriciones (los frutos dañados generalmente caen de la planta en menos de cuatro semanas). 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 <i>Heliothis virescens</i> es de una larva por cada cinco plantas examinadas.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 99.** Larva de *Heliothis virescens* que causa daño en fruto

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 43.** Manejo integrado de *Heliothis*

Práctica cultural	Control químico
Estimar la población de adultos empleando trampas de feromonas (La Torre, 1990).	<p>Algunos ingredientes activos para el control son:</p> <p>Ingrediente activo: Lifenorum. Categoría: III. Dosis: 0,5 cc/L. Periodo de carencia: 7 días.</p> <p>Ingrediente activo: Thiocyclam hidrogenoxalato. Categoría: III. Dosis: 0,5 a 1 g/L. Periodo de carencia: 3 días.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Barrenadores y minadores del tallo: descripción, daños causados y su manejo (tablas 44 y 45)

**Tabla 44.** Descripción y daño del Minador del tallo del tomate

Plaga	Generalidades	Daño
Minador del tallo del tomate (Diptera: Agromyzidae) <i>Melanagromyza caucensis</i> (Steyskal); <i>Melanagromyza tomatarae</i> (Steyskal)	Adultos, moscas de tamaño pequeño (2,8 a 3,5 mm), color negro brillante y alas transparentes.	Las hembras depositan los huevos individualmente insertándolos en los tallos o cerca de la base de las hojas; las larvas ápodas hacen galerías dentro de las hojas y tallos, se alimentan del centro de estos últimos y ocasionan 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 peciolos, las hojas comienzan a amarillearse 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.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Tabla 45.** Manejo integrado del minador del tallo del tomate

Práctica cultural	Control biológico
Eliminación oportuna de residuos de cosecha y de la maleza bleado ( <i>Amaranthus</i> spp.), hospedera de esta plaga. Realizar siembras uniformes, ya que el escalonamiento en el cultivo brinda condiciones ideales para la supervivencia de la plaga (Barreto <i>et al.</i> , 2002).	Parasitoides de larvas como <i>Syntompus</i> sp. Los parasitoides buscan los orificios que dejan las larvas antes de empupar y parasitan las larvas o pupas dentro del tallo (Jaramillo <i>et al.</i> , 2013).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



## Capítulo IX

### Manejo integrado de enfermedades

Una planta sana cumple con todas sus funciones fisiológicas y expresa todo su potencial genético; cuando se encuentra enferma, una o algunas de esas funciones fisiológicas son interferidas por patógenos o por ciertas condiciones ambientales; la enfermedad pudo haber sido ocasionada por factores bióticos o enfermedades infecciosas (hongos, bacterias, virus, viroides, nematodos, fitoplasmas y protozoos) o por factores abióticos o enfermedades no infecciosas (ocasionados por excesos o defectos de condiciones ambientales, toxicidad por pesticidas o prácticas culturales mal realizadas) (Agrios, 2005).

Los factores que deben coincidir para que una enfermedad ocurra son: que la planta se encuentre susceptible, un patógeno virulento y condiciones ambientales favorables (para que se lleven a cabo las dos primeras). Para el manejo integrado es importante el conocimiento de estas tres características porque cualquier variación que haya en cualquiera de estas 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, por ejemplo, de los estomas que están relacionados con el intercambio gaseoso o por heridas mecánicas. Cuando el hospedante ha sido penetrado, la interacción entre la célula de la planta y el patógeno es de naturaleza química y no se observa a simple vista; la reacción se va extendiendo 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.

El primer fundamento para el manejo integrado de enfermedades es el diagnóstico correcto del agente causal de la enfermedad, pues permite definir de una mejor manera la estrategia de manejo a seguir; para cumplir adecuadamente con este fundamento es necesario consultar sobre las enfermedades y problemas más importantes del cultivo, conocer las características de resistencia de la variedad que se va a sembrar, evaluar las prácticas de manejo realizadas y las condiciones

ambientales del lugar, determinar la distribución de las plantas afectadas en el cultivo y conocer el avance de la enfermedad, determinar qué parte de la planta se encuentra afectada y los síntomas que presenta, y buscar la presencia de estructuras del patógeno.

Los efectos adversos que se han generado por el uso descontrolado de fungicidas de síntesis química para la producción de tomate han impulsado a 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 del cultivo (Howard, 2005; Jaramillo, 2001; Latif, 2009; Rodríguez, 1994; Sandoval, 2004; Tamayo, 1997). Entre los efectos adversos se encuentran: resistencia de los patógenos, surgimiento de enfermedades secundarias, daño ambiental y peligros para la salud tanto del productor como del consumidor.

El manejo de las enfermedades debe ser de manera preventiva; por lo tanto, en la planeación del cultivo es preciso diseñar medidas que permitan reducir la aparición de patógenos en cualquiera de las etapas del desarrollo del cultivo (recuadro 8).

**Manejo químico:** este debe ser un complemento de otras medidas de manejo; el tipo de producto a aplicar depende del organismo identificado en el diagnóstico y del ciclo de vida en que se encuentre; con base en lo anterior, utilizar un producto con acción preventiva, curativa o erradicativa. Otros factores de importancia son: tecnología de aspersión que se va a utilizar, lugar de la planta donde debe localizarse el producto, periodos de carencia (tiempo entre la aplicación y la cosecha) y reingreso (tiempo entre la

**Manejo biológico:** actualmente se avanza en el conocimiento de la capacidad de una serie de microorganismos para actuar como antagonistas de algunos patógenos e inductores de resistencia. Entre los microorganismos a partir de los cuales se ha desarrollado un mayor número de productos se encuentran: *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp., *Pseudomonas* spp., *Bacillus subtilis*, *Paecilomyces lilacinus*, una cepa no patogénica de *Fusarium oxysporum* y *Verticillium lecanii* (Cristancho, 2003).

**Manejo cultural:** reúne todas las prácticas agronómicas tendientes a la reducción de fuentes de infección, con el fin de evitar 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 es la práctica más adecuada para evitar el daño por patógenos.

### **Recuadro 8.** Componentes del manejo integrado de enfermedades

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) son el conjunto de procedimientos generales para los cultivos que permiten evitar riesgos o manejarlos en caso de que ellos aparezcan; estas se basan en tres principios fundamentales: obtener productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, proteger el ambiente y buscar el bienestar de los trabajadores (Sandoval, 2004; Jaramillo *et al.*, 2007).

Las buenas prácticas agrícolas recomendadas para el manejo del tomate bajo invernadero son:

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 con el propósito de impedir 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, 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; se busca evitar que a través de estos se diseminen las enfermedades.
- 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 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, y a la vez mantener un microclima favorable al cultivo y desfavorable para los patógenos importantes.
- Usar barreras vivas para limitar el acceso de insectos vectores al lote.
- 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 nutricionales e hídricos adecuados; así se evitan pudriciones, rajadura de frutos y 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 las 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.
- Rotar 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.
- Desinfestar las estructuras del invernadero anualmente.
- Desinfestar 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; el propósito es que no se presenten desórdenes fisiológicos, expresados en un alto desarrollo vegetativo de las plantas.
- Impedir la presencia de insectos vectores de virus, utilizando barreras físicas que eviten su ingreso al invernadero, así como 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 del día más frescos y con menor humedad.
- Desinfectar constantemente las manos de los operarios y las herramientas.
- No cosechar frutos mojados.
- Cosechar cuidadosamente, es decir, sin causar heridas o desgarres del tejido.
- Trasladar rápidamente el producto a un lugar sombreado y fresco.

## Enfermedades causadas por hongos y oomicetos

Los hongos y los oomicetos son organismos microscópicos y multicelulares con un cuerpo denominado micelio, compuesto por ramas o filamentos (hifas); se reproducen por esporas que pueden formarse sexual o asexualmente (Agris, 2005). Algunos de estos pueden vivir y multiplicarse solamente en presencia de una planta (parásitos obligados) y otros requieren de una planta hospedante para una parte de su ciclo de vida y lo completan sobre materia orgánica muerta (parásitos no obligados). La diseminación se realiza por agentes como agua, viento, insectos, animales y humanos; se transportan por esporas, fragmentos de hifas o masas de micelio hasta la nueva planta que va a ser infectada (American Phytopathological Society, 2009). En la tabla 46 se presentan las principales enfermedades del tomate ocasionadas por hongos y oomicetos, el órgano afectado y el patógeno asociado a cada enfermedad.

**Tabla 46.** Enfermedades del tomate ocasionadas por hongos y oomicetos

Órgano afectado	Nombre de la enfermedad y agente causal
Tallo	Pudrición de plántulas, <i>damping-off</i> , pata seca: <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Sclerotium</i> . (Complejo de hongos). Gota, tizón tardío: <i>Phytophthora infestans</i> . Mancha de Alternaria, tizón temprano: <i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> . Carate: <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i> Botrytis, moho gris: <i>Botrytis cinerea</i> . Moho blanco, Esclerotinia: <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> . Marchitez vascular, Fusarium: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> . Cenicilla, Oidium, mildew polvoso: <i>Oidium</i> sp. Link.
Cuello	Estrangulamiento del cuello de plántulas: <i>Phytophthora infestans</i> . Tizón del cuello: <i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> . Carate: <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i> .
Continua...	

Continuación	
<b>Hojas</b>	Gota, tizón tardío: <i>Phytophthora infestans</i> . Mancha de Alternaria, tizón temprano: <i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> . Botrytis, moho gris: <i>Botrytis cinerea</i> . Cenicilla, Oidium, mildero polvoso: <i>Oidium</i> sp. Link. Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia: <i>Fulvia fulva</i> , <i>Cladosporium fulvum</i> . Fumagina: <i>Cladosporium</i> Link: Fr.
<b>Flores</b>	Botrytis, moho gris: <i>Botrytis cinerea</i> . En sépalos: Cenicilla, Oidium, mildero polvoso: <i>Oidium</i> Link. Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia: <i>Fulvia fulva</i> , <i>Cladosporium fulvum</i> .
<b>Frutos</b>	Gota, tizón tardío: <i>Phytophthora infestans</i> . Mancha de Alternaria: <i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> . Pudrición del fruto y del pedúnculo: <i>Phoma andina</i> var. <i>crystalliniformis</i> . Mancha fantasma del fruto: <i>Botrytis cinerea</i> . Moho blanco, Esclerotinia: <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> . Antracnosis: <i>Glomerella cingulata</i> (anamorfo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ). Fumagina: <i>Cladosporium</i> Link: Fr.

Fuente: Navarro *et al.* (1989), Sánchez *et al.* (1998), Tamayo *et al.* (2006) y Jaramillo *et al.* (2007).

## **Gota, tizón tardío ((*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary): descripción, daños causados y su manejo (tablas 47 y 48)**

**Tabla 47.** Descripción y daño de gota, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)

Descripción	Daño
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 <i>et al.</i> , 1998; Sandoval, 2004; Jaramillo <i>et al.</i> , 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 100), tallos (figura 101) o frutos (figura 102). 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. Afecta a los peciolo causando doblamiento de los mismos; 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; según las condiciones ambientales, las lesiones pueden cambiar de color castaño a negro y presentar manchas irregulares de tejido acuoso. Los frutos afectados son invadidos por otros microorganismos que ocasionan su rápido deterioro (Tamayo <i>et al.</i> , 2006; La Torre <i>et al.</i> , 1990).

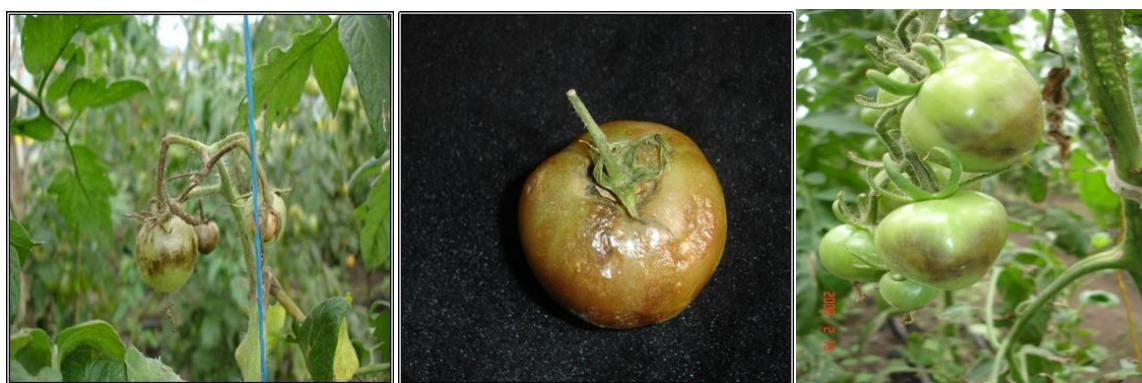
Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 100.** Síntoma de gota (*P. infestans*) en hojas  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 101.** Síntoma de gota (*P. infestans*) en tallo  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 102.** Síntoma de gota en frutos  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 48.** Manejo integrado de goma, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)

Práctica cultural	Control químico
Disminuir 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 <i>et al.</i> , 2006; La Torre <i>et al.</i> , 1990; Ávila <i>et al.</i> , 1999).	Se recomienda hacer aspersiones de fungicidas protectores. Algunos ingredientes activos para el control son: Ingrediente activo: hidróxido de cobre. Categoría: III. Dosis: 2,5 a 5 g/L. Ingrediente activo: hidróxido cúprico. Categoría: III. Dosis: 2,5 a 5 g/L. Ingrediente activo: Mancozeb. Categoría: III. Dosis: 3 g/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Mancha de Alternaria, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 49 y 50)**

**Tabla 49.** Descripción y daño de la Mancha de Alternaria, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.)

Descripción	Daño
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 <i>et al.</i> , 2007).	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 rodeados de un halo clorótico. Cuando estas laceraciones son abundantes provocan el amarilleamiento generalizado de la hoja (figura 103) (Tamayo <i>et al.</i> , 2006; La Torre <i>et al.</i> , 1990). 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 (figura 104). En los frutos verdes o en estado de madurez es afectado el cáliz o se da inserción al pedúnculo; 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 cae y puede haber pérdidas hasta del 50% de frutos inmaduros (figura 105) (Momol <i>et al.</i> , 2006). En ataques fuertes la planta se defolia, disminuye el área fotosintética y los frutos sufren quemaduras al quedar expuestos al sol.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 103.** Mancha de *Alternaria* en hojas

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 104.** Mancha de *Alternaria* en tallo

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 105.** Daño por *Alternaria solani* en fruto  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 50.** Manejo integrado de la mancha de *Alternaria*, tizón temprano, tizón del cuello (*Alternaria solani* Sorauer, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.)

Práctica cultural	Control químico
Se recomiendan distancias de siembra amplias, poda de hojas bajas para favorecer la aireación, un adecuado manejo de arvenses, uso de semilla certificada y recolección y destrucción de frutos o partes afectadas de la planta para disminuir la fuente de inóculo de la enfermedad.	Algunos ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: Azoxystrobin. Categoría: IV. Dosis: 0,2 g/L. Ingrediente activo: Myclobutanil. Categoría: III. Dosis: 0,2 g/L. Ingrediente activo: Mancozeb. Categoría: III. Dosis: 3 g/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Carate, pudrición del fruto (*Phoma andina* var. *crystalliniformis*): descripción, daños causados y su manejo (tablas 51 y 52)**

**Tabla 51.** Descripción y daño de carate, pudrición del fruto (*Phoma andina* var. *crystalliniformis*)

Descripción	Daño
<p>Enfermedad severa en condiciones de humedad relativa alta (mayor del 70%) y temperaturas medias a bajas (entre 22 y 18 °C). El patógeno sobrevive en residuos de cosecha y afecta a plantas de tomate en todas sus edades.</p>	<p>Los síntomas de la enfermedad se observan en el cuello (base del tallo principal) con una mancha marrón-negra como chancros o puntos negros; el tejido se descompone y se produce marchitez completa de la planta, lo que trae 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 peciolo y se extiende de forma circular por el tallo, de modo que ocasiona una marchitez parcial a la planta o una muerte rápida (figura 106). En la hoja, en cualquiera de los lados, se presentan inicialmente pequeños puntos negros de forma irregular y ligeramente hundidos, que posteriormente se agrandan y ocasionan amarilleamiento 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 107). El pedúnculo de los frutos también es afectado y su daño ocasiona caída de estos (Navarro <i>et al.</i>, 1989).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 106.** Síntomas de carate, *Phoma andina* var. *crystalliniformis* en tallo

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 107.** Síntomas de carate, *Phoma andina* var. *crystalliniformis* en fruto

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 52.** Manejo integrado de carate, pudrición del fruto (*Phoma andina* var. *crystalliniformis*)

Práctica cultural	Control químico
Tutorado oportuno, poda de hojas bajas y remoción de frutos afectados	Las aspersiones de productos químicos dirigidas a la base del tallo y a los frutos al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad la controlan adecuadamente.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 53 y 54)**

**Tabla 53.** Descripción y daño del Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.)

Descripción	Daño
<p>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 <i>et al.</i>, 2002).</p>	<p>Afecta hojas, 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.</p> <p>El patógeno afecta a los peciolos y a las flores, donde también produce lesiones de color café claro a oscuro con abundante esporulación (figura 108) (Tamayo <i>et al.</i>, 2006).</p> <p>Afecta a frutos recién formados, verdes y próximos a cosecha; presenta lesiones blandas y acuosas, de color café claro, localizadas principalmente en la región apical y en la unión del pedúnculo con el fruto, que se caracterizan por la abundante esporulación de color grisáceo o café oscuro (figura 109). En 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; estos presentan lesiones blancas, en forma de aro o anillo, con un diminuto punto café en su centro (Tamayo <i>et al.</i>, 2006). 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 110).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 108.** Lesiones causadas por *Botrytis cinerea* en la inflorescencia

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 109.** Moho gris (*Botrytis cinerea*) en frutos  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 110.** Moho gris (*Botrytis cinerea*) en tallo  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 54.** Manejo integrado de Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.)

Práctica cultural	Control químico
<p>Para disminuir los daños ocasionados se recomienda una buena aireación dentro del cultivo mediante deshoje, poda y recolección de partes afectadas, así como adecuado manejo de arvenses.</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:                      Ingrediente activo: Iprodine.                      Categoría: III.                      Dosis: 1 cc/L.                      Ingrediente activo: Proximidona.                      Categoría: III.                      Dosis: 1 g/L.                      Ingrediente activo: Mancozeb.                      Categoría: III.                      Dosis: 5 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary): descripción, daños causados y su manejo (tablas 55 y 56)

**Tabla 55.** Descripción y daño del moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary)

Descripción	Daño
<p>Incide debido a grandes densidades de siembra en el cultivo, alta humedad y empleo del tomate como cultivo de rotación con otros cultivos susceptibles a esta enfermedad (fríjol, repollo, lechuga, papa).</p>	<p>Afecta al tallo principal, lo que 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 y aparece sobre ellas un crecimiento micelial de color gris claro a blanco (figura 111). 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 112), que corresponden a estructuras de resistencia del hongo. En las ramas o tallos marchitos se observa un crecimiento fungoso blanquecino de consistencia húmeda (Jaramillo <i>et al.</i>, 2007).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 111.** Daño por *Sclerotinia sclerotiorum* en tallo principal

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 112.** Esclerocios de color negro dentro de tallos

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 56.** Manejo integrado de moho blanco, Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary)

Práctica cultural	Control químico
Utilizar amplias distancias entre surcos, realizar prácticas de poda o deshoje, eliminar plantas afectadas para así evitar focos de infección; las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas y se exponen a los rayos del sol (solarización seca) para facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte del hongo causante del moho blanco (Jaramillo <i>et al.</i> , 2007).	Algunos ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: Carbendazim. Categoría: III. Dosis: 0,5 cc/L.  Ingrediente activo: Didofluanid. Categoría: III. Dosis: 1 g/L.  Ingrediente activo: Azoxystrobin. Categoría: IV. Dosis: 0,2 g/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Marchitez vascular, Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans): descripción, daños causados y su manejo (tablas 57 y 58)**

**Tabla 57.** Descripción y daño de marchitez vascular, Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans)

Descripción	Daño
<p><i>Fusarium</i> 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.</p>	<p>Inicialmente produce retraso en el crecimiento y síntomas de marchitez foliar. Posteriormente, la planta presenta quemazón foliar y secamiento total. Los síntomas se presentan durante el intervalo entre floración y maduración del fruto; comienza con las hojas más viejas que se tornan amarillas (figura 113). El amarilleamiento generalmente se desarrolla en un solo lado de la planta; presenta inicialmente marchitez durante las horas más cálidas del día y este periodo se extiende hasta que la planta se seca completamente. El tejido vascular de la planta muestra una coloración café y rojizo oscuro, la cual es característica de esta enfermedad y puede ser utilizada para su identificación (figura 114).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 113.** Marchitez de la planta afectada por *F. oxysporum*

Fuente: Clemson University, USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org.



**Figura 114.** Oscurecimiento del sistema vascular característico de la presencia de *F. oxysporum*

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 58.** Manejo integrado de marchitez vascular, *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans)

Práctica cultural	Control químico
<p>Eliminar plantas enfermas, retirar los residuos del cultivo, realizar drenajes al suelo para reducir la humedad y evitar así el paso del hongo de una planta a otra a través del agua de escorrentía o de riego, evitar encharcamientos de los lotes, usar variedades resistentes.</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:</p> <p>Ingrediente activo: Benomil. Categoría: III. Dosis: 0,5 a 1 g/L.</p> <p>Ingrediente activo: Carbendazim. Categoría: III. Dosis: 0,5 cc/L.</p> <p>Ingrediente activo: Tiabendazol. Categoría: IV. Dosis: 1 cc/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Pudrición del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 59 y 60)**

**Tabla 59.** Descripción y daño de pudrición del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.))

Descripción	Daño
<p>Es una enfermedad de climas cálidos que afecta a plantas adultas en el cuello – justamente debajo de la superficie del suelo–, aunque en condiciones ambientales propicias puede atacar otros órganos de la planta.</p>	<p>Uno de los primeros síntomas visibles es un amarilleamiento progresivo y marchitez de las hojas; luego se observa producción abundante de 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 115) (Ferreira <i>et al.</i>, 1992). Afecta a frutos que estén en contacto con el suelo, desarrolla lesiones ligeramente hundidas de color amarillo. El fruto colapsa rápido y se cubre de masas de micelio blanquecino, con numerosos esclerocios. En ataques 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.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 115.** Planta afectada por *Esclerotium rolfsii*

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 60.** Manejo integrado de pudrición del cuello (*Sclerotium rolfsii* (Sacc.))

Práctica cultural
Para su manejo se recomienda arado profundo (a 20 cm) para incorporar la materia orgánica, residuos de cosecha y esclerocios dentro del suelo; arrancar 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.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Cenicilla, Oidium, mildero polvoso (*Oidium* Link): descripción, daños causados y su manejo (tablas 61 y 62)**

**Tabla 61.** Descripción y daño de cenicilla, Oidium, mildero polvoso (*Oidium* Link)

Descripción	Daño
Es favorecida por épocas calurosas y baja humedad relativa; el patógeno se disemina por el viento. Sus síntomas se presentan en tallos (figura 116), peciolos y en las hojas más viejas (figura 117).	En el haz de las hojas se observan puntos o manchas circulares con crecimiento superficial, de aspecto blanquecino, que van colonizando diferentes partes formando la hoja clorótica (Jones <i>et al.</i> , 2001). En los tallos como en los sépalos las lesiones son de borde irregular y ligeramente oscuras; adquieren con el tiempo tonalidades negruzcas, acompañadas de un crecimiento blanquecino superficial.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 116.** Cenicilla en tallo  
Fuente: Jorge Jaramillo



**Figura 117.** Cenicilla en hojas  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 62.** Manejo integrado de cenicilla, Oidium, mildew polvoso (*Oidium* Link)

Práctica cultural	Control químico
La aplicación de aceite de neem ( <i>Azadirachta indica</i> ) de 0,25 a 0,5% reduce la severidad de la cenicilla. Las aspersiones foliares de cepas de <i>Trichoderma koningii</i> han mostrado gran potencial de control de la cenicilla del tomate (Tamayo <i>et al.</i> , 2006; Jaramillo <i>et al.</i> , 2007).	El manejo químico suele realizarse con la aspersión de productos a base de azufre. Otros ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: Bitertanol. Categoría: IV. Dosis: 1,25 cc/L. Ingrediente activo: Difenconazol. Categoría: III. Dosis: 0,75 g/L. Ingrediente activo: Dodermorf acetato. Categoría: III. Dosis: 1 cc/L.

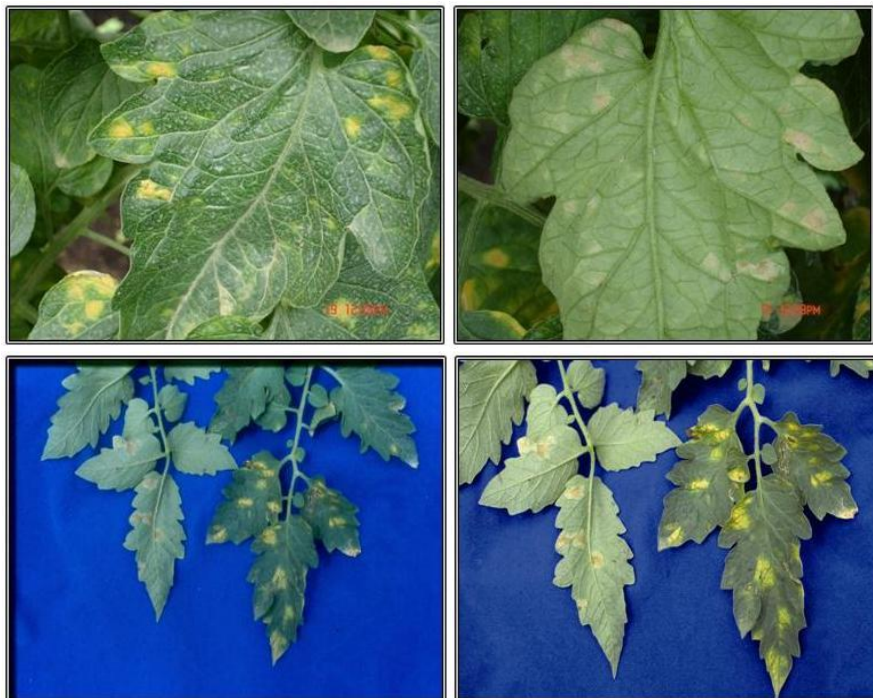
Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Moho clorótico, Cladosporium, Fulvia (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr.: descripción, daños causados y su manejo (tablas 63 y 64)**

**Tabla 63.** Descripción y daño del moho clorótico, Cladosporium, Fulvia (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr.

Descripción	Daño
El patógeno se disemina por el viento y es favorecido por condiciones de humedad relativa alta (mayor de 90%) y temperaturas entre 20 y 25 °C.	El 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. Inicialmente aparecen 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 118) y con el tiempo las hojas afectadas caen. El patógeno afecta a flores donde se produce el estrangulamiento del pedúnculo y posteriormente la caída de la flor (Tamayo <i>et al.</i> , 2006).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 118.** Daños por moho clorótico (*Cladosporium* Link: Fr) en el haz y el envés de las hojas

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 64.** Manejo integrado de moho clorótico, *Cladosporium*, *Fulvia* (*Fulvia fulva* (Cooke) Cif. (= *Cladosporium fulvum* Cooke), *Cladosporium* Link: Fr.

Práctica cultural	Control químico
Tener una adecuada ventilación del cultivo mediante un amplio espaciamiento entre surcos y plantas y poda de hojas bajas para favorecer la aireación.	Algunos ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: Difenconazol. Categoría: III. Dosis: 0,75 g/L. Ingrediente activo: Dodermorf acetato. Categoría: III. Dosis: 1 cc/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Antracnosis del fruto (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 65 y 66)**

**Tabla 65.** Descripción y daño de antracnosis del fruto (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.))

Descripción	Daño
<p>Los daños 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.</p>	<p>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, 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 119). En la superficie de la lesión también pueden aparecer masas pequeñas de color salmón, que corresponden a la producción de conidios del hongo.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 119.** Síntoma de antracnosis en fruto

Fuente: Pablo Julián Tamayo.

**Tabla 66.** Manejo integrado de antracnosis del fruto (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.))

Práctica cultural	Control químico
<p>En zonas donde la enfermedad es frecuente se recomienda un amplio espaciado 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 <i>et al.</i>, 2006).</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:                      Ingrediente activo: Benomil.                      Categoría: III.                      Dosis: 0,5 a 1 g/L.                      Ingrediente activo: Carbendazim.                      Categoría: III.                      Dosis: 0,75 a 1,25 cc/L.                      Ingrediente activo: Difenconazol.                      Categoría: III.                      Dosis: 0,75 cc/L.</p>

Adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Fumagina (*Cladosporium fulvum* (Cooke)): descripción, daños causados y su manejo (tablas 67 y 68)**

**Tabla 67.** Descripción y daño de la fumagina (*Cladosporium fulvum* (Cooke))

Descripción	Daño
<p>Los daños (figura 120) se ven favorecidos por temperaturas entre 20 y 25 °C y humedad relativa alta dentro del invernadero, por altas densidades de siembra y la presencia de insectos (áfidos o pulgones y mosca blanca).</p>	<p>Los daños se presentan en las hojas (figura 121) con un moho de color verde a negro que cubre la lámina foliar, el cual evita una adecuada fotosíntesis de la planta. También afecta a pedúnculos y frutos 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 122).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 120.** Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) favorecido por la presencia de insectos

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 121.** Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) en hojas  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 122.** Daño por fumagina (*Cladosporium fulvum*) en frutos  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 68.** Manejo integrado de fumagina (*Cladosporium fulvum* (Cooke))

Práctica cultural	Control químico
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 <i>et al.</i> , 2006).	Algunos ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: hidróxido cúprico. Categoría: III. Dosis: 2,5 a 5 g/L. Ingrediente activo: oxiclورو de cobre. Categoría: III. Dosis: 2 g/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Pudrición de plántulas, *damping-off*, pata seca (complejo de hongos: *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Sclerotium* sp.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 69 y 70)**

**Tabla 69.** Descripción y daño de pudrición de plántulas, *damping-off*, pata seca (complejo de hongos: *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Sclerotium* sp.)

Descripción	Daño
<p>El daño se presenta por temperaturas entre 18 y 24 °C en semilleros (figura 123) con altas densidades de siembra y establecidos en condiciones de poca luminosidad y excesiva humedad del suelo.</p> <p>Igualmente, la presencia de estos hongos se da por suelos de textura pesada y drenaje deficiente. Estos 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.</p>	<p>El daño a las semillas ocasiona germinación no uniforme 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 (figura 124) y muerte de las plántulas de tomate. El hongo <i>Pythium</i> 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, amarilleamiento, marchitez y muerte prematura de la planta (Tamayo <i>et al.</i>, 2006).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 123.** Daño en semilleros por complejo de hongos

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 124.** Daño por complejo de hongos

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 70.** Manejo integrado de pudrición de plántulas, *damping-off*, pata seca (complejo de hongos: *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Sclerotium* sp.).

Práctica cultural	Control químico
<p>Evitar el uso de suelos pesados para los semilleros, exceso de humedad y altas densidades de siembra.</p> <p>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 debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda; puede ser inoculado al momento de la siembra, ocho días después de la germinación y ocho días antes del trasplante definitivo al campo con hongos biocontroladores del género <i>Trichoderma</i> spp. (Martínez <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Si la enfermedad se presenta en el semillero, es necesario retirar y eliminar inmediatamente las plantas enfermas, teniendo sumo cuidado –al trasplantar– en la selección de plantas sanas para llevar al campo.</p> <p>Cuando se presenta en el campo, las plantas enfermas se deben retirar y eliminar inmediatamente para disminuir los focos de infección; los lotes severamente afectados por estos patógenos del suelo se someten a rotación con plantas menos susceptibles. Así mismo, se desinfectan 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.</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:</p> <p>Ingrediente activo: Benomil. Categoría: III. Dosis: 0,5 a 1 g/L.</p> <p>Ingrediente activo: Carbendazim. Categoría: III. Dosis: 0,75 a 1,25 cc/L.</p> <p>Ingrediente activo: Didofluanid. Categoría: III. Dosis: 1 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias fitopatógenas son organismos unicelulares, microscópicos y no producen esporas; se desarrollan generalmente en la planta hospedante y como saprofitos en residuos de plantas o en el suelo. Poseen alta capacidad de reproducción mediante un proceso asexual denominado fisión o fisión binaria; su diseminación de una planta a otra se da por el agua, insectos, animales y humanos, y penetra en la planta por heridas o aperturas naturales (Agrios, 2005; Goto, 1992). En la tabla 71 se presentan las principales enfermedades del tomate ocasionadas por bacterias en Colombia.

**Tabla 71.** Enfermedades del tomate ocasionadas por bacterias

Órgano afectado	Nombre de la enfermedad agente causal
Tallo	Huequera, tallo hueco, popillo: <i>Erwinia chrysanthemi</i> . Marchitez; pudrición suave; Erwinia: <i>Erwinia</i> sp. Pudrición medular: <i>Pseudomonas</i> sp. Cáncer bacterial: <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> .
Hojas	Mancha bacterial, Xanthomonas: <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> .
Flores	Mancha bacterial, Xanthomonas: <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> .
Frutos	Mancha bacterial, Xanthomonas: <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> . Cáncer bacterial: <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> .

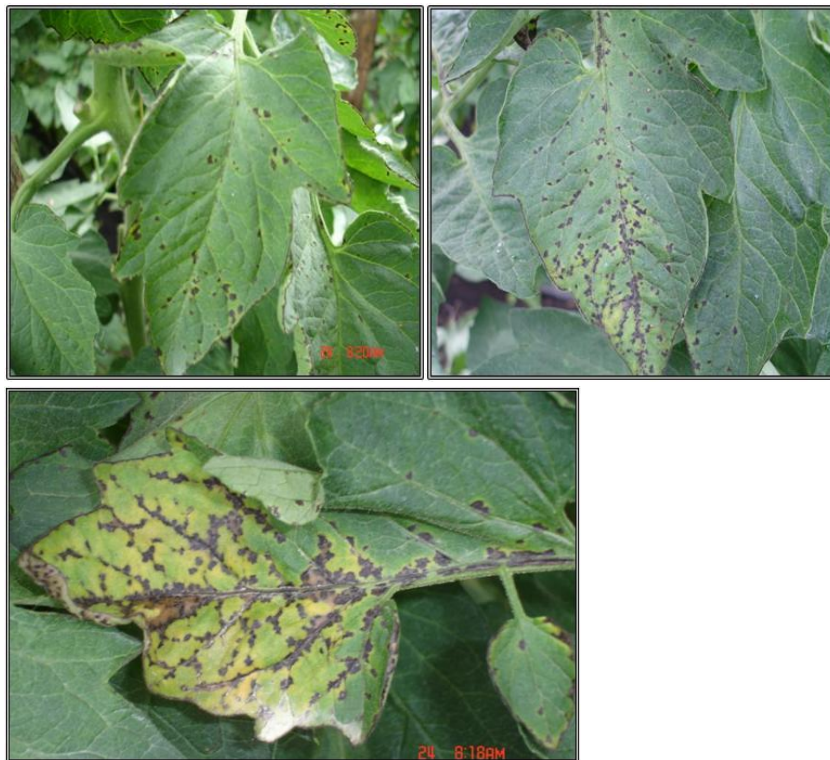
Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

### **Mancha bacterial, Xanthomonas (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye): descripción, daños causados y su manejo (tablas 72 y 73)**

**Tabla 72.** Descripción y daño de mancha bacterial, Xanthomonas (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye)

Descripción	Daño
Es común en zonas de clima medio y frío donde son frecuentes las 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 seis meses. 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, <i>et al.</i> , 1990).	Se puede presentar desde la etapa de semillero. Provoca manchas negras y húmedas en las hojas de las plántulas. Inicia en las hojas más bajas de la planta y se caracteriza por manchas o lesiones pequeñas de color negro, con bordes irregulares que por el envés presentan apariencia húmeda; posteriormente las lesiones se unen y, por tanto, se convierten en lesiones más grandes (figura 125) (Tamayo <i>et al.</i> , 2006). La bacteria produce lesiones negras en las flores, sépalos (figura 126), pedúnculos y tallo. En los frutos verdes y maduros (figura 127) las lesiones inicialmente son pequeñas, redondas, de color negro a marrón oscuro y rodeadas de un leve halo clorótico; aumentan de tamaño al transcurrir el tiempo (Momol y Pernezny, 2006).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 125.** Lesiones por *Xanthomonas* en hojas de tomate  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 126.** Lesiones por *Xanthomonas* en sépalos  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 127.** Lesiones por *Xanthomonas* en frutos

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 73.** Manejo integrado de mancha bacterial, *Xanthomonas* (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye)

Práctica cultural	Control químico
<p>No realizar semilleros en suelos o áreas donde hayan atacado cultivos anteriores. Seleccionar plántulas libres de la enfermedad en el momento del trasplante para así evitar epidemias desde los primeros estados de desarrollo del cultivo. Manejar distancias de siembra amplias y suelos bien drenados disminuye la severidad de la mancha bacterial. Si la enfermedad se presenta en campo en los primeros estados de desarrollo del cultivo, realizar una poda de tallos y hojas afectadas; el material enfermo colectado debe ser retirado del cultivo y eliminado.</p> <p>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 1 a 2 años con cultivos no susceptibles al patógeno.</p>	<p>Se aconseja manejo químico para el tratamiento de semillas y para la desinfestación de las bandejas de siembra. Las semillas de tomate deben ser tratadas con hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto; el tratamiento de semillas con ácido clorhídrico (HCl) al 5% durante 10 minutos también erradica la bacteria. Algunos ingredientes activos para el manejo son:</p> <p>Ingrediente activo: Kasugamicina. Categoría: III. Dosis: 1,5 cc/L.</p> <p>Ingrediente activo: Mancozeb. Categoría: III. Dosis: 3 g/L.</p> <p>Ingrediente activo: hidróxido cúprico. Categoría: III. Dosis: 2,5 a 5 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Huequera, tallo hueco, popillo (*Erwinia chrysanthemi* Burkholder et al.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 74 y 75)

**Tabla 74.** Descripción y daño de huequera, tallo hueco, popillo (*Erwinia chrysanthemi* Burkholder et al.)

Descripción	Daño
Las temperaturas ligeramente altas (20 a 23 °C) y una humedad relativa alta forman un escenario perfecto para la presencia de esta enfermedad. El 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 <i>et al.</i> , 2006).	La enfermedad se manifiesta inicialmente con un marchitamiento ligero de las hojas superiores (figura 128). 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, se percibe consistencia hueca. El tallo presenta rajaduras a lo largo, y al examinar el tejido medular este se encuentra desintegrado, hueco y quebradizo; de ahí deriva el nombre de huequera (figura 129) (Momol <i>et al.</i> , 2006).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 128.** Síntoma de marchitez por *Erwinia chrysanthemi*

Fuente: Alegría Saldarriaga.



**Figura 129.** Tejido medular hueco por ataque de *Erwinia chrysanthemi*  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 75.** Manejo integrado de huequera, tallo hueco, popillo (*Erwinia chrysanthemi* Burkholder *et al.*)

Práctica cultural	Control químico
<p>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); esto 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. 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. 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 <i>et al.</i>, 2006).</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:                      Ingrediente activo: ácido yodhídrico y polietoxi etanol.                      Categoría: III.                      Dosis: 2 a 3 cc/L.                      Ingrediente activo: Mancozeb.                      Categoría: III.                      Dosis: 3 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Marchitez, pudrición suave, *Erwinia* (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey): descripción, daños causados y su manejo (tablas 76 y 77)

**Tabla 76.** Descripción y daño de marchitez, pudrición suave, *Erwinia* (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey)

Descripción	Daño
La pudrición se da por excesiva humedad en la base del tallo de la planta. La bacteria se disemina por el agua de escorrentía o por herramientas contaminadas y se desarrolla por el ataque de insectos y las prácticas de poda (Momol <i>et al.</i> , 2006).	Se manifiesta inicialmente en las hojas superiores mediante un ligero marchitamiento (figura 130). 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 (figura 131).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 130.** Marchitamiento en hojas superiores por *Erwinia carotovora*

Fuente: Alegría Saldarriaga.



**Figura 131.** Tallo afectado por *Erwinia carotovora*  
Fuente: Alegría Saldarriaga.

**Tabla 77.** Manejo integrado de marchitez, pudrición suave, Erwinia (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey)

Práctica cultural	Control químico
<p>Evitar 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 emisión de nuevas raíces en la parte superior del tallo principal y la recuperación de la planta afectada.</p> <p>En 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 <i>et al.</i>, 2006).</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son: Ingrediente activo: ácido yodhídrico y polietoxi etanol. Categoría: III. Dosis: 2 a 3 cc/L.</p> <p>Ingrediente activo: Mancozeb. Categoría: III. Dosis: 3 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Pudrición medular (*Pseudomonas* sp.): descripción, daños causados y su manejo (tablas 78 y 79)**

**Tabla 78.** Descripción y daño de pudrición medular (*Pseudomonas* sp.)

Descripción	Daño
Favorecida por temperaturas bajas en la noche, excesiva fertilización nitrogenada y alta precipitación o humedad.	Los síntomas iniciales se observan en las hojas inferiores mediante un marchitamiento parcial. A lo largo de los tallos se presentan agrietamientos que pueden llegar hasta los peciolos; los tallos se tornan huecos y la región medular es remplazada por una masa gelatinosa de apariencia blanda que no desprende olores desagradables (figura 132) (Momol <i>et al.</i> , 2006; Tamayo <i>et al.</i> , 2006).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 132.** Planta afectada por *Pseudomonas* sp.

Fuente: Alegria Saldarriaga

**Tabla 79.** Manejo integrado de pudrición medular (*Pseudomonas sp.*)

Práctica cultural	Control químico
<p>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 la muerte de la bacteria. Un método sencillo para identificar la marchitez por <i>P. corrugada</i> 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.</p>	<p>Algunos ingredientes activos para el manejo son:</p> <p>Ingrediente activo: Kasugamicina. Categoría: III. Dosis: 1,5 cc/L.</p> <p>Ingrediente activo: Oxiclورو de cobre. Categoría: III. Dosis: 2 g/L.</p> <p>Ingrediente activo: Oxiclورو de cobre + Mancozeb. Categoría: III. Dosis: 5 g/L.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

### **Cáncer bacterial (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*): descripción, daños causados y su manejo (tablas 80 y 81)**

**Tabla 80.** Descripción y daño del cáncer bacterial (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)

Descripción	Daño
<p>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 generalmente son ocasionadas en la poda.</p>	<p>Los síntomas pueden ser fácilmente confundidos con los marchitamientos ocasionados por <i>Verticillium</i> o <i>Fusarium</i>. Las plantas afectadas presentan inicialmente 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 133). Los haces vasculares presentan coloración café o amarilla y la médula se torna amarilla oscura-café, de consistencia harinosa y hueca (figura 134). Al apretar los tallos afectados aparece un exudado bacteriano amarillo (Corpeño, 2004; Eppo, 2009). En el fruto se presentan pequeñas lesiones blancas sobresalientes del tejido normal que se tornan de color café con aureola blanca, denominadas ‘ojo de pájaro’. Cuando los ataques son tempranos en el desarrollo de los frutos, se detiene el crecimiento de estos y caen o maduran prematuramente.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 133.** Secamiento de hojas ocasionado por la bacteria en la rama  
Fuente: Alegría Saldarriaga



**Figura 134.** Daños en tallo ocasionados por *C. michiganensis*  
Fuente: Alegría Saldarriaga.

**Tabla 81.** Manejo integrado de cáncer bacterial (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)

Práctica cultural
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 encuentran: 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).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Marchitez bacteriana, dormidera *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi *et al.* (= *Pseudomonas solanacearum*): descripción, daños causados y su manejo (tablas 82 y 83)**

**Tabla 82.** Descripción y daño de marchitez bacteriana, dormidera, *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi *et al.* (= *Pseudomonas solanacearum*)

Descripción	Daño
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 aspersion. También el contacto entre raíces enfermas y sanas puede permitir la dispersión de esta bacteriosis.	Se caracteriza por el desarrollo de marchitez parcial o generalizada (figura 135) y por la presencia de necrosis del tejido vascular (xilema), la cual se evidencia al cortar longitudinalmente los tallos enfermos (donde es posible observar los exudados blancos y cremosos al comprimirlos).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 135.** Marchitez ocasionada por *Ralstonia solanacearum*

Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 83.** Manejo integrado de marchitez bacteriana, dormidera, *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi *et al.* (= *Pseudomonas solanacearum*)

Práctica cultural	Control químico
Establecer rotación de cultivos durante uno o más años, incluyendo especies no susceptibles y eliminando completamente las plantas enfermas tan pronto se observen en el campo (La Torre <i>et al.</i> , 1990).	Un ingrediente activo para el manejo es: Ingrediente activo: Validamicina. Categoría: IV. Dosis: 1 cc/L.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Enfermedades causadas por virus

Los virus son parásitos obligados que solo se multiplican en el interior de las células del hospedante. No son células ni están constituidos por ellas, pero se propagan al obligar a la célula vegetal a que los multiplique utilizando su propia energía y maquinaria biosintética. Como consecuencia, el metabolismo de las células vegetales se altera a tal grado que las plantas se enferman. Los virus no matan a las plantas directamente mediante toxinas ni enzimas; desvían el metabolismo y se generan sustancias extrañas que alteran diversas funciones vitales que inducen al desarrollo de síntomas (Universidad Autónoma de Sinaloa, 2010).

La tabla 84 presenta las principales enfermedades del tomate ocasionadas por virus.

**Tabla 84.** Enfermedades del tomate ocasionadas por virus

Órgano afectado	Nombre de la enfermedad/agente causal
Planta (síntomas en hojas, peciolo, frutos y en el crecimiento de la planta).	Virus del mosaico del tabaco: Tobacco Mosaic Virus (TMV). Virus del mosaico amarillo del tomate: Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV). Virus de la marchitez bronceada del tomate: Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV). Virus de la cuchara del tomate: Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV).

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

## Virus del mosaico del tabaco, Tobacco Mosaic Virus (TMV): descripción, daños causados (tabla 85)

**Tabla 85.** Descripción y daño del virus del mosaico del tabaco, Tobacco Mosaic Virus (TMV)

Descripción	Daño
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 en la plantación pueden transmitir el virus al contacto de sus manos contaminadas con plantas sanas de tomate. También se disemina por el contacto de la planta sana de tomate con suelo que contenga restos vegetales enfermos (Averre <i>et al.</i> , 2000; Momol <i>et al.</i> , 2006).	Cuando la infección por el virus ocurre desde los primeros estados de desarrollo, las plantas afectadas presentan reducción en el crecimiento. Las hojas son pequeñas (figura 136) y muestran 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 los frutos (figura 137) se dan síntomas de anillos cloróticos. En ataques severos se presenta caída de flores y necrosis parcial de los folíolos (Tamayo <i>et al.</i> , 2006).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 136.** Síntoma típico del virus del mosaico del tabaco

Fuente: Luis Fernando Gil.



**Figura 137.** Virus del mosaico del tabaco en frutos  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Virus del mosaico amarillo del tomate, Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV): descripción, daños causados y prácticas culturales (tablas 86 y 87)**

**Tabla 86.** Descripción y daño del virus del mosaico amarillo del tomate, Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV)

Descripción	Daño
Se desarrolla por condiciones de sequía y temperaturas altas que favorecen el incremento de su vector, la mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> biotipo B.	Los síntomas del ToYMV en hojas incluyen mosaico amarillo y deformación foliar, crecimiento reducido, mosaicos y rugosidad foliar (figura 138).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 138.** Síntoma del virus del mosaico amarillo del tomate  
Fuente: Luis Fernando Gil.

**Tabla 87.** Práctica cultural del virus del mosaico amarillo del tomate, Tomato Yellow Mosaic Virus (ToYMV)

Práctica cultural
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 <i>et al.</i> , 2007).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

**Virus de la marchitez bronceada del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV): descripción, daños causados y prácticas culturales (tablas 88 y 89)**

**Tabla 88.** Descripción y daño del Virus de la marchitez bronceada del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)

Descripción	Daño
Esta enfermedad se conoce también como bronceado del tomate. 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 <i>trips</i> ; se reportan como vectores <i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>F. schultzei</i> , <i>F. fusca</i> , <i>F. tenuicornis</i> , <i>Thrips tabaci</i> , <i>T. setosus</i> y <i>T. moultonis</i> .	Sus síntomas se expresan en hojas (figura 139), peciolo, ramas y frutos (figura 140) 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. En peciolo y ramas pueden aparecer rayas de color café oscuro y la planta puede mostrar crecimiento en un solo lado. 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.

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 139.** Virus TSWV en hojas

Fuente: Luis Fernando Gil.



**Figura 140.** Virus TSWV en frutos

Fuente: Luis Fernando Gil.

**Tabla 89.** Práctica cultural del virus de la marchitez bronceada del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)

Práctica cultural
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, uso de <i>mulch</i> reflectivo, junto con la remoción y destrucción de plantas con síntomas del virus y las adyacentes a estas (Zitter <i>et al.</i> , 1989; Goldberg, 2000).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Virus de la cuchara del tomate, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV): descripción, daños causados y Prácticas culturales (tablas 90 y 91)

**Tabla 90.** Descripción y daño del virus de la cuchara del tomate, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

Descripción	Daño
<p>El virus es transmitido únicamente por la mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i>, 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 progenie. Los síntomas se presentan en plantas jóvenes 10 a 14 días después de haber sido inoculado por el insecto (Cerkauskas, 2004).</p>	<p>Las plantas afectadas por este virus son pequeñas, pues detienen su crecimiento, presentan brotes erectos (figura 141), hojas arrugadas de tamaño reducido, curvas hacia el haz y amarilleamientos pronunciados a lo largo de las márgenes o en las regiones intervenales (figura 142). 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.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 141.** Comparación entre planta de tomate afectada por virus de la cuchara del tomate (izquierda) y planta sana (derecha).

Fuente: Cerkauskas (2004).



**Figura 142.** Síntomas característicos de virus de la cuchara del tomate en hojas. Se observa el encrespamiento de las hojas hacia el haz  
Fuente: Cerkauskas (2004).

**Tabla 91.** Práctica cultural del virus de la cuchara del tomate, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

Práctica cultural
Para el manejo de esta enfermedad se recomienda el control de la mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> , ya sea por medios químicos o culturales como siembra de tomate en campos aislados, uso de barreras (rodear los cultivos de tomate con un cultivo borde de porte alto, por ejemplo el maíz), utilización de trampas dentro del cultivo (bandas plásticas de color amarillo impregnadas de adherente), aplicación al envés de las hojas de una solución al 1% de jabón, uso de variedades resistentes y eliminación y extracción de las plantas afectadas (Blancard, 1988; Cerkauskas, 2004; Giran, 2009).

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Enfermedades causadas por nematodos

Los nematodos son organismos microscópicos no segmentados que constituyen el grupo más abundante de animales multicelulares en la tierra, en la que ocupan la mayoría de hábitats. Debido a su pequeño tamaño y a que viven en el suelo, no

pueden verse a simple vista; suelen tener forma de hilo, con una longitud de 0,1 a 3 mm y un diámetro unas 20 veces menor que su longitud.

Son típicamente acuáticos y se encuentran en agua dulce y salada, razón por la cual requieren constantemente de una película de agua que recubra su cuerpo (Introducción a la nematología agrícola, 2009).

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, 2005). En la tabla 92 se presentan los nematodos asociados a la planta de tomate.

**Tabla 92.** Nematodos asociados a la planta de tomate

Órgano afectado	Nombre de la enfermedad/agente causal
Raíz	Nematodos del nudo de la raíz: <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> .

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

### **Nematodos del nudo de la raíz (*M. incognita*, *M. javanica*)**

La planta de tomate es afectada principalmente por especies del género *Meloidogyne* (hembra con forma de melón). Si bien *M. incognita* es un nematodo de amplia distribución y prevalencia en diferentes tipos 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 (descripción, daños causados y su manejo tablas 93 y 94).

**Tabla 93.** Descripción y daño del nematodo del nudo de la raíz (*M. incognita*, *M. javanica*)

Descripción	Daño
<p>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 que tiene en la parte anterior de su cuerpo, similar a una aguja hipodérmica para producir la lesión. Seguidamente se localiza cerca de 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 143), 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 y Gil, 1980).</p>	<p>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 solamente se detectan al momento del trasplante al sitio definitivo. Debido al daño en la raíz, las plantas afectadas por nematodos tienen menor tamaño, clorosis, amarilleamientos, 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 nematodos pueden expresar marchitamiento foliar temporal en días calurosos o temporadas secas (figura 144). Además del daño directo a la planta ocasionado por las alteraciones en el transporte de agua y nutrientes, <i>Meloidogyne</i> 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.</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).



**Figura 143.** Raíz atacada por nematodos

Fuente: Biblioteca Virtual Fundesyram.



**Figura 144.** Síntomas de plantas atacadas por nematodos

Fuente: Luis Fernando Gil.

**Tabla 94.** Manejo integrado de nematodos del nudo de la raíz (*M. incognita*, *M. javanica*)

Manejo cultural	Manejo biológico	Manejo genético
<p>El manejo de estos organismos debe ser preventivo y realizarse desde el semillero. Al preparar semilleros no se recomienda utilizar suelos procedentes de campos que hayan sufrido ataques por nematodos de este género. Para disminuir las poblaciones de nematodos en el suelo se recomienda solarización húmeda durante 30 a 45 días (Tamayo <i>et al.</i>, 2006). Para evitar llevar plántulas afectadas al campo es importante, al trasplantar, realizar la inspección o revisión previa de las raíces y eliminar las plántulas con síntomas de ataque. Se debe efectuar un control frecuente de malezas, ya que muchas son hospedantes de los nematodos del nudo. Fertilizar con abono completo y grandes cantidades de materia orgánica (gallinaza).</p>	<p>Algunos microorganismos, como hongos, bacterias y micorrizas arbusculares, presentan efecto antagónico contra nematodos del género <i>Meloidogyne</i>. Se reporta que hongos como <i>Verticillium chlamydosporium</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i> parasitan huevos y estados juveniles; igualmente, <i>P. lilacinus</i> parasita hembras. Bacterias como <i>Burkholderia cepacia</i> (<i>Pseudomonas cepacia</i>) y <i>Pasteuria penetrans</i> atacan huevos y estadios juveniles de <i>Meloidogyne</i>. La aplicación al suelo de micorrizas arbusculares ha contribuido a reducir el impacto del ataque de <i>Meloidogyne</i> (Rivillas, 2003). El hongo micorrizógeno <i>Glomus etunicatum</i> y algunas cepas de <i>Trichoderma</i>, 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 (<i>Tagetes patula</i>) al 10% reduce la severidad de los daños por nematodos (Tamayo <i>et al.</i>, 2006).</p>	<p>Existen algunos híbridos de tomate que han presentado cierto grado de tolerancia a <i>Meloidogyne</i> spp. Estos híbridos, con bajo grado de ataque cuando se siembran en suelos infestados por este nematodo, son: rocío, astona, reina, granitio, aurora torrano, y larga vida (Jaramillo <i>et al.</i>, 2007).</p>

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Enfermedades abióticas o no infecciosas

Ocasionadas por factores diferentes a organismos vivos y, por lo 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. Se deben a temperaturas muy altas o muy bajas, deficiencia de nutrientes (figuras 145, 146, 147 y 148), falta o exceso de humedad en el suelo, toxicidad mineral, falta o exceso de luz, acidez o alcalinidad del suelo (pH), falta de oxígeno, toxicidad por los plaguicidas, contaminación atmosférica, prácticas agrícolas inadecuadas. 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.



**Figura 145.** Deficiencia de calcio  
Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 146.** Deficiencia de nitrógeno

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 147.** 'Cara de gato'

Fuente: Jorge Jaramillo.



**Figura 148.** Golpe de sol, escaldadura  
Fuente: Jorge Jaramillo

## Capítulo X

# Manejo de malezas

Es una actividad primordial a que la mayoría de los productores no le da la importancia que merece, por desconocimiento acerca de cómo combatir las malezas y porque no tienen conocimiento del problema que acarrearán al cultivo.

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

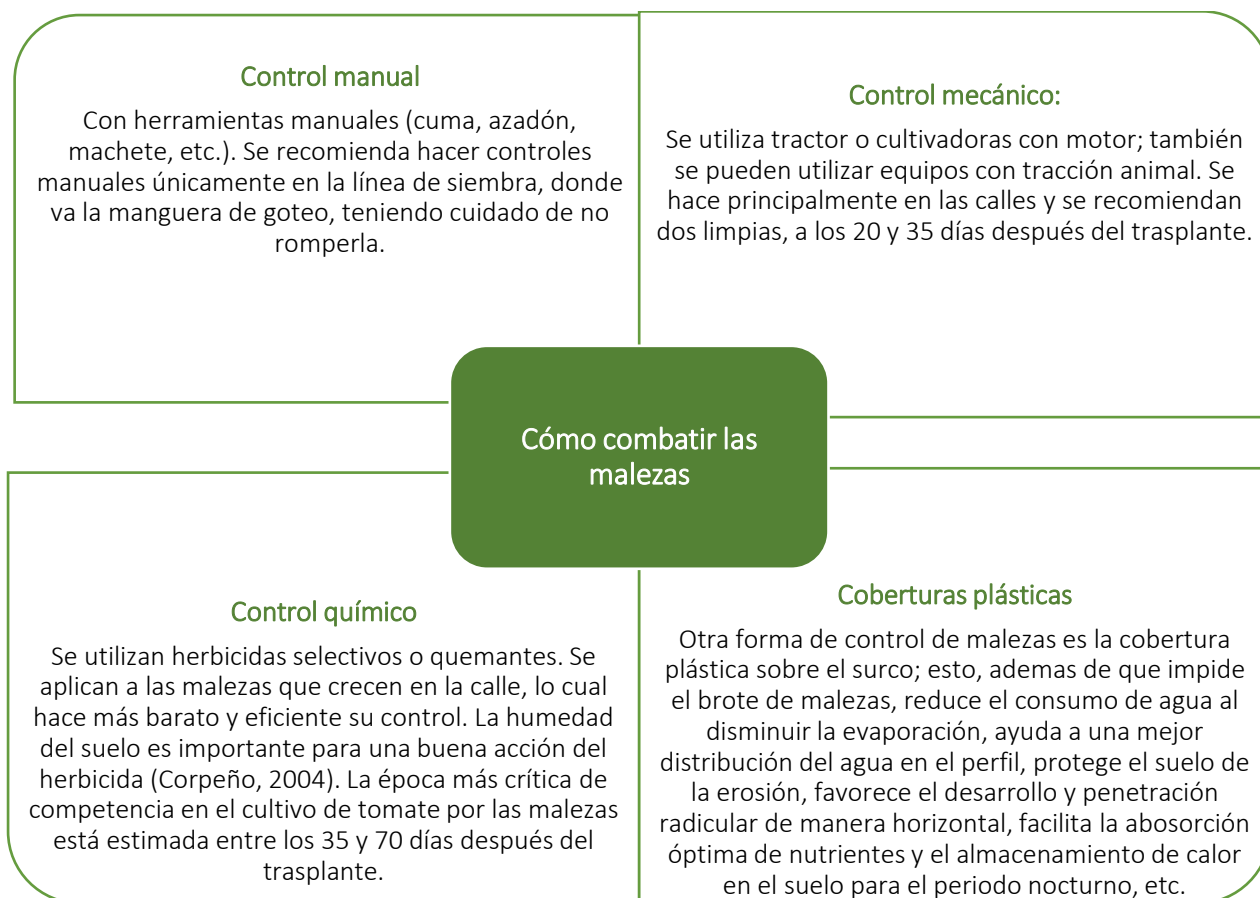
**Compiten por nutrientes con el tomate:** las recomendaciones de fertilización que se hacen están basadas en las necesidades del cultivo o la extracción de nutrientes del suelo; si hay presencia de malezas que crecen a la par con las plantas de tomate, aquellas consumen parte del abono que se está aplicando para dicha hortaliza, lo que afecta al crecimiento de esta. 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 las 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. De igual forma 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, es decir, le da asilo cuando el cultivo no está en el campo y permite que complete su ciclo de vida. Todas las malezas son hospederos; por tanto, si se quiere tener éxito en el cultivo es esencial el control de 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.

La mejor forma de combatir las malezas es antes de la siembra o trasplante; esta debe planearse con anterioridad para tener en cuenta el periodo en el que las malezas crezcan hasta el punto donde son más vulnerables y puedan ser controladas con eficiencia.

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 del cultivo debido a los residuos de algunos de estos productos. Las malezas pueden ser combatidas de la siguiente manera (ver recuadro 9).



**Recuadro 9.** Componentes del manejo integrado de malezas

Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).

En la zona del Oriente Antioqueño el control de arvenses se realiza de forma manual en los surcos y con azadón en las calles.

## Capítulo XI

### Cosecha

La cosecha es el fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado (FAO, 2003).

Se aconseja realizar la cosecha cuando la temperatura es más baja, la humedad relativa es alta y hay un buen nivel de iluminación. La baja temperatura permite tasas de respiración más bajas y adicionalmente las humedades relativas altas favorecen la conservación del producto y reducen la tasa de deterioro. Un buen grado de iluminación permite a los recolectores inspeccionar el producto para asegurarse de que cumpla 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). Los tomates que no presenten estos requisitos mínimos de calidad deben descartarse, lo que significa que la selección debe hacerse desde el mismo momento de la cosecha.

El momento óptimo de cosecha depende de diversos factores: grado de madurez, comportamiento de la oferta y la demanda, tipo de mercado (si es para mercado en fresco o para agroindustria) y 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 (un *fruto climatérico* es aquel que es capaz de seguir madurando incluso después de haber sido cosechado. Este tipo de frutos, independientemente de que ya no estén en la planta, aumentan su tasa de respiración y su producción de etileno, principal hormona responsable del proceso de maduración y envejecimiento del fruto). Se recomienda 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; Tijskens *et al.*, 2005). El índice de madurez más utilizado en el caso del tomate es el color de la piel (Tijskens y Evelo, 1994).

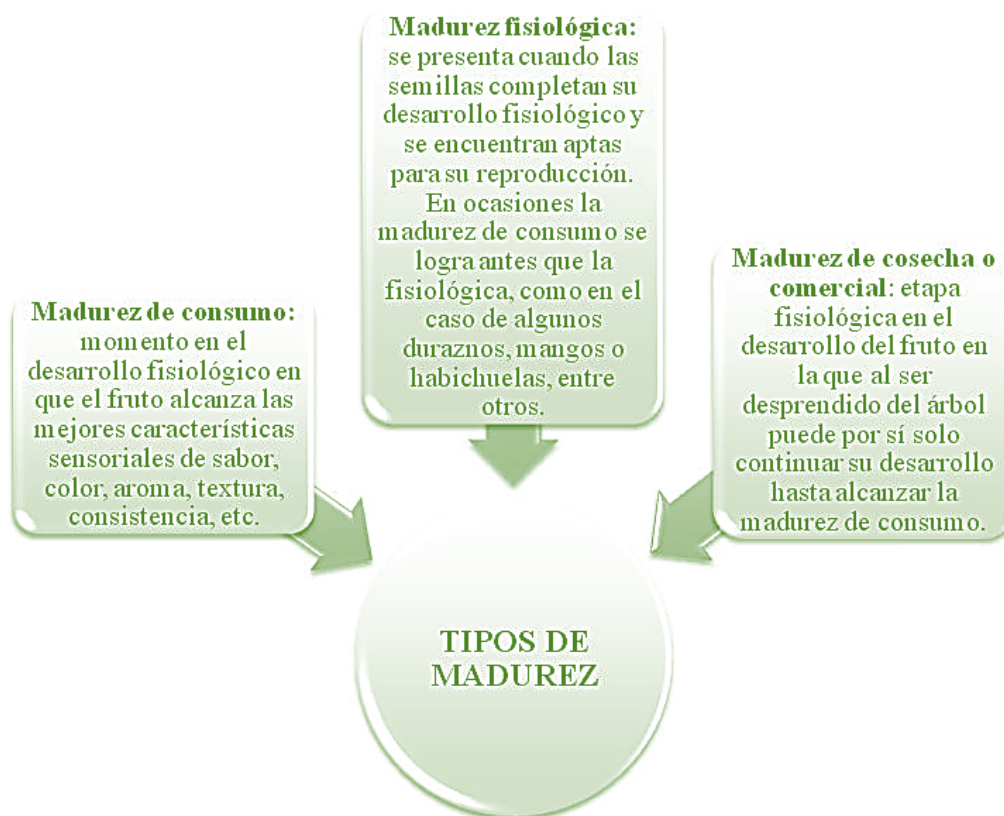
Los tomates destinados al mercado en fresco se cosechan en un estado de madurez acorde con el tiempo entre cosecha y consumo. Cuanto más largo es este periodo (que incluye el transporte, almacenaje y comercialización), más inmaduros deben recogerse los frutos. En general, para mercados distantes los frutos se cosechan en estado verde maduro.

Antes de definir los diferentes estados de madurez, contemplemos qué se entiende por maduración.

## Maduración

Es el proceso fisiológico que ocurre en un periodo 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 y García, 2001; Central Mayorista de Antioquia, 2005).

Generalmente se manejan tres tipos de madurez: la comercial, la de consumo y la fisiológica; cada se define como (ver figura 149):



**Figura 149.** Tipos de madurez

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

## Recomendaciones para la cosecha

Para la cosecha manual es adecuado tener las manos limpias, cosechar solamente los tomates que cumplan con las condiciones requeridas, realizar la recolección de manera ordenada (planta por planta), al coleccionar el tomate tomarlo 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 trasportar en la mano cómodamente porque de lo contrario se incrementa el riesgo de caída o compresión de la fruta y se reduce la eficiencia en la recolección. 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 trasportado en recipientes más profundos que el tomate maduro. En la figura 150 se aprecia la canastilla comúnmente usada para la recolección del tomate. En el momento de la recolección o durante el trasvase a otros recipientes el tomate se debe depositar cuidadosamente en el recipiente, y no arrojarse dentro de este, lo que evitará daños mecánicos por impacto (figura 160). 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 150.** Canastilla utilizada para la recolección y transporte de tomate  
Fuente: Miryam Guzmán.



**Figura 151.** Daño por impacto causado al tomate  
Fuente: María Cristina García.

## Índice de cosecha

El tomate ha sido clasificado en seis estados de madurez (figura 152 y tabla 95), según la carta de color desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés).



**Figura 152.** Carta de color del tomate – grados de madurez  
Fuente: Jorge Jaramillo.

**Tabla 95.** Clasificación de los estados de madurez

Estado 1	Verde maduro	La superficie total del fruto es verde; el tono de verde varía 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	De 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% y un 60% de la superficie muestra color rosado o rojo.
Estado 5	Rojo claro	De un 60% a 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 madurez mínima 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 se desarrollan muy bien, sin 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 30 y 60% de la superficie del fruto es de color rosa-rojo (Suslow y Cantwell, 1998).

## Capítulo XII Poscosecha

El tomate después de cosechado debe manejarse con unas técnicas (figura 153) que permitan mantener la calidad hasta la entrega al consumidor final; por consiguiente, es necesario evitar cualquier condición que incremente su tasa de respiración, ya que esto deteriora su calidad y disminuye su tiempo de vida útil.



**Figura 153.** Operaciones poscosecha de tomate  
Fuente: Carolina Valencia.

### Selección

Es la operación que tiene como objetivo separar el tomate que no presenta características mínimas para su comercialización o consumo, ya sea por ataques de patógenos o daños mecánicos como cortes, rajaduras, cicatrices, abrasiones,

magulladuras y otros. Se lleva a cabo en el lote y en el punto de acondicionamiento (conjunto de labores de poscosecha que se realizan al producto con el fin de darle una mejor presentación, respondiendo a los requerimientos del mercado y protegiéndolo de las fuentes de daño que surgen a lo largo del proceso de distribución y comercialización). Esta operación reduce la dispersión de enfermedades hacia los tomates en buen estado y evita posibles pérdidas en poscosecha (Jaramillo *et al.*, 2013).

## Preenfriamiento

El propósito es bajar lo más rápidamente la temperatura que tienen las frutas y hortalizas después de su recolección y llevarlas a un nivel 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.

Hay diferentes alternativas para el enfriamiento del producto, entre las que se encuentran: aire forzado y 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

Técnica sencilla con la que es posible preenfriar tomates verde-maduros con una corriente de aire a una temperatura menor de 5 °C, sin que sea perjudicial para el producto (si el tiempo de exposición no es mayor de 24 horas).

### Hidroenfriado

Sistema utilizado para un 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 es necesario un tiempo 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; por esta razón, conviene hacerlo por aspersión.

## Limpieza y desinfección

Operación en que se eliminan suciedades y materias extrañas de la epidermis de los tomates. Las impurezas tienen orígenes muy diversos: tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas y microorganismos.

Dependiendo del tipo de contaminación, se puede hacer una limpieza simple, frotando el fruto con un paño húmedo, o limpieza y desinfección simultáneas, mediante el uso de agua clorada, ya sea por aspersion o por inmersión. La desventaja es que la eficiencia del desinfectante se ve reducida por la presencia de material extraño, como suciedad y materiales de campo, que absorbe parte del desinfectante.

El objetivo de la desinfección es la remoción de los gérmenes, microorganismos y sustancias químicas residuales después de la cosecha. Según 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 en 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.

El agua utilizada para el transporte del tomate dentro del proceso de 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

El mejor tratamiento contra los patógenos es la higiene y sanidad basada en la cloración, manejo apropiado del producto, la higiene de los trabajadores y 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 y un pH de 7,0 se recomiendan para el tratamiento de frutas y hortalizas.

Para la desinfección, el cloro puede ser aplicado como gas o como hipoclorito de calcio o de sodio. El hipoclorito de calcio es ampliamente usado en tratamientos de poscosecha, pero tiene el inconveniente de ser poco soluble en agua fría.

El hipoclorito de calcio viene en forma granular o tabletas con 65% de hipoclorito y la presentación comercial más conocida del hipoclorito de sodio 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 tabla 96 presenta la concentración de cloro mínima requerida para el control de hongos y bacterias.

**Tabla 96.** 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 a 40 ppm	10 ppm
Bacterias	20 ppm	10 ppm

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

Se recomienda, para lograr una mayor eficacia del tratamiento, que el agua se clore a 125 ppm y el pH se ajuste alrededor de 7,0.

En la tabla 97 se presenta la cantidad de solución de hipoclorito de sodio 5,25% requerida por litro de agua para alcanzar una concentración dada.

**Tabla 97.** 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

mL de solución al 5,25% de hipoclorito de sodio que se adicionan 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

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

## 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 periódicamente buenas prácticas de higiene, limpieza y desinfección de equipos.

## Secado

Procedimiento esencial después de realizar las labores de lavado y desinfección. Remover la humedad residual o superficial es importantísimo para la conservación del producto, pues si el tomate es almacenado o manipulado húmedo y a altas temperatura, favorece el desarrollo de patógenos que pueden dispersarse hacia los otros tomates, lo que incrementa las pérdidas en poscosecha.

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 usando ventiladores o pasando el tomate sobre cilindros con espuma que retienen la humedad.

## Clasificación

El objetivo es separar 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 que normalmente se realiza consiste en tomar como parámetro el tamaño con un mismo estado de madurez y que corresponda 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 tomates redondos y acanalados es de 35 mm, y para tomates alargados de 30 mm. La escala queda establecida como se muestra en la tabla 98.

**Tabla 98.** Escala establecida del tamaño de los tomates redondos y acanalados o alargados.

>30 mm	<35 mm
>35 mm	< 40mm
>40 mm	< 47 mm
>47 mm	< 57 mm
>57 mm	< 67 mm
>67 mm	< 82 mm
>82 mm	< 102 mm
> 102 mm	

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

Para la clasificación se utilizan barras o rodillos (figura 154) 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, a fin de evitar golpes. 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 a las cajas

se amortiguan con desaceleradores de velocidad y toda superficie en contacto con el tomate se lava y desinfectada diariamente (puede utilizarse hipoclorito y luego enjuagar el equipo).



**Figura 154.** Barras para la clasificación del tomate

Fuente: Miryam Guzmán.

Para la comercialización los frutos deben ser lo más homogéneos posible (figura 155).

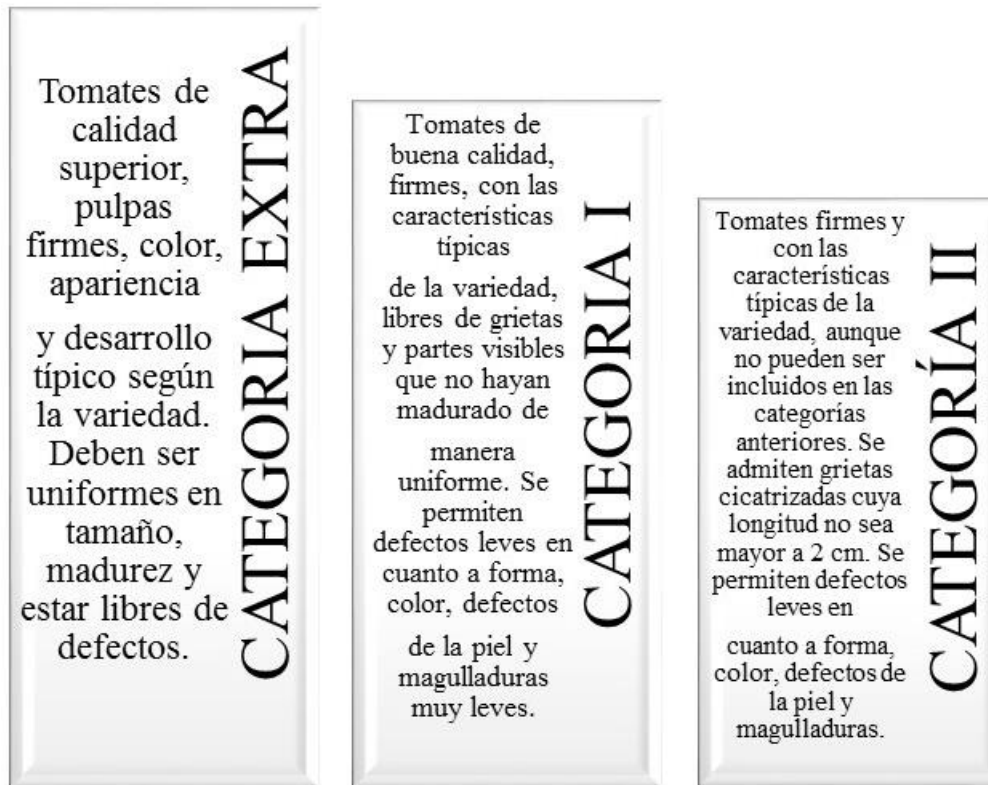


**Figura 155.** Presentación del tomate para comercialización en supermercados

Fuente: Jorge Jaramillo.

El tomate se clasifica por color, grado o categoría y variedad. Según la norma NTC 1103-1, por categoría se manejan tres niveles de clasificación (figura 156) que están

dados por el porcentaje de defectos que presenten en cuanto a forma, tamaño o madurez, que no afecten la apariencia general del producto, la calidad de conservación y la presentación del empaque:



**Figura 156.** Niveles de clasificación del tomate

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

El mercado internacional acepta únicamente tomate sin ningún tipo de daño o con tolerancias menores al 5%. En cuanto al color, se clasifican en seis niveles, que se describieron antes, según la norma estadounidense. Sin embargo, la norma colombiana NTC 1103-1 considera solamente cinco estados de madurez, ya que los grados 1 y 2 establecidos en la norma estadounidense han sido unidos en uno solo. La categoría quedó establecida como lo presenta la tabla 99, la cual se basa en la norma europea.

**Tabla 99.** 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 en no más del 30% de la superficie.
Coloración media (1/2 pintón)	Cuando entre 30 y 60% de la superficie muestra un color rosado o rojo.
Coloración avanzada (3/4 pintón)	Cuando más del 60% de la superficie tiene 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.

 Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

## Selección y clasificación

- La selección de los frutos que se van a comercializar se realiza descartando todos los que presenten algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros.
- Se eliminan en forma adecuada los frutos descartados. No olvidar que pueden servir de inóculo de plagas o enfermedades en el futuro.
- Todas las operaciones de selección y clasificación se efectúan en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas (figura 157).
- 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 157.** Sala poscosecha

Fuente: Miryam Guzmán.

## Empaque

Es la etapa de mayor importancia en el manejo de poscosecha, ya que cumple con una función importante en la conservación y manejo de estos productos durante la etapa de comercialización y cuenta también con 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):

- Estar en condiciones adecuadas para proteger y permitir la manipulación, almacenamiento, transporte, distribución, venta y consumo del producto.
- Permitir la consolidación (*parking*) y el alistamiento (*picking*) de los productos empacados.
- Conservar la calidad del producto contenido durante el ciclo de comercialización y su vida útil.
- Ser reciclables, reutilizables o biodegradables.
- 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 y con sus revisiones o agendas posteriores.
- Su diseño, en caso de requerirlo, debe permitir una adecuada ventilación del producto.
- No transmitir olores, sabores ni microorganismos que alteren la calidad del producto contenido.
- Los materiales con que se elaboren los empaques deben estar libres de cualquier impureza que afecte al producto.
- No deben contener materiales ajenos al producto o al empaque mismo.
- Los empaques empleados en el comercio internacional deben ser nuevos o de un solo uso.
- Estar libres de residuos de fabricación que afecten al producto contenido.
- 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.

- 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.
- La altura del apilamiento o arrume debe garantizar la adecuada circulación del aire.
- Si se utilizan esquineros, estos no deben separarse en láminas.
- 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.
- Los empaques plásticos deben protegerse en embalajes que impidan su contaminación durante el transporte entre la fábrica y el lugar de empaque del alimento.

A la hora de elegir el empaque se deben tener en cuenta los requisitos del mercado, los aspectos de tipo ambiental y el grado de protección que ofrezca al producto (que reduzca al mínimo cualquier causa de daño, proteja el producto de daños mecánicos por compresión, abrasión, impactos, cortes, e idealmente de deshidratación y deterioro por agentes biológicos) (Rutledge *et al.*, 1995).

La desventaja del guacal es que causa 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 (figura 158).

Las cajas de cartón son muy utilizadas para su comercialización en el ámbito internacional, ya que permiten observar el producto y transportar volúmenes pequeños que aseguran la calidad mecánica del producto y proporcionan una buena ventilación (figura 158).

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, de modo que responde a los requerimientos del mercado (figura 158).



**Figura 158.** Empaques más utilizados para la comercialización del tomate

Fuente: Quintero AF, Gaviria HR. Poscosecha del tomate. En: <http://poscosechatomate.blogspot.com/> (consulta: noviembre de 2014).

La selección del empaque se relaciona 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 lo realiza 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, estar bien lavados. Al momento de utilizarse, deben encontrarse limpios, secos y en buen estado.
- Estos materiales se almacenan y manipulan en condiciones que permitan su uso para un producto alimenticio.
- El proceso de embalaje se efectúa 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.

## Almacenamiento

Es el proceso para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible y 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. 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 presentara algún tipo de daño biológico, este se dispersaría rápidamente en la cámara de almacenamiento o de transporte y contaminaría una mayor cantidad de producto.

Para el almacenamiento del tomate las condiciones óptimas dependen de factores como los siguientes: estado de madurez, tiempo de almacenamiento esperado y características exigidas por el mercado, los cuales 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 100 y 101.

**Tabla 100.** Tasa de respiración de tomate a diferentes temperaturas y grados de madurez, expresada en mL/CO<sub>2</sub>/kg h

Estado	Temperatura			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
<b>Verde maduro</b>	6-9	8-14	14-21	18-26
<b>Maduro</b>	7-8	12-15	12-22	15-26

Fuente: Suslow y Cantwell (1998).

**Tabla 101.** Calor de respiración en kcal/kg h para tomate refrigerado y a temperatura ambiente en dos estados de madurez

Estado	Refrigerado	Ambiente
<b>Verde maduro</b>	0,0167	0,109
<b>Maduro</b>	0,037	0,104

Fuente: Boyette *et al.* (1995).

Los tomates almacenados a una temperatura por encima de 30 °C sufren daños y se producen 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; 18 a 21 °C es la mejor temperatura para la maduración; la humedad relativa de almacenamiento adecuada fluctúa entre 85% y 95%; humedades relativas más bajas pueden llevar a pérdidas excesivas de agua y marchitamiento o deshidratación después de pocos días y humedades relativas más elevadas pueden favorecer ataques fúngicos.

## Maduración

Las condiciones de maduración, almacenamiento y vida útil, al tiempo que la sensibilidad al daño por frío, son determinadas en gran parte por la variedad de tomate. Por otra parte, la humedad relativa tiene una influencia marcada sobre la firmeza del producto.

En la tabla 102 se observan los días necesarios para alcanzar el estado máximo de madurez o grado seis, dependiendo de la temperatura de almacenamiento y del grado de madurez en el que fue cortado; en esta tabla se muestra que el incremento de la temperatura favorece la rápida maduración del tomate (Cantwell, 2008).

**Tabla 102.** Evolución del grado de madurez del tomate almacenado a diferentes temperaturas y grados de madurez

Días hasta alcanzar grado de madurez					
Grado de madurez	12,5 °C	15 °C	17,5 °C	20 °C	25 °C
<b>1</b>	18	15	12	10	7
<b>2</b>	16	13	10	8	5
<b>3</b>	13	10	8	6	3
<b>4</b>	10	8	6	4	2

Fuente: Cantwell (2008).

## Tratamiento con etileno para maduración

El etileno es un gas natural sin olor ni sabor, producido normalmente por diferentes tipos de vegetales; estimula o regula la maduración de frutos, en particular de los frutos climatéricos (Jaramillo *et al.*, 2013).

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 uno y dos días. Es importante 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, porque 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 pueden 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.

## Buenas prácticas agrícolas durante la cosecha y poscosecha del tomate

Al trabajador se le debe proveer de todas las condiciones necesarias para mantener una buena higiene; mantener baños limpios, jabón, agua fresca y toallas desechables para el lavado de manos.

Se debe de establecer el lavado de manos para todo aquel que entre al lote (trabajadores, visitantes, compradores, etc.).

En los recuadros se presentan recomendaciones para realizar unas buenas prácticas agrícolas referentes a cosecha y poscosecha en el tomate (recuadros 10, 11 y 12).

### 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; así se reduce el riesgo de dispersión de patógenos por medio del calzado.
- No arrojar el tomate dentro de las cajas de recolección o al trasvasarlas de una caja a otra, pues esto le causa daños mecánicos. El tomate se debe depositar cuidadosamente en la caja.
- Usar protectores en el fondo y en las paredes de los contenedores y empaques; depositar suavemente el producto en ellos y no exceder la capacidad de los empaques; igualmente minimizar 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 los 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.

**Recuadro 10.** Buenas prácticas agrícolas durante la cosecha del tomate

Fuente: adaptada de Jaramillo *et al.* (2013).

#### Manejo poscosecha

- Capacitar a los trabajadores sobre 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 sobre el lavado de manos, e imponer su seguimiento.
- Asignar tareas que no impliquen contacto con alimentos a los trabajadores 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.
- Mantener un pH de 6,0 a 7,0 en el agua clorada.
- Proporcionar un último enjuague si se están 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 las 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 ni comer en las áreas de trabajo.

**Recuadro 11.** Buenas prácticas agrícolas durante la poscosecha del tomate  
Adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).

#### Trasporte 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.
- Asegurar que la pila sea estable y que el producto no esté moviéndose de un lado a otro durante el transporte y distribución del producto.

**Recuadro 12.** Buenas prácticas agrícolas durante el transporte y la refrigeración  
Fuente: adaptado de Jaramillo *et al.* (2013).



## Capítulo XIII

### Transformación

Los procesos de transformación del tomate comprenden tomate en conserva, tomate natural pelado, tomate natural pelado y triturado, tomate frito, tomate concentrado, zumo de tomate, salsas de tomate, tomate en polvo y confitura de tomate (Plan Hortícola Nacional (PHN), "Tomate larga vida").

#### Tomates en conserva

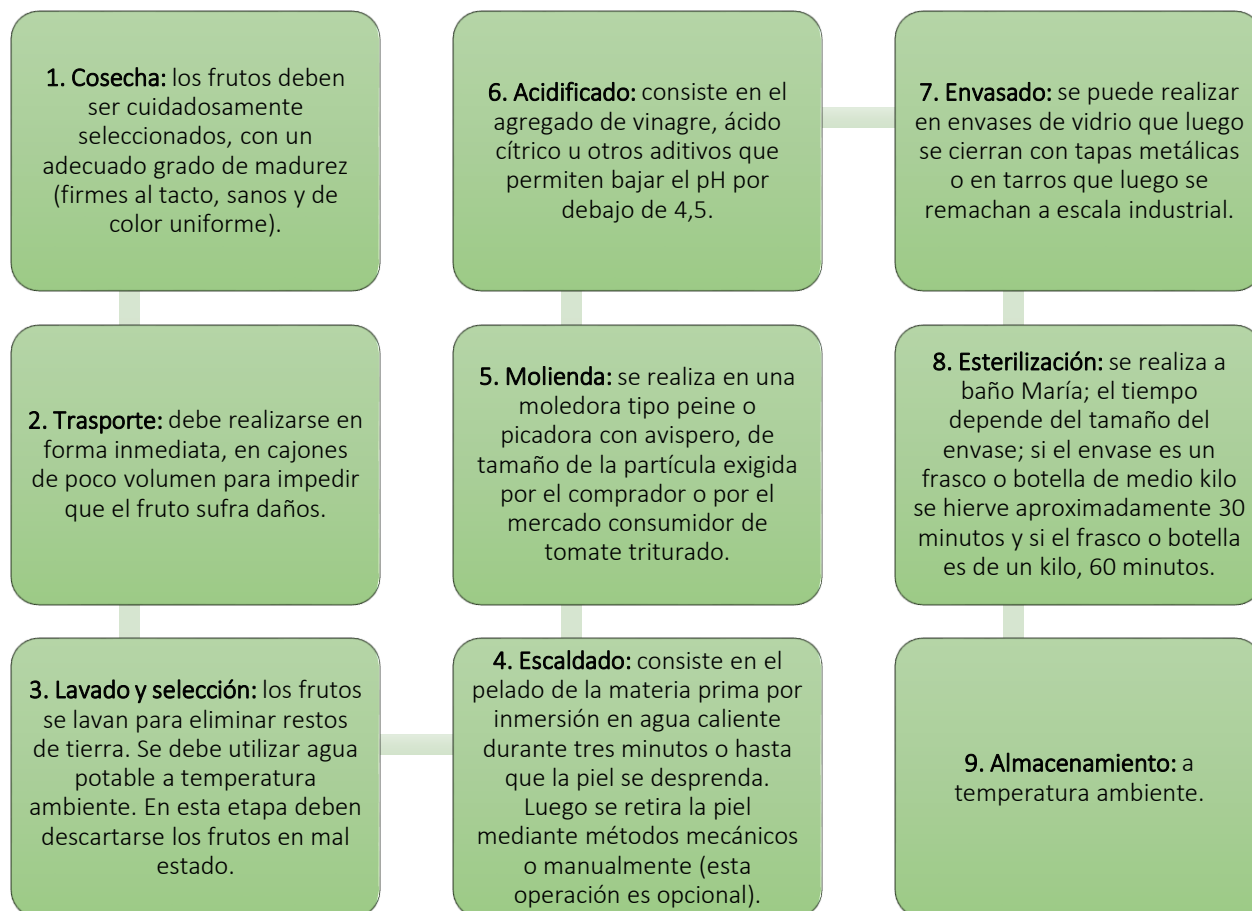
Las características que deben reunir las variedades para la producción de conserva de tomate pelado se refieren a la forma, el color y el tamaño, pero son más importantes las características relativas a la calidad intrínseca, como acidez, contenido en azúcares y materia seca.

Sus frutos tienen forma de pera o alargados, lo que facilita el pelado. El peso de los frutos se encuentra alrededor de 70 g.

Para la elaboración de concentrado de tomate se utilizan variedades cuyos frutos pesan más que los frutos dedicados al pelado; el peso oscila entre 80 y 120 g. Pueden tener forma oval, cuadrada o redondeada. En general todos los frutos deben ser frescos y estar maduros.

Son numerosas las presentaciones de tomate en conserva: tomate natural pelado, tomate natural pelado y triturado (recuadro 13), tomate frito, tomate en puré (10 ° Brix), tomate concentrado simple (16 ° Brix), doble (29 ° Brix) y triple (30-32 ° Brix), zumo de tomate, salsas de tomate, etc. (IICA, Prodar, 2013).

En el proceso de acidificación para 1 kg de tomate (botella o frasco) se deben agregar de 2 a 3 cucharadas soperas de vinagre, preferentemente de alcohol. En caso de usar ácido cítrico de uso comercial (sólido blanco granulado), agregar media cucharadita de té por kilo de tomate (usar una pequeña porción de agua potable para diluir el ácido cítrico y luego agregarlo al envase) (Rosero, 2007).



### Recuadro 13. Etapas del procesamiento de tomate triturado

Fuente: adaptado de Rosero (2007).

## Salsa de tomate

La salsa de tomate (recuadro 14) es una salsa elaborada con tomates frescos, resultante de la concentración de la pulpa de tomate, condimentada con azúcar, sal, vinagre y especias (IICA, Prodar, 2013; Rosero, 2007).

La salsa guarda las propiedades organolépticas del tomate, y en el proceso se puede agregar azúcar para dar un sabor dulce y espesantes para lograr mayor consistencia. Existen variedad de salsas y pastas de tomate que se presentan en frascos o latas, que se diferencian por su condimentación y espesor (grado de concentración). En la industria la salsa se elabora a partir de una pasta de tomate concentrada, la cual se

diluye con agua y se mezcla con sal, azúcar, especias y vinagre. No obstante, una de óptima calidad solamente se puede elaborar a partir de tomates frescos.

**1. Recepción y pesado:** consiste en cuantificar el tomate que entrará al proceso para determinar rendimientos. La recepción debe hacerse en recipientes adecuados y limpios, y con ayuda de una balanza de piso.

**2. Selección:** se seleccionan los tomates maduros, completamente rojos, con la pulpa firme y sin signos de podredumbre. Para la elaboración de salsa no interesa el tamaño ni la forma, pero sí el color.

**3. Lavado:** los tomates se lavan con agua clorada. Un buen lavado asegura la eliminación de la suciedad, restos de pesticidas y microorganismos superficiales.

**4. Trozado:** con ayuda de cuchillos limpios, se cortan los tomates en cuartos. No es necesario pelarlos.

**5. Escurrido:** eliminar parte del agua de los tomates, con el fin de ahorrar tiempo en las etapas posteriores. Para ello se envuelven los tomates en una bolsa de manta o malla plástica, la que se cuelga y se deja escurrir durante 30 minutos.

**6. Escaldado:** los tomates se sumergen en agua limpia y se calientan a 90-95 °C durante 5 minutos. Esta operación tiene como propósitos destruir las enzimas responsables de las pérdidas de color, reducir la carga de microorganismos presente y ablandar los tomates para facilitar la extracción de la pulpa.

**7. Extracción de la pulpa:** se hace con un despulpador o una licuadora. En el segundo caso, la pulpa se debe colar para separar las cáscaras y semillas.

**8. Concentración:** la pulpa se cocina por un tiempo de 30 a 45 minutos, a una temperatura de 90-95 °C, agitando suave y constantemente. El tiempo de cocción estará determinado por la concentración final que se desee, por lo general entre 25 y 30 °Brix. En esta parte se agrega sal en una proporción del 2%, con relación al peso de la pulpa, es decir, a 100 kg de pasta elaborada se deben de agregar 2 kg de sal. También pueden agregarse condimentos como ajo, orégano y albahaca.

**9. Envasado:** se realiza en frascos o botellas de vidrio que han sido previamente esterilizados. La salsa se chorrea a una temperatura mínima de 85 °C, y para evitar que queden burbujas de aire los envases se golpean suavemente en el fondo a medida que se van llenando. Se debe dejar un espacio sin llenar equivalente al 10% del volumen del envase. Por último se ponen las tapas, sin cerrar completamente, pero que tampoco queden sueltas.

**10. Pasteurizado:** la función es eliminar los microorganismos que pudieran haber sobrevivido a las temperaturas del proceso y así garantizar la vida útil del producto. Este se realiza calentando los envases a 95 °C por 10 minutos, contados a partir de que el agua comienza a hervir. Al finalizar el tratamiento se termina de cerrar las tapas.

**11. Enfriado:** los envases se enfrían hasta la temperatura ambiente. Se colocan en otro recipiente con agua tibia (para evitar que el choque térmico los quiebre) y luego se va agregando agua más fría hasta que los envases alcancen la temperatura ambiental.

**12. Etiquetado y almacenado:** consiste en el pegado de etiquetas (con los requerimientos de la ley), luego el producto se coloca en cajas de cartón, y estas cajas se almacenan en un lugar fresco, seco y oscuro, hasta su distribución.

#### **Recuadro 14.** Etapas del procesamiento de la salsa de tomate

Fuente: adaptado de Santos *et al.* (2012).

## Capítulo XIV

# Mercados y comercialización

### Nacionales

El tomate en fresco es una de las hortalizas más demandadas por los consumidores colombianos, quienes la usan como ingrediente de sopas, ensaladas y como condimento. Desde el punto de vista del uso agroindustrial, la materia prima nacional se ha visto desplazada por las crecientes importaciones de concentrado de tomate porque es un producto que resulta más económico para la agroindustria. En este contexto, puede afirmarse que este tiene un potencial creciente tanto para el consumo en fresco como en la sustitución de importaciones de pastas y concentrados (Boletín CCI: SIM, 2013).

### Mercados

Corresponde económicamente a un modelo de oligopsonio en el cual participan muchos oferentes y pocos compradores (mayoristas y cadenas especializadas). El proceso de comercialización va desde muchos productores a pocos mayoristas, que son quienes distribuyen masivamente el producto hacia los consumidores finales. Al existir pocos demandantes (mayoristas y cadenas), la información sobre las condiciones de mercado fluye rápidamente entre estos agentes, quienes intervienen en la fijación de los precios y, por ende, en mayor o menor movilidad que puedan llegar a presentar los mismos (Suárez, 2012).

### Canales de comercialización

En Colombia se identifican tres canales de distribución para llevar el tomate del productor al consumidor final: acopiador-mayorista-detallista, proveedor-mayorista-supermercado y productor-supermercado-consumidor.

**Canal acopiador-mayorista-detallista:** es el más utilizado en la comercialización de tomate. El acopiador adquiere el tomate en las zonas productoras, en la finca o en los mercados locales más cercanos, determinando el precio de compra con base en la oferta y la expectativa del precio que pueda conseguir en las centrales mayoristas.

También es común que los mayoristas directamente aseguren su abastecimiento en las zonas de producción antes de la cosecha, para lo cual se celebra un contrato verbal en el que se establece que se cancela la mitad del precio al momento de la negociación y el valor restante a la entrega del producto, eliminando así la intervención del acopiador.

El transportador se diferencia del acopiador porque solo recoge la carga puesta en carretera, sin ingresar a las fincas o plazas; pacta por medio de un contrato con un mayorista o varios productores de la misma zona y recoge el tomate y lo transporta a la plaza.

Con base en la oferta y la demanda, el mayorista determina el precio de mercado que repercute sobre el precio al productor: si el precio mayorista sube, el efecto sobre el precio al consumidor, que también sube, es inmediato; pero si el precio mayorista baja, el efecto sobre el precio al consumidor es más lento y tiende a basarse en el comportamiento histórico del precio mayorista.

**Canal proveedor-mayorista-supermercado:** los proveedores de los supermercados pueden ser los mayoristas o los mismos productores. Sin embargo, en los últimos años viene generalizándose la tendencia a concentrar las compras en pocos proveedores que puedan manejar grandes volúmenes con el fin de garantizar el abastecimiento periódico del producto. En este canal el supermercado es el que determina el precio de compra con base en la oferta de los mayoristas y el comportamiento de los precios en las centrales de abastos. Este precio lo fijan semanalmente los supermercados y en algunas ocasiones puede variar en el transcurso de la semana. En el proceso de comercialización de tomate, este canal es uno de los que más fácilmente permite la distorsión de los precios afectando el beneficio que pueda llegar a recibir el productor, puesto que el mayorista busca mantener su margen de utilidad sobre el 100% del precio que paga al agricultor.

**Canal productor-supermercado-consumidor:** el productor pacta como proveedor directo del supermercado; así evita la intermediación y, por ende, consigue un mejor precio. Este esquema marca otra de las tendencias que están tratando de implementar las cadenas especializadas. Aquí el productor recibe el mismo precio que obtiene el mayorista en el canal anterior, pues los dos están actuando como proveedores del supermercado (Suárez, 2012).

## Tipos y prácticas de negociación

En las centrales mayoristas se identifican dos tipos de negociación: la libre oferta del producto y las compras tradicionales.

**Libre oferta del producto:** los oferentes llegan con su producto al mercado y allá buscan un comprador mayorista que, en la mayoría de los casos, paga un precio menor por el producto.

**Compras tradicionales:** los mayoristas que tradicionalmente les han comprado el tomate a los mismos intermediarios y productores, con precios relativamente buenos; existen entre ellos fuertes vínculos comerciales. Este último tipo de negociación es el más frecuente en las centrales de abastos del país.

**Prácticas de negociación:** las más frecuentes consisten en cancelar el precio del producto al momento de la compra o bien al final de la venta; esta última consiste en que el mayorista trabaja por un porcentaje sobre la venta del producto, a manera de comisión.

Las cadenas especializadas asignan cupos mediante acuerdos de confianza con sus proveedores, personas naturales o jurídicas, quienes tienen que estar previamente inscritos en la base de datos de cada cadena. El proceso de inscripción consiste en presentar una hoja de vida en la que el interesado consigna información de tipo personal y sobre la producción (variedades, área cultivada, oferta estimada y análisis de la muestra realizado con anterioridad por la cadena). Si se trata de un productor proveedor, debe incluirse información sobre la ubicación de su finca, el área cultivada y las rutas de acceso a la misma. Una vez inscrito en la base de datos de la cadena, debe esperar a que se le asigne el cupo que debe ingresar semanalmente. Cabe señalar que, por cada producto agrícola, se encuentran entre 120 y 150 potenciales proveedores en la lista de espera.

La mayoría de los proveedores de las cadenas especializadas son productores-acopiadores o agremiaciones, lo que les permite disponer del volumen suficiente para cumplir con los cupos asignados, ya que se trata de un negocio de confianza en que prima la oportunidad que brinda la cadena y no la capacidad negociadora de los proveedores. El acuerdo de confianza es evaluado mensualmente para determinar el nivel de cumplimiento de las partes. Algunas cadenas, como Éxito, Carulla y Pomona,

han establecido un castigo sobre el precio de compra al proveedor cuando hay incumplimiento del cupo pactado y, en el caso particular de la cadena Éxito, un incremento sobre el precio pagado al proveedor cuando deja de comprar el volumen pactado. Los proveedores deben entregar el producto en la bodega de la cadena especializada, siguiendo las normas de calidad y empaque exigidas por esta. Si el producto es devuelto, la entrega se hace el mismo día o, a más tardar, al día siguiente para que el proveedor lo pueda vender en otro mercado. El pago del producto se realiza de contado 15 días después de la entrega.

Otra modalidad para la entrega del producto es la consignación, utilizada por la cadena La 14 del occidente del país, que consiste en recibir el producto y actuar como representante de ventas del proveedor. En este caso, también se establece un contrato de confianza en el que la cadena ya tiene determinados los proveedores, los volúmenes máximos y las condiciones de calidad que se requieren para recibir el producto (Boletín CCI: SIM, 2013).

## Mercado internacional

El comercio mundial del tomate fresco está expandiéndose, principalmente, entre países vecinos, gracias a la reducción de aranceles (firma de tratados comerciales) y a menos costos de transporte derivados de la cercanía geográfica, como es el caso de Estados Unidos, Canadá y México.

Las importaciones agroalimentarias mantienen una tendencia creciente en los principales centros de consumo del mundo y representan una gran oportunidad para la continuidad y crecimiento de las exportaciones agroalimentarias.

El ritmo de las importaciones mundiales de tomate crece a un 9% anual con un monto promedio de USD4.800 millones en el periodo 2000-2009; Estados Unidos, Alemania y Reino Unido son los principales importadores de tomate en el mundo.

La oferta de tomate es grande y diversificada porque en toda la región de Norteamérica (Estados Unidos, Canadá y México) se comercializan variedades producidas a cielo abierto, en casas sombra e invernaderos; tomates cultivados tradicionalmente en suelo, tomates hidropónicos y orgánicos, cuya presencia en el mercado es cada vez mayor.

Estados Unidos y Canadá mantienen tasas crecientes en sus compras foráneas de tomate, no obstante que ambos son grandes productores.

Las principales importaciones de Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) provienen de México (95%), Holanda (3%) y España (1%) en la participación del comercio del tomate con un valor de USD1200 millones promedio al año en el periodo 2000-2009.

El registro de mayor consumo de tomate en los Estados Unidos es en los meses de noviembre a mayo con volúmenes promedio de 100 mil toneladas a precio promedio de USD 1,10 por kilogramo.

Las importaciones promedio durante los 6 meses de importación más intensa comparadas con los 6 meses restantes fueron de 521.000 toneladas y 223.000 toneladas, respectivamente, que representan el 70% y el 30% del total.

La oportunidad está en un crecimiento sostenido de las exportaciones con la producción de tomate de invernadero y experiencia exportadora.

El consumo per cápita de tomate fresco en Estados Unidos tiene una tendencia creciente, mientras que el consumo de tomate procesado se ha mantenido estable en los últimos treinta años. En el caso de Canadá el consumo per cápita de tomate fresco es menor que en los Estados Unidos y se ha mantenido en alrededor de 17 kg anuales en los últimos 10 años. Las tendencias de consumo per cápita y de crecimiento poblacional en los Estados Unidos exhiben que el volumen total de consumo de tomate continuará creciendo dinámicamente durante los próximos años. (Fuente: [www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios.../tomate.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios.../tomate.pdf)).

Según datos de la FAO (2012), en el año 2010 el mundo alcanzó una producción de 283.000 millones de toneladas, de las cuales el 46,5% se concentra en 20 países productores que se disputan el mercado. Para destacar, en Suramérica los mayores productores, Brasil y Chile, aportan el 3,5 y 3%, respectivamente.

Ahora miremos los diferentes mercados y su comportamiento:

**América del Norte:** Estados Unidos produjo 14,0 millones de toneladas y es el principal productor de tomate después de China. La industria del tomate (fresco o procesado) representa más de 2000 millones de dólares anuales.

La industria del tomate se desarrolla y orienta a dos mercados diferentes, procesado o fresco, desarrollados genéticamente según las necesidades del mercado. Para el tomate procesado se requiere que las variedades tengan un alto porcentaje de sólidos solubles (5 a 9%).

La producción de tomate para el procesamiento representa el 90% de la producción total y su cosecha es mecánica, a diferencia del tomate fresco, el cual es cosechado manualmente.

El precio del tomate fresco es más alto y de volatilidad mayor que el tomate para procesamiento, debido a un alto costo en su producción y a una mayor incertidumbre del mercado.

Todos los estados que conforman la Unión son productores de tomate, pero en tan solo 20 se concentra la producción comercial. Existe tendencia a disminuir el área productiva. Los mayores productores son los Estados de Florida y California. La producción de tomate en Florida va de octubre a junio y tiene picos de producción de abril a mayo y de noviembre a enero. Su producción abastece los mercados de la costa Este y México la costa Oeste.

El 96% de la producción de tomate de California se destina al procesamiento; se produce todo el año, excepto durante el invierno. Florida y México abastecen el mercado de los Estados Unidos en época de invierno.

El tomate se encuentra disponible todo el año, a pesar de la estacionalidad de la oferta, por la producción bajo condiciones controladas y las importaciones. De agosto a septiembre y de marzo a mayo los precios disminuyen por la alta disponibilidad del producto, ya que Florida y California alcanzan su mayor producción.

Hoy en día los supermercados ofrecen gran variedad de tomate; por ejemplo: Beesftake (Round), Roma (Plum), TOV y tomates Cherry y Grape. Esta oferta diferenciadora de productos se inició con importaciones desde Holanda. Sin embargo, la oferta local por medio de la producción bajo condiciones controladas comenzó a tomar ventaja en este nicho del mercado. Este tipo de producción se encuentra aún más diversificado con las importaciones de México, Canadá, República Dominicana y otros países centroamericanos.

Se estima que el mercado del tomate fresco en los Estados Unidos está dividido entre el mercado detallista (70%) y el mercado de restaurantes y hoteles (30%).

El comercio internacional del tomate fresco juega un papel muy importante en los Estados Unidos, ya que las importaciones representan más del 30% de la oferta total. Por otro lado, se estima que las exportaciones ascienden al 7% de la producción total.

En los últimos años, la producción de tomate fresco bajo ambiente o condiciones controladas se ha venido incrementando sustancialmente. Primero Canadá y hoy en día México juega un papel muy importante en la oferta de tomate. Se calcula que este país representa más del 70% de las importaciones de tomate fresco a los Estados Unidos y el 30% entre Canadá, Guatemala, República Dominicana, Holanda, Israel y España.

En México, la producción de tomate fresco bajo invernadero se ha tomado gran parte del mercado de los Estados Unidos motivado por las grandes inversiones en infraestructura dadas por la oportunidad de mercado (Lam, 2012; IICA, 2012).

**Europa:** España es el primer productor y exportador europeo, aprovechando sus ventajas comparativas de clima y de costo de mano de obra con relación a los países del norte. Italia, si bien es un gran productor, no tiene un sector exportador pujante. Holanda y Bélgica-Luxemburgo aprovechan su capacidad comercial para la canalización de producciones, sobre todo españolas en el ciclo otoño-invierno; en época estival Holanda se convierte en el principal suministrador europeo.

Los principales importadores de la Unión Europea son: Alemania, Francia, Holanda, Reino Unido y Bélgica. El tomate que importa Alemania es en su mayor parte holandés (271.937 t), español (203.690 t), belga (66.633 t) e italiano (67.713 t). El tomate francés de importación es español (en un 41%) y marroquí (en un 42%). En el Reino Unido, el tomate español representa el 63% de las importaciones y el holandés el 30%. Holanda, como clásico reexportador de tomate español, importa de España 224.534 t.

Si se analizan los calendarios de exportación de los principales exportadores a países de la Unión Europea, se ve que los choques de la comercialización española con la holandesa se producen en el mes de junio y octubre (posibilidad de crisis de precios), si bien las exportaciones holandesas son sustitutivas de las españolas. El calendario

belga es prácticamente idéntico al holandés. Este país, al igual que Holanda, aprovecha su capacidad comercial para canalizar producciones de otros orígenes (Bélgica es importador de tomate holandés, español e italiano y a su vez es exportador hacia Francia y Alemania). El calendario marroquí es idéntico al español y entre estas dos áreas existe una competencia más relevante.

Vale la pena destacar la competencia tan intensa que se produce en Francia; España (y concretamente Almería como principal provincia española exportadora a este mercado) y Marruecos se reparten casi a partes iguales las exportaciones a ese país. En la actualidad se atisban ciertas tendencias. Si comparamos la evolución del calendario de estas dos provincias se aprecia que Marruecos, progresivamente, se está apoderando del mercado en los meses de otoño e invierno. La producción española está siendo desplazada hacia los meses de primavera (Infoagro, 2013).

## Capítulo XV

# Costos de producción del tomate bajo condiciones protegidas

Los costos de producción son de vital utilidad para la toma de decisiones en los sectores público y privado. Los costos agrícolas privados, 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 determinado.

## Definiciones

### Costos

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 o directos y fijos o indirectos (Bishop y Toussaint, 1991).

**Costos directos o variables:** 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 (tabla 103).

**Costos fijos o indirectos:** tienen relación con los costos que permanecen constantes para diferentes volúmenes de producción. A estos pertenecen todos los desembolsos que se realizan por arrendamiento de tierra, administración del cultivo, pago de intereses, contratación de asistencia técnica, depreciación de infraestructura, construcciones, maquinaria y equipos (tabla 103).

**Tabla 103.** Costos variables o directos y costos fijos o indirectos

<b>Costos variables o directos</b>	<b>Compra de insumos</b>
	Plántulas
	Fertilizantes
	Fungicidas
	Insecticidas
	Herbicidas y otros
	Mano de obra
Servicios	
<b>Costos fijos o indirectos</b>	<b>Desembolsos por</b>
	Arrendamiento de tierra
	Administración del cultivo
	Pago intereses
	Contratación asistencia técnica
	Depreciación a infraestructura
	Construcciones
Maquinaria y equipos	

Fuente: Jaramillo *et al.* (2013).

Cuando los costos se refieren 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 y Toussaint, 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 y Toussaint, 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 1000 m<sup>2</sup> con una densidad de siembra de 2200 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 2013. Para el análisis se consideró el establecimiento inicial de un ciclo productivo, en el cual 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 detalla la inversión inicial y los costos, variables y fijos. 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.

La inversión por metro cuadrado oscila entre 5,00 dólares, las más simples, y 25,00 dólares, las de mayor tecnología; en pesos colombianos, a una tasa de cambio de \$1.953,33, la inversión sería de \$9.676.650,00 y \$48.383.250,00, respectivamente. El tiempo de vida útil va entre los cinco y los veinticinco años y dependerá, en definitiva, del material con que se construya. Por ejemplo el polietileno de larga duración térmica que se utiliza como cobertura tiene una vida útil de treinta y seis meses.

Como modelo de inversión, actualizados los costos según el IPC de 2012, se tendría el que se muestra en la tabla 104.

**Tabla 104.** Inversión para el establecimiento de un área de 1000 m<sup>2</sup> de cultivo de tomate bajo invernadero. Año 2012

Descripción	Valor (\$)
Invernadero convencional de 1.000 m <sup>2</sup> , depreciación a 8 años	\$15.939.152
Plástico para invernadero	\$502.615
Equipo y herramientas (pala, azadón, equipo de fumigación, etc.)	\$593.588
Equipo de riego, depreciación a 5 años	\$2.138.503
Tutorado, depreciación a 3 años	\$2.435.148
<b>Total inversión</b>	<b>\$21.609.006</b>

Fuente: Corpoica Tibaitatá y La Selva, año 2010. Precios actualizados a 2013.

## Análisis de la estructura de costos de producción

En Colombia, los rendimientos bajo condiciones protegidas fluctúan entre 120 ton/ha en zonas como la sabana de Bogotá y 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).

En la tabla 105 se presenta un resumen de la estructura de costos de producción del tomate bajo invernadero y en la tabla 106 se muestra la estructura detallada de los mismos.

**Tabla 105.** Estructura de costos de producción estimada para 1000 m<sup>2</sup> de cultivo en tomate chonto bajo invernadero y su participación en el costo. Año 2013

Concepto	Valor	% sobre costo total	% sobre costos directos	% en el rubro de insumos
<b>Costos variables o directos</b>				
Mano de obra (jornales)	\$4.004.000,00	40,63	49,74	
Insumos				
Plántulas	\$464.600,00	4,71	5,77	16,09
Fertilizantes	\$1.019.010,00	10,34	12,65	35,29
Fungicidas y bactericidas	\$222.500,00	2,25	2,76	7,7
Insecticidas	\$194.300,00	1,97	2,41	6,73
Otros insumos (canastillas, fibra, argollas)	\$986.800,00	10,02	12,25	34,19
<b>Subtotal insumo</b>	<b>\$2.887.210,00</b>	<b>29,3</b>	<b>35,86</b>	<b>100</b>
Servicios (transporte y laboratorio)	\$1.159.750,00	11,77	14,4	
<b>Total costos variables o directos</b>	<b>\$8.050.960,00</b>	<b>81,7</b>	<b>100</b>	
<b>Costos fijos o indirectos</b>				
Depreciación	\$1.803.264,00	18,3		
<b>Total costos</b>	<b>\$9.854.224,00</b>	<b>100%</b>		

Fuente: resultados del Estudio Corpoica Tibaitatá y La Selva, año 2010, actualizados a 2013.

**Tabla 106.** Costos de producción detallados para un cultivo de 1000 m<sup>2</sup> en tomate chonto bajo invernadero

Costos directos mano de obra				
Concepto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor en \$
Preparación del suelo (picado, surcada y trazado)	Jornales	\$28.000	8	\$224.000
Trasplante	Jornales	\$28.000	2	\$56.000
Desyerba (cuatro)	Jornales	\$28.000	3	\$84.000
Aplicación de fertilizantes (por riego y al suelo)	Jornales	\$28.000	15	\$420.000
Aplicación de pesticidas (plagas y enfermedades)	Jornales	\$28.000	15	\$420.000
Tutorado y amarre	Jornales	\$28.000	25	\$700.000
Deschuponada	Jornales	\$28.000	20	\$560.000
Podas de hojas	Jornales	\$28.000	10	\$280.000
				Continua...

Continuación				
Poda terminal	Jornales	\$28.000	2	\$56.000
Otras labores	Jornales	\$28.000	1	\$28.000
Cosecha	Jornales	\$28.000	18	\$504.000
Labores poscosecha (selección, clasificación, empackado y secado)	Jornales	\$28.000	7	\$196.000
Descuelgue de plantas	Jornales	\$28.000	5	\$140.000
Erradicación del cultivo	Jornales	\$28.000	3	\$84.000
Monitoreo del cultivo	Jornales	\$28.000	7	\$196.000
Trasporte interno	Jornales	\$28.000	2	\$56.000
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>Jornales</b>	<b>\$28.000</b>	<b>143</b>	<b>\$4.004.000</b>
Insumos y fertilizantes				
Concepto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor en \$
Plántulas	Unidad	\$2.300	202*	\$464.600
Materia orgánica	Kilogramo	\$226	300	\$67.800
Cal dolomita	Kilogramo	\$150	240	\$36.000
Nitrato de potasio	Kilogramo	\$3.020	100	\$302.000
Nitrato de calcio	Kilogramo	\$1.316	50	\$65.800
Sulfato de magnesio	Kilogramo	\$956	10	\$9.560
Elementos menores	Kilogramo	\$1.613	50	\$80.650
Fosfato de amonio	Kilogramo	\$1.370	50	\$68.500
Fertilizante 10-20-20	Kilogramo	\$1.500	150	\$225.000
Fertilizante 17-6-18-2	Kilogramo	\$1.320	50	\$66.000
Fertilizante foliar magnesio	Litro	\$20.700	1	\$20.700
Fertilizante foliar calcio-boro	Litro	\$13.800	1	\$13.800
Fertilizante foliar p-k	Litro	\$13.200	1	\$13.200
Micorrizas	Kilogramo	\$1.000	50	\$50.000
<b>Subtotal insumos y fertilizantes</b>		<b>\$1.019.010,00</b>		
Fungicidas y bactericidas				
Concepto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor en \$
Mancoceb	Kilogramo	\$8.800	1	\$8.800
Previcur	Litro	\$51.200	1	\$51.200
Oxicloruro de cobre	Kilogramo	\$9.600	1	\$9.600
Forum	Bolsa de 120 g	\$11.300	2	\$22.600
Antracol	Bolsa de 400 g	\$13.200	1	\$13.200
Derosal	Frasco de 100 cc	\$6.300	1	\$6.300
Agrodyne	Litro	\$39.600	1	\$39.600
Continua...				

Continuación				
Saprol	Frasco de 100 cc	\$24.600	1	\$24.600
Benomil	Bolsa de 100 g	\$4.000	2	\$8.000
Rhodax	Bolsa de 400 g	\$16.400	1	\$16.400
Kasumin	Litro	\$22.200	1	\$22.200
<b>Subtotal fungicidas y bactericidas</b>		<b>\$222.500,00</b>		
Insecticidas				
Concepto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor en \$
AjÍ-ajo	Frasco de 500 cc	\$26.400	1	\$26.400
Imidacloprid	Frasco de 200 cc	\$11.600	1	\$11.600
Eviset	Bolsa de 500 g	\$13.800	1	\$13.800
Dipel wg	Bolsa de 500 g	\$50.900	1	\$50.900
Polo	Frasco de 200 cc	\$34.200	1	\$34.200
Clorpirifos	Frasco de 200 cc	\$17.700	1	\$17.700
Karate	Frasco de 500 cc	\$9.900	1	\$9.900
Match	Frasco de 100 cc	\$26.300	1	\$26.300
Matababosa	Kilogramo	\$3.500	1	\$3.500
<b>Subtotal insecticidas</b>		<b>\$194.300,00</b>		
Otros insumos				
Concepto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor en \$
Adherente-coadyuvante	Litro	\$11.900	2	\$23.800
Canastillas plásticas	Unidad	\$7.800	50	\$390.000
Fibra ref. 9.000	Rollo	\$8.600,00	5	\$43.000
Argollas (clip tomate)	Unidad	\$40.000	7000	\$280.000
Rollo de cinta pegante (amarilla-azul)	Rollo	\$ 2,5	100.000	\$250.000
<b>Subtotal otros insumos</b>		<b>\$986.800</b>		
<b>Subtotal insumos</b>		<b>\$2.887.210</b>		
Servicios				
Trasporte/tonelada	Tonelada	14.168	\$80.000	\$1.136.000
Servicios de laboratorio (análisis de suelos/4ciclos)	Unidad	1	\$95.000	\$23.750
<b>Subtotal servicios</b>		<b>\$1.159.750</b>		
<b>Total costos variables o directos</b>		<b>\$8.050.960</b>		
Costos indirectos				
Depreciación inst. invernadero (8 años) L. R.				\$994.688
				Continua...
Continuación				

Plástico (vida útil 3 años)			\$125.345
Depreciación equipo y herramienta (a 5 años)			\$59.213
Equipo de riego (a 5 años) línea recta			\$215.338
Tutorado 8ª (3 años) línea recta			\$408.680
<b>Subtotal costos indirectos</b>			<b>\$1.803.264</b>
<b>Total costos</b>			<b>\$9.854.224</b>

\* Dependen de los valores invertidos.

Fuente: resultados del Estudio Corpoica Tibaitatá y La Selva, año 2010. Actualizados al 2012.

Los costos de producción de tomate para un área de 1.000 m<sup>2</sup> bajo invernadero por semestre se estimaron en \$9.854.224; de ellos, el 81,7% corresponde a costos variables o directos y el 18,30% a costos fijos o indirectos.

Entre los costos variables, el componente más importante por su contribución fue la mano de obra, con 49,74%.

El segundo lugar lo ocuparon los insumos, con una participación del 35,86% de los costos variables o directos. En este grupo sobresalen por su aporte los fertilizantes, seguidos 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 18,30% de la estructura de costos y reflejan las erogaciones realizadas principalmente por concepto de depreciación de la infraestructura y equipos utilizados en el proceso productivo.

## Indicadores de resultados

Se estimaron los costos de producción para un ciclo del cultivo de tomate chonto bajo invernadero en un área aproximada de 1000 m<sup>2</sup> y una densidad de 2200 plantas. Cabe anotar que la densidad de siembra es variable, pues mientras que en zonas como 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 (tabla 107).

**Tabla 107.** Indicadores económicos de cultivo de 1000 m<sup>2</sup> de tomate chonto bajo invernadero

Indicador	Cuantificación
Densidad de siembra (plantas/1000 m <sup>2</sup> )	2.200
Producción (kilos/1000 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) (2013)	983
Ingreso bruto total (\$)	13.927.141
Costos de producción (\$)	9.854.224
Costos de producción (kg)	695
Utilidad por kg	288
Utilidad/ciclo de cultivo en 1000 m <sup>2</sup>	4.072.917
Rentabilidad (%)	41,33

Fuente: resultados del Estudio Corpoica Tibaitatá y La Selva, año 2010 (precio de venta actualizado a 2013).

## 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 determinado (Rucoba *et al.*, 2006).

En este estudio se determinó que la rentabilidad del sistema bajo invernadero es del 41,33%.

Observación: se considera 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.

En la tabla 108 se presenta un resumen de los costos de la inversión, los costos fijos, variables y totales.

**Tabla 108.** Costos de producción para un área de 1000 m<sup>2</sup> de tomate bajo invernadero, año 2010, actualizados a 2012

Costos	Valor
Inversión para 1000 m <sup>2</sup> bajo cubierta	\$21.609.006,00
Costos fijos	\$1.803.264,00
Costos variables	\$8.050.960,00
Costos totales	\$31.463.230,00

Fuente: resultados del Estudio Corpoica Tibaitatá y La Selva, año 2010 (precios actualizados a 2013).

## Ingresos

Es el dinero que recibe el productor por la venta del producto: precio  $\times$  cantidad vendida. El precio del tomate varía de acuerdo con la presentación del producto y según la región productora (Ministerio de Agricultura, 2012). Considerando una producción neta de 14.168 kilogramos y un precio de venta de \$983/kg, el ingreso bruto del ciclo productivo fue de \$13.927.141.

## Bibliografía

- Acosta R, Ebratt E, Guerrero O. 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.
- Acuerdo de competitividad de la cadena de hortalizas. 2006. 53 p. En: [http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR\\_VALLE%20DE%20TENZA/Documentos%20de%20Apoyo/Cadena%20de%20Hortalizas%20acuerdo%20de%20competitividad.pdf](http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR_VALLE%20DE%20TENZA/Documentos%20de%20Apoyo/Cadena%20de%20Hortalizas%20acuerdo%20de%20competitividad.pdf); consulta: septiembre 2013.
- Adeproa. 2010. Conozca el Oriente Antioqueño. En: <http://www1.eafit.edu.co/adeproa/conozcaOriente.html>; consulta: septiembre 2013.
- Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5th ed. San Diego: Academic Press, 952 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.
- American Phytopathological Society. 2009. Education Center. En: <http://www.Apsnet.org/education/top.html>; consulta: octubre 2009.
- Averre CW, Gooding GV. 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). En: <http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/notes/oldnotes/vg15.htm>; consulta: septiembre 2009.
- Ávila C, Velandia J, López A. 1999. Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario, División de Sanidad Vegetal, Unidad de Proyectos de Prevención. Boletín No. 16. Bogotá, 68 p.
- Bar Y. 2006. Planificación y manejo del fertirriego. Curso internacional sobre planificación y manejo del fertirriego. Shefayim, Israel.
- Barbosa Dos Reis NV. 2000. VI Curso Internacional de Produção de hortalizas. Brasilia, Embrapa, 27 p.

- Barfield CS. 1989. El muestreo en el manejo integrado de plagas. En: Andrews KL, Quesada JR. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Honduras, Departamento de Producción Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, pp. 146-162.
- Barreto JD, Miranda D, Aguirre MC, Echeverri LA, Caicedo AM, Campos YY. 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, pp. 3-42.
- Bayer CropScience. Oberon, eficacia inteligente. En: <http://oberon.bayercropscience.es/cms/index.php/oberon/control-de-mosca-blanca-y-diversos-grupos-de-acaros/eficacia-sobre-otros-acaros>; consulta: noviembre de 2014.
- Berry R, Coop LB. 2000. Nematode management. Oregon State University. En: <http://mint.ippc.orst.edu/nematodeid.htm>; consulta: noviembre 2009.
- Biblioteca Virtual – FUNDESYRAM. Nematodos del nudo en tomate. En: <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=1653>; consulta: noviembre de 2014.
- Bio, C. 2013. Cosechando. En: <http://blog.cosechando.es/monografico-plagas-no-8-minador-de-hojas/>; consulta: noviembre 2014.
- Bishop CE, Toussaint WD. 1991. Introducción al análisis de economía agrícola. México D. F., Limusa, 262 p.
- Blancard D. 1988. Enfermedades del tomate: observar, identificar, luchar. Madrid: Mundi-prensa, 217 p.
- Boletín CCI: SIM. Perfil del producto, No. 2. En: [http://www.cci.org.co/cci/cci\\_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfiltomate2.html#Mercados](http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfiltomate2.html#Mercados); consulta: diciembre 2013.
- Bouzo CA, Gariglio NF. 2000. Principales características de los invernaderos más utilizados. En: <http://www.ecampo.com/media/news/nl/althorticultura17.htm>.
- Boyette MD, Sanders DC, Estes EA. 1995. Postharvest Handling and Cooling of Field and Greenhouse-Grown Tomatoes. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-413-9.
- Cabezas M. (2001). Algunos aportes sobre el manejo integrado de babosas en cultivos hortícolas. En: Hortalizas: plagas y enfermedades. Corpoica, Regional 4. Rionegro, Antioquia, pp. 30-35.
- Cámara de Comercio Oriente Antioqueño. Oriente Comercial Digital. En: <http://www.orientecomercialdigital.com/sitio/actividades.php>; consulta: octubre 2013.

- Cano A, Gil LF. 1980. Dinámica de la población de *Meloidogyne incognita* raza 5 a diferentes densidades en *Coffea arabica* variedad caturra en condiciones de vivero. Tesis de Ingeniería Agrícola, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, 111 p.
- Cantwell M. 2008. Impact of ripening & storage conditions of ripe tomato quality. Congreso Internacional de Tomate, 23-25 de septiembre, León, México.
- Cárdenas, Z., G. A. (2012). Manual para el cultivo de hortalizas: Situación y Perspectivas de la Horticultura en Colombia, pp. 15-26. Bogotá D. C.: Produmedios.
- Casadevall M, Bordas E, 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, serie Protección Vegetal No. 11, pp. 44-46.
- Castilla N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: Nuez F. (ed.). El cultivo de tomate. Madrid, Mundi-prensa, pp. 189-226.
- Castilla N. 1997. Bioproductividad de las hortalizas en cultivo protegido. Extracto de la conferencia presentada en el Foro Internacional de Cultivo Protegido. Botocatu, São Paulo, 9 p.
- Catálogo de Semillas Arroyave, 2009.
- Catálogo de Impulse semillas, 2009.
- Catálogo de Semillas Royal Sluis, 1999.
- Catálogo de Semillas Vilmorin, 2009.
- Central Mayorista de Antioquia, Red de Centrales de Abastos, Gobernación de Antioquia y Asociación Hortifrutícola de Colombia. 2005. Normas de calidad y empaque para frutas, hortalizas y tubérculos frescos. 32 p.
- 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.
- Cerkauskas R. 2004. Tomato diseases: Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV). The World Vegetable Center, AVRDC. Hojas de datos. 2 p. En: <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/TYLCV.pdf>; consulta: diciembre 2009.
- Cisneros V., F. H. (1980). Principios del control de las plagas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 179 p.
- Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org. En: <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1436102>; consulta: noviembre de 2014.
- Corpeño B. 2004. Manual del cultivo del tomate. Fintrac, Centro de inversión, desarrollo y exportación de agronegocios, El Salvador. 38 p. 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); consulta: noviembre 2009.
- Corpoica. 2007. Acuerdo de competitividad de la cadena de hortalizas de Antioquia. 129 p. En: [http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=7&ved=0CEoQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.geocities.ws%2Fhortaliza\\_santioquia%2FACR\\_CHA\\_DocumentoBase.doc&ei=hQNDUpnmDLiz4APxuYC4DA&usg=AFQjCNEg-91FTh7Ck9rf6a1kpLqDvLcYnw](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=7&ved=0CEoQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.geocities.ws%2Fhortaliza_santioquia%2FACR_CHA_DocumentoBase.doc&ei=hQNDUpnmDLiz4APxuYC4DA&usg=AFQjCNEg-91FTh7Ck9rf6a1kpLqDvLcYnw); consulta: septiembre 2013.
- Cristancho MA. 2003. Control biológico de enfermedades. En: Gil LF, Castro BL, Cadena G. (eds.). Las enfermedades del cafeto en Colombia. Chinchiná, Cenicafe y Colciencias, 224 p.
- DANE. 2011. Resultados encuesta nacional agropecuaria. 181 p. En: [http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ENA/ENA\\_2011.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ENA/ENA_2011.pdf); consulta: septiembre 2013.
- De Vis R, Fuentes LS, Escobar H. 2007. Manejo integrado de plagas. En: Producción de tomate bajo invernadero. Manual técnico. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, Bogotá, pp. 59-75.
- El mercado global de tomate y la existencia de competencia intercontinental: factibilidad del aumento de las exportaciones españolas hacia los Estados Unidos (segunda parte). En: [http://www.infoagro.com/hortalizas/mercado\\_tomate2.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/mercado_tomate2.htm); consulta: diciembre 2013.
- 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/CORBMIIds.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/bacteria/Clavibacter_m_michiganensis/CORBMIIds.pdf); consulta: noviembre 2009.
- FAO. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas 2003. Capítulo 1: cosecha. En: <http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s04.htm>; consulta: diciembre 2013.
- Ferreira SA, Boley RA. 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); consulta: diciembre 2009.
- Flórez I. 1986. Cultivos de hortalizas. Monterrey, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas, Departamento de Agronomía, 170 p.

- Fuentes JL. 1991. Características agronómicas del riego por goteo. Hojas Divulgadoras No. 17/90 HD. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias, 26 p.
- García MC, García H. 2001. Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol. Corpoica, Ciat, Produmedios, 107 p.
- García MC. 2000. Evaluación técnica y económica de las operaciones poscosecha y la oferta tecnológica para la cebolla de rama (*Allium fistulosum*), cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y otras hortalizas en el departamento de Cundinamarca y Boyacá. Informe final. Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Gassó F, Solomando S. 2011. Estructura e instalaciones de un invernadero. PFC presentado para optar al título de ingeniería técnica industrial, especialidad en mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, Departamento de Mecánica, Barcelona.
- Giran Y. 2009. Tips for growing tomatoes under high TYLCV pressure. Hazera Genetics. En: <http://www.hazera.com/sa/tylcv.asp>; consulta: diciembre 2009.
- Gobernación de Antioquia. 2011. Anuario estadístico del sector agropecuario. Resultado evaluaciones agropecuarias municipales. Dirección de Política Sectorial, Grupo Sistemas de Información. Bogotá.
- Goldberg N. 2000. Tomato Spotted Wilt Virus. Guide H-242. Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Economics, New Mexico State University. 2 p. En: [http://aces.nmsu.edu/pubs/\\_h/h-242.pdf](http://aces.nmsu.edu/pubs/_h/h-242.pdf); consulta: diciembre 2009.
- Goto, M. (1992). Fundamentals of bacterial plant pathology. Sydney: Academia Press, pp. 307-308.
- Guzmán Palomino JM, López Gálvez J. 2004. Fertirriego: tecnologías y programación en agroplasticultura. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Almería, 23 p.
- Hermelin M. 1992. Los suelos del Oriente antioqueño, un recurso no renovable. 36 p. En: [http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/21\(1\)/25.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/21(1)/25.pdf); consulta: octubre 2013.
- Herrera CA, Laiton MM, Sánchez GD, Paredes ZA. 2006. Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas en lechuga y brócoli. Corpoica y Corpoboyacá, 31 p.
- Hertog ML, Lammertyn J, Desmet M, Scheerlinck N, Nicoli BM. 2004. The impact of biological variation on postharvest behavior of tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 34:271-284.
- Howard R. 2005. Management of mayor greenhouse vegetable diseases. Canadian Greenhouse Conference, octubre 5 de 2005. En:

- <http://www.Canadiangreenhouseconference.com/talks/2005/2005-Tk-Howard.pdf>; consulta: septiembre 2009.
- ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica No. 25. Centro de Investigación Tibaitatá.
- IICA, Prodar. Ficha técnica: Tomate (*Lycopersicon esculentum*). En: [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/tomate.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/tomate.htm); consulta: diciembre 2013.
- Incoder. 1996. Resolución 041. Determinación de extensiones para las UAF. 52 p.
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IPGR. 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp*). Roma, Italia. 44 p.
- Introducción a la nematología agrícola. 2009. 19 p. En: [http://mie.esab.upc.es/nematologos/docu/Manual\\_Web2.pdf](http://mie.esab.upc.es/nematologos/docu/Manual_Web2.pdf); consulta: noviembre 2013.
- Jano. 2006. Cultivo y producción del tomate. Colección granja y negocios. 134 p.
- Jaramillo NJE, Díaz CA, Sánchez D. 2006. Manejo de semilleros de hortalizas. Manual Técnico No. 8. Rionegro, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, 55 p.
- Jaramillo NJE, Rodríguez VP, Guzmán M, Zapata M. 2012. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín Técnico No. 21. Rionegro, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, 48 p.
- Jaramillo NJE, Rodríguez VP, Guzmán VP, Zapata M, Rengifo T. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual técnico. Gobernación de Antioquia, Mana, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, 316 p.
- Jaramillo NJE. 2001. El manejo agronómico de cultivos como herramienta de manejo integrado de plagas y enfermedades tendiente a la producción limpia de hortaliza. En: Hortalizas: plagas y enfermedades. Compendio de eventos No. 1. Corpoica y Sociedad Colombiana Entomológica, pp. 5-21.
- Jaramillo NJE, Rodríguez VP, Gil LF, García MC, Hío JC, Quevedo GD, Sánchez GD, Aguilar AP, Pinzón PL, Zapata MA, Restrepo JF, Guzmán AM. (2013). Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica, MinAgricultura, Bogotá D. C. 482 p.
- Jones H, Whipps JM, Gurr SJ. 2001. Pathogen profile: The tomato powdery mildew fungus, *Oidium neolycopersici*. Molecula Plant Pathology 2001.2(6):303-309.
- La Torre B, Apablaza JU, Vaughan MA, Kogan M, Helfgott S, Lorca G. 1990. Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado. Santiago de Chile, Oficina regional de la FAO.

- Lam F. 2012. Conferencia Tendencias en el mercado del tomate en los Estados Unidos de América. IICA, 41 p.
- Latif MA. 2009. Integrated Foliar Disease Management for greenhouses in Arid, Hot Climates. En: Producción integrada bajo invernadero. 74 p. En: <http://www.icarda.org/APRP/PDF/PAinAPippp.pdf>; consulta: octubre 2009.
- Lobo M, Medina CI. 2001. Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*), precursor del tomate cultivado. Revista Corpoica 3(2).
- Lobo MA, Jaramillo VJ. 1984. Tomate. En: Hortalizas: manual de asistencia técnica. Instituto Colombiano Agropecuario, pp. 41-47.
- Londoño ME. 2001. Las chizas y su manejo. En: Hortalizas: plagas y enfermedades. Rionegro, Corpoica, Regional 4, pp. 36-46.
- López J, Salinas JA. 2000. Climatización de invernaderos. Efectos ambientales y tecnología en el sistema de cultivo forzado, pp. 67-85.
- 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.
- Makishima N, Alves O. 1998. Cultivo protegido do tomateiro. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças. Brasília, 18 p.
- Marouelli WA, Silva WL, Moretti CL. 2001. Gotejamento: opção para irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Hortaliças y Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 4 p.
- Martínez OY, Ebratt EE, Guerrero OA. (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.
- Martínez PF. 2001a. Cultivo del tomate en invernadero frío. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa Cruz de la Sierra, Agencia Española de Cooperación Internacional, 15 p.
- Martínez PF. 2001b. Materiales plásticos para cubierta de invernadero. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa Cruz de la Sierra, Agencia Española de Cooperación Internacional, 15 p.
- McAuslane HJ. 2009. Common name: sweetpotato whitefly B biotype or silverleaf whitefly. Scientific name: *Bemisia tabaci* (Gennadius) or *Bemisia argentifolii*

- Bellows & Perring (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). En: [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/silverleaf\\_whitefly.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/silverleaf_whitefly.htm); consulta: noviembre de 2014.
- Medina A, Cooman A, Escobar H. 2001. Riego y fertilización. En: Producción de tomate bajo invernadero. Bogotá, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colciencias, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, pp. 29-42.
- Melgarejo P, Raposo R, Moyano C, Gómez V. 2002. Control integrado de *Botrytis cinerea* en cultivos hortícolas de invernadero. *Phytoma* 135:125-127.
- Meyer SL, Massoud SI, Chitwood DJ, Daniel P, Roberts DJ. 2000. Evaluation of *Trichoderma virens* and *Burkholderia cepacia* for antagonistic activity against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Nematology* 2(8):871-879.
- Microfertisa. Manual técnico. Bogotá, 100 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional. 2012. Informe EDSI: resultado encuesta de decisión de siembras y productividad. 29 p. En: <http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/4146/1/INFORME%20EDSI%202012B.pdf>; consulta: septiembre 2013.
- Ministerio de Agricultura. 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas (2007-2011) y sus calendarios de siembras y cosechas. Resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. Bogotá.
- Momol T, 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>; consulta: septiembre 2009.
- Mondor EB. 2005. Ed Mondor. En: <http://www.bio.georgiasouthern.edu/bio-home/mondor/presentations.htm>; consulta: noviembre de 2014.
- Moratinos H, Zapata Navas F. 2004. Bases nutritivas del fertirriego. Fertirriego: tecnologías y programación en agroplasticultura. Almería, pp. 13-16.
- Moreno C, Velandia J. 2000. Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario, 68 p.
- Muñoz 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, pp. 56-75.
- Navarro AR, Lobo AM. 1989. Some studies on *Phoma andina* var. *crystalliniformis* on the tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. *Fitopatología Colombiana* 13(2):47-55.
- Navarro T. COCOPOT. En: <http://www.cocopot.es/articulo/33-combatir-la-arana-roja>; consulta: noviembre de 2014.

- 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, 13 p.
- Pamies, J. 2012. Cultiva tu huerto sin tierra. En: <http://www.huertossintierra.com/2012/06/dia-19-el-calor-aprieta-pero-las.html>; consulta: noviembre de 2014.
- Pascual Trillo JA. *El arca de la biodiversidad*. En: [www.prodiversitas.bioetica.org/nota63-3.htm](http://www.prodiversitas.bioetica.org/nota63-3.htm); consulta: noviembre 2013.
- Paván MA. 1995. Interpretación de los análisis químicos del suelo y recomendaciones de encalado y fertilizantes. Nueva San Salvador, Procafé/Iri/Usaid.
- Plan Hortícola Nacional. s. f. Tomate larga vida. 26 p.
- Prodiversitas. Centros Vaivilov. En: <http://www.prodiversitas.bioetica.org/nota63-3.htm>; consulta: octubre 2013.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2010. Oriente Antioqueño: análisis de la conflictividad. 56 p. En: <http://www.undp.org/content/dam/undp/documents/projects/COL/00058220/Analisis%20conflictividad%20Oriente%20Antioque%C3%B1o.pdf>; consulta: septiembre 2013.
- Quintero A.F., Gaviria H.R. Poscosecha el tomate. En: <http://poscosechatomate.blogspot.com/>; consulta: noviembre 2014.
- Ramírez, P., Cadavid, L. A., Ríos, J., Tamayo, S. A. Efecto de la quema controlada en las propiedades físicas de un andisol ubicado en el corregimiento de santa Elena. 18p. En: [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/efecto\\_de\\_la\\_quema\\_controlada\\_en\\_las\\_propiedades\\_fisicas\\_de\\_un\\_andisol\\_ubicado\\_en\\_el\\_corregimiento\\_de\\_santa\\_elena.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/efecto_de_la_quema_controlada_en_las_propiedades_fisicas_de_un_andisol_ubicado_en_el_corregimiento_de_santa_elena.pdf); consulta: julio 2014.
- Reché M. 1998. Poda de hortalizas en invernadero (berenjena, pimiento y tomate). Hojas Divulgadoras No. 2094 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras, 31 p.
- Rick CM. 1978. The tomato. *Sci. Americ.* 239(2):76-87.
- Ritchie DF, Boyette MD, Carballo SJ, Blankenship SM, Sanders DC. 1993. Chlorination and Postharvest Disease Control. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-414-6. 8 p.
- Rivillas CA. 2003. Las micorrizas arbusculares en el cultivo del café. En: Gil LF, Castro BL, Cadena G (eds.). *Las enfermedades del cafeto en Colombia*. Chinchiná, Cenicafé y Colciencias, 224 p.
- Rodríguez M, Flórez V. 2004. Elementos esenciales y beneficiosos. Fertirriego: tecnologías y programación en agroplasticultura. Cytel, pp. 25-36.

- Rodríguez MD, Moreno R, Rodríguez MP, Lastres JM, Téllez M, Mirasol 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, 78 p.
- Rodríguez MD. 1994. IPM tomate. Programa de manejo integrado en el cultivo de tomate bajo plástico en Almería. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 78 p.
- Rosero DF. 2007. Salsa de tomate. Conservas de tomate, archivo pdf. Universidad del Valle, 31 p.
- Rucoba GA, Anchondo NA, Luján AC, Olivas JM. 2006. Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios X(19):11.
- Rutledge GA, Sanders DC, Boyette MD. 1995. Packaging requirements for fresh fruits and vegetables. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-414-8.
- Sagarpa. s. f. Drenaje superficial en terrenos agrícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección de Apoyos para el Desarrollo Rural, 15 p.
- Salamanca, J. 2012. Chrysoperla externa una alternativa en el control biológico de plagas. En: <http://cexternacontrolbiologico.blogspot.com/>; consulta: noviembre de 2014.
- 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 AV, Bustamante E, Shattock R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de *Phytophthora infestans* en tomate. Manejo Integrado de Plagas 48:25-34.
- Sánchez León GD, Pinzón RH, Hío JC, Herrera HCA, Martínez LEP, Quevedo GDH, Murcia CGA, Pedraza RRA, Martínez NP, Ortiz PLE, Montaña CE, Valderrama NY, Pinzón PLM, Rodríguez VJ. 2012. Manual de cebolla de rama. Mosquera: Corpoica y Produmedios, 132 p.
- Sandoval BC. 2004. Manual técnico: manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. Universidad de Talca y FAO. En: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/integra1.pdf>. 53 p.
- Santos ALG, Calderón FP, Samanta K, Castellón PA. 2012. Elaboración de salsa de tomate. Universidad Nacional de Ingeniería, 7 p.
- Schwartz HF, Gent DH. 2007. Eggplant, Pepper, and Tomato Fruit Rots. En: <http://scarab.msu.montana.edu/HPIPMSearch/docs/fruitrots-eggplantpeppertomato.htm>; consulta: noviembre 2009.

- SENASA. Servicio Nacional de Sanidad Agraria PERU. En: [http://www.senasa.gob.pe/0/modulos/JER/JER\\_Interna.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=44](http://www.senasa.gob.pe/0/modulos/JER/JER_Interna.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=44); consulta: noviembre 2014.
- Serrano Z. 1994. Construcción de invernaderos. Madrid, Mundi-prensa, 377 p. En: <http://books.google.com.co/books?id=GIip3Q7T9mEC&pg=PA6&dq=zoilo+serrano+cerme%C3%B1o++1994&hl=es&sa=X&ei=TMhcUaWINYrE9gTK04CQBw&ved=0CCC0Q6wEwAA#v=onepage&q=zoilo%20serrano%20cerme%C3%B1o%20-%201994&f=false>.
- Sganzerla E. 1987. Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. Porto Alegre, Petroquímica Triunfo, 297 p.
- Shany M. 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, 69 p.
- Sneh M. 2006. El riego por goteo. Israel, Ministerio de Relaciones Exteriores, Centro de Cooperación Internacional Mashav; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola, 195 p.
- Suárez F. 2012. Desarrollo agropecuario colombiano. En: [dagrocol.blogspot.com/2012/08/tomate-milano.html](http://dagrocol.blogspot.com/2012/08/tomate-milano.html); consulta: diciembre 2013.
- Suslow TV, Cantwell M. 1998. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Davis, CA, Department of Vegetable Crops, University of California, 95616. Traducción: Clara Pelayo, Departamento de Biotecnología, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.
- Syngenta. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). En: <http://www.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/tomate/plagas-tomate/Paginas/mosca-blanca.aspx>; consulta: noviembre 2013.
- Tamayo PJ, Jaramillo JE. 2006. Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo. Rionegro, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, 100 p.
- Tamayo PJ. 1997. Integración de métodos de control de las enfermedades de las plantas. Guía ilustrada. Boletín de Divulgación Regional No. 4. Rionegro, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, 38 p.
- Tijskens MM, Evelo RG. 1994. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. Postharvest Biol. Technol. 4:85-98.
- Tijskens MM, Heuvelink E, Schouten RE, Lana MM, 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.

- Trek Nature. Coccinella septempunctata. En: <http://www.treknature.com/gallery/photo262310.htm>; consulta: noviembre 2014.
- Universidad Autónoma de Sinaloa. 2010. Virus fitopatógenos. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. 67 p. En: <http://www.slideshare.net/themena1/manual-de-virus-virus-fitopatgenos-5039306>; consulta: noviembre 2013.
- University of Illinois Board of Trustees. 2014. Directorio de Insectos. En: [http://urbanext.illinois.edu/bugreview\\_sp/hornworms.cfm](http://urbanext.illinois.edu/bugreview_sp/hornworms.cfm); consulta: noviembre 2014.
- Vallejo EA. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, y Editorial Feriva, p. 216.
- Vélez R. 1987. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 482 p.
- Wilson LG, Boyette MD, Estes EA. 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 LG, Boyette MD, Estes EA. 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 LG, Boyette MD, Estes EA. 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.
- Zeidan O. 2005. Tomato production under protected conditions. Israel, Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service, 99 p.
- Zitter TA, Daughtrey ML. 1989. Vegetable Crops: Tomato Spotted Wilt Virus. Cornell University Vegetable MD Online. Fact Sheet page No. 735.90. New York, Cooperative Extension, Cornell University. En: [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Virus\\_SpottedWilt.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Virus_SpottedWilt.htm); consulta: diciembre 2009.
- Zwanenburg M. 2013. Schadelijke insecten in de tuin. En: <http://modeltuinenzwanenburg.nl/belagers-de-tuin/>; consulta: noviembre 2014.



# siembra