MANUAL TÉCNICO

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

JORGE JARAMILLO N.
VIVIANA P. RODRÍGUEZ
MIRYAM GUZMÁN A.
MIGUEL ZAPATA C.
TERESITA RENGIFO M.

Corpoica
MANA
Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia
GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
ANTIOQUIA NUEVA, un hogar para la vida
FAO
FIAT PANIS

Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas.

Autoría:
Jorge E. Jaramillo N. Magíster en entomología, Investigador agrícola, CORPOICA.
Viviana P. Rodríguez. Ingeniera Agropecuaria, Auxiliar de Técnico, CORPOICA.
Miryam Guzmán A., Tecnóloga Agropecuaria, Auxiliar Técnico, CORPOICA.
Miguel A. Zapata C. Tecnólogo Agropecuario, Auxiliar Técnico, CORPOICA.
Teresita Rengifo Martínez, Magíster en Ciencias Agrarias, énfasis Fisiología Vegetal, Coordinadora Renglón productivo fríjol voluble y tomate bajo condiciones protegidas, Convenio FAO-MANA Proyecto UTF/COL/027/COL.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-.
Gobernación de Antioquia, Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia -MANA-, Convenio FAO-MANA: Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia Proyectos UTF/COL/027/COL, TCP/COL/3101.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN 978-92-5-305833-4

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia o por correo electrónico a: copyright@fao.org

Primera edición
500 ejemplares

Coordinación general de la publicación
Alejandro Ramírez Madrid, Pedagogo, Coordinador Pedagógico UTF/COL/027/COL, Gerencia Seguridad Alimentaria y Nutricional MANA.

Edición, diseño, diagramación e impresión
CTP Print Ltda.
Calle 49B No. 68-25
PBX: 434 15 80
Ctpp2@une.net.co
Medellín

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

JARAMILLO, J.; RODRÍGUEZ, V. P.; GUZMÁN, M.; ZAPATA. M.; RENGIFO, T. (2007).
Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas.
Palabras Claves: tomate bajo condiciones protegidas, invernadero, manejo del cultivo, manejo fitosanitario, protección de cultivos, manejo seguro de plaguicidas, cosecha y manejo poscosecha, normatividad BPA, desarrollo rural, buenas prácticas agrícolas, seguridad alimentaria y nutricional, FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
© FAO 2007

Gobernación de Antioquia

Aníbal Gaviria Correa
Gobernador de Antioquia

Carlos Mario Montoya Serna
Director Seccional de Salud de Antioquia

José Jaime Arango Barreneche
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Dora Cecilia Gutiérrez Hernández
Gerenta Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA-

Ángela Lucía Molina Chica
Coordinadora Departamental Proyecto UTF/COL/027/COL Convenio FAO-MANA

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Jacques Diouf
Director General

José Graciano Da Silva
Representante Regional para América Latina y el Caribe

Juan Izquierdo
Oficial Técnico Proyecto TCP/COL/3101

Marcos Rodríguez
Consultor BPA proyecto TCP/COL/3101

Luis Manuel Castello
Representante FAO Colombia

Jaime Piedrahíta Yepes
Director Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas
para el Sector Rural en Antioquia UTF/COL/027/COL y TCP/COL/3101

CORPOICA

Arturo Vega Varón
Director Ejecutivo Corpoica

Sergio Correa Peláez
Director del Centro de Investigación La Selva

Álvaro Tamayo
Coordinador Acuerdo CORPOICA- Convenio FAO-MANA TCP/COL/3101

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-
- Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Dirección: Avenida Dag Hammarskjöld 3241 - Vitacura
Teléfonos: (562) 337-2100
Página web: www.rlc.fao.org
Santiago de Chile
- Oficina Representación FAO Colombia
Dirección: Calle 72#7-82 of. 702
Teléfonos: (571) 3465101
Correo electrónico: fao-co@fao.org
Página web: www.fao.org.co
Bogotá D.C. - Colombia
- Oficina Convenio FAO-MANA Proyecto de Seguridad Alimentaria y
Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia
Dirección: Carrera 70 # C4-42 oficina 304
Teléfonos: (574) 2604584 – 2308740 (fax)
Medellín – Colombia

Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia -MANA-
Dirección: Centro Administrativo La Alpujarra
edificio Gobernación de Antioquia oficina 818
Teléfonos: 3857840 – 3857845 - 3857891
Correo electrónico: mana@antioquia.gov.co
Página web: http://mana.antioquia.gov.co/
Medellín – Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, La Selva
Dirección: Km 7 vía Medellín - Las Palmas, vereda Llano Grande
Teléfonos: 5371490 – 5370161 (fax)
Correo electrónico: laselva@corpoica.org.co
Página web: www.corpoica.org.co
Rionegro - Antioquia

Contenido

Presentación **17**
Agradecimientos **19**
Introducción **21**

Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo cubierta **23**
Introducción 23
Definición de las BPA 24
Ventajas de la adopción de las BPA 24
Filosofía de las BPA 25
Componentes básicos de las Buenas Prácticas Agrícolas 26
Proceso de certificación BPA 32
Importancia socioeconómica del tomate en Colombia 34

Producción de tomate bajo invernadero **37**
Ventajas de la producción bajo invernadero 38
Desventajas de la producción bajo invernadero 40
Parámetros para la localización de un invernadero 40
Parámetros para la construcción de un invernadero 42
Características de un invernadero 44
Características de un invernadero para cultivar tomate 48
Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero 48
Cómo alcanzar las metas 49
Sistema de riego por goteo 49
Ventajas del riego por goteo *51*
Desventajas del riego por goteo *52*
Mantenimiento del sistema de riego por goteo *53*

Generalidades del cultivo **55**
Origen y distribución 55
Clasificación taxonómica 56
Valor nutricional y medicinal 56
Morfología 57
Tipos de tomates 59
Variedades o híbridos para la producción de tomate bajo invernadero 62
Fenología del cultivo 72
Agroecología del cultivo 72
Manejo del clima dentro del invernadero 75

Manejo del cultivo **83**
Preparación de semilleros 83
Ventajas de la siembra de semilleros en bandejas de confinamiento *85*
Tipos de sustratos *87*
Manejo de semilleros 91
Errores frecuentes en el manejo de la solarización *92*
Errores más comunes en el manejo de semilleros *93*
Desinfección *93*
Siembra *93*
Coberturas *95*
Riego *95*
Fertilización *96*
Endurecimiento de las plantas *96*
Germinación *97*
Adecuación y preparación del terreno 98
Toma de muestras e interpretación para análisis de suelos
Recomendaciones de cal *99*
Uso de micorrizas *102*
Distancias de siembra 103

Trasplante 106
Fertilización 108
Uso de abonos orgánicos *110*
Fertilización edáfica *112*
Análisis foliar *113*
Fertilización foliar *114*
Fertirrigación *114*
Recomendaciones técnicas para la aplicación y manejo de fertilizantes *119*
Almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos *120*
Importancia de los macronutrientes en la producción de tomate 120
Nitrógeno *120*
Fósforo *121*
Potasio *122*
Azufre *123*
Calcio *124*
Magnesio *125*
Importancia de los micronutrientes en la producción de tomate 126
Hierro *126*
Manganeso *127*
Zinc *128*
Boro *128*
Cobre *130*
Molibdeno *130*
Cloro *131*
Podas 131

Desinfección de herramientas ... *132*
Tipos de podas ... *132*
Polinización y métodos para mejorar la polinización bajo invernadero ... *137*
Tutorado y amarre ... 139
Riego ... 142
Requerimientos de agua del cultivo ... *143*
Manejo del agua ... *146*
Aspectos legales del uso del agua ... *147*
Calidad del agua y su influencia en la fertirrigación ... *148*

Manejo fitosanitario. Protección de cultivos ... **151**
Manejo de arvenses ... 151
Desyerbe ... *151*
Coberturas plásticas ... *152*
Manejo integrado de plagas -MIP- ... 154
Control natural ... *157*
Control legal ... *158*
Control cultural ... *158*
Control mecánico ... *159*
Control etológico ... *161*
Control biológico ... *162*
Control químico ... *163*
Muestreo y niveles críticos ... *164*
Plagas del suelo, semillero y sitio de trasplante ... *169*
Manejo integrado de enfermedades ... 187
Enfermedades causadas por hongos ... *188*
Enfermedades causadas por bacterias ... *202*
Enfermedades causadas por virus ... *207*
Enfermedades causadas por nematodos ... *208*
Desórdenes fisiológicos y nutricionales ... *214*

Manejo seguro de plaguicidas ... **223**
Definición ... 224
Origen ... 224
Clases de plaguicidas ... 225
Características de los plaguicidas más comunes ... *225*
Formulación de plaguicidas ... *226*
Clasificación toxicológica de los plaguicidas ... *229*
Equipos de protección para la aplicación de plaguicidas ... *230*
Registro de aplicación ... *230*
Normas que se deben seguir antes de aplicar plaguicidas ... *231*

Normas durante la aplicación de plaguicidas ... *232*
Qué hacer después de las aplicaciones de plaguicidas ... *232*
Selección de agroquímicos ... *233*
Cantidad y tipo de plaguicida ... *234*
Seguridad, entrenamiento e instrucciones ... *234*
Disposición de excedentes de mezclas de plaguicidas ... *237*
Análisis de residuos de plaguicidas ... *237*
Almacenamiento de plaguicidas ... *238*
Transporte de plaguicidas ... *239*
Derrames de plaguicidas ... *239*
Recipientes vacíos de plaguicidas ... *240*
Manejo de residuos plásticos agrícolas ... *242*

Cosecha y manejo poscosecha ... **243**
Evaluación de riesgos de higiene en la cosecha y el centro de acopio ... 243
¿Por qué utilizar el sistema HACCP? ... *243*
Objetivos clave ... *244*
Metodología ... *244*
Principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate ... 246
Cosecha ... 247
Momento de cosecha ... *247*
Maduración ... *248*
Factores que afectan la calidad de los tomates ... *251*
Poscosecha ... 252
Selección y clasificación ... *252*
Empaque y embalaje ... *254*
Almacenamiento ... *256*
Transporte ... *256*
Pérdidas poscosecha ... *257*
Manejo de residuos de cosecha ... 263

Costos de producción ... **265**
Conceptos básicos ... 265
Factores que afectan los costos agrícolas ... 265
Costos unitarios ... 266
Clasificación de los costos agrícolas ... 266
Costos en proyectos de mediano y tardío rendimiento ... *267*
Costos de inversión ... *267*
Costos de operación ... *267*
Método para determinar los costos ... 267

Salud, seguridad y bienestar **271**
Condiciones de trabajo y de los trabajadores 271
Capacitación *271*
Seguridad *271*
Servicios básicos para el personal *272*
Medidas de higiene *273*
Vías de intoxicación por plaguicidas en el organismo humano *274*

Registros y trazabilidad **277**
Establecer un sistema documentado de implementación de trazabilidad 277
Plan de manejo de documentación y registro 277
Planes y procedimientos para la obtención de materiales de propagación 278

Medio ambiente **281**
Impacto ambiental derivado de la explotación de recursos agropecuarios 281
Actividad agropecuaria en Colombia 282

Glosario **284**

Bibliografía **289**

Anexos **295**

Lista de figuras

Figura 1. Esquema de los principios básicos de BPA 24
Figura 2. Distribución de una finca 27
Figura 3. Ropa de protección para la aplicación de pesticidas 29
Figura 4. Unidad sanitaria para el lavado de manos 31
Figura 5. Botiquín para procedimientos de emergencia 32
Figura 6. Producción de tomate a campo abierto 34
Figura 7. Invernadero construido con guadua y cobertura plástica 35
Figura 8. Alimentos sanos con nuevas alternativas de empaque 36
Figura 9. Invernadero climatizado 37
Figura 10. Invernadero semiclimatizado 38
Figura 11. Invernadero no climatizado 38
Figura 12. Terreno adecuado para localización de un invernadero 40
Figura 13. Lavado del plástico. 42
Figura 14. Dimensiones del invernadero 43
Figura 15. Orientación invernadero 44
Figura 16. Invernadero en construcción en guadua 44
Figura 17. Invernadero con cubierta de vidrio 45
Figura 18. Cortinas laterales 47
Figura 19. Baberos o antepechos 47
Figura 20. Puerta corrediza en invervadero 48
Figura 21. Riego por goteo 50
Figura 22. Cintas con microperforaciones para riego 50
Figura 23. Obturación de emisores, donde la planta no recibe agua 52
Figura 24. Taponamiento de las mangueras por aporques de tierra 53
Figura 25. Floración del tomate 58
Figura 26. Hoja de una planta de tomate 58
Figura 27. Frutos de una planta de tomate 59
Figura 28. Formas de tomates 59
Figura 29. Tomate tipo milano 60
Figura 30. Tomate tipo chonto 60
Figura 31. Tomate tipo cherry 61
Figura 32. Tomate tipo industrial 61
Figura 33. Tomates cosechados en racimo 62
Figura 34. Tomate de crecimiento determinado 63
Figura 35. Tomate de crecimiento indeterminado 63
Figura 36. Tomate híbrido torrano 64
Figura 37. Tomate híbrido 9206 64
Figura 38. Tomate híbrido 9207 65

Figura 39. Tomate híbrido débora max 65
Figura 40. Tomate híbrido débora plus 66
Figura 41. Tomate híbrido tipo calima 66
Figura 42. Tomate híbrido santa fe 66
Figura 43. Tomate híbrido santa clara 67
Figura 44. Tomate híbrido kyndio colombia 67
Figura 45. Tomate híbrido Granitio 68
Figura 46. Tomate híbrido astona 68
Figura 47. Tomate híbrido aurora 68
Figura 48. Tomate híbrido rebeca 69
Figura 49. Tomate híbrido sheila 69
Figura 50. Tomate híbrido reina 70
Figura 51. Tomate rocío 70
Figura 52. Tomate híbrido monalisa 71
Figura 53. Tomate titán 71
Figura 54. Fases fenológicas de un cultivo de tomate 72
Figura 55. Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo 75
Figura 56. Reducción de flores y frutos por altas temperaturas 76
Figura 57. Entrenudos cortos por bajas temperaturas 76
Figura 58. Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero 77
Figura 59. Rocío depositado sobre las plantas por alta humedad relativa 78
Figura 60. Apertura de cortinas 79
Figura 61. Termómetro para tomar temperaturas máximas y mínimas en el invernadero 79
Figura 62. Invernadero con apertura fija en la cumbrera 80
Figura 63. Ventilador para la liberación de calor en invernaderos climatizados 80
Figura 64. Semillero bajo invernadero 84
Figura 65. Bandejas para semilleros de 53 orificios 84
Figura 66. Plántulas de tomate en semillero 85
Figura 67. Plántula de tomate con un correcto desarrollo de raíces 86
Figura 68. Compostaje de residuos de cultivo 88
Figura 69. Lombrices descomponedoras de residuos 89
Figura 70. Turba para sustrato de semilleros 90
Figura 71. Cama de solarización cubierta con plástico transparente 92
Figuras 72 y 73. Fallas en la solarización 92
Figura 74. Desinfección de bandejas de semilleros 93
Figuras 75 y 76. Proceso de llenado de bandeja para semilleros 94
Figura 77. Proceso de siembra en semilleros 94
Figura 78. Protección de semilleros con tela polisombra 95
Figura 79. Riego efectuado a semilleros 96
Figura 80. Germinación uniforme de plántulas en semillero 97
Figura 81. Terreno arado 98
Figura 82. Drenajes en el exterior del invernadero para evitar excesos de humedad 99

Figura 83. Preparación de surcos para la siembra ... 99
Figura 84. Toma de muestras de suelo ... 100
Figura 85. Siembra en surco sencillo ... 104
Figura 86. Siembra en surco doble ... 105
Figura 87. Doble cinta de riego ... 106
Figura 88. Plántula recientemente trasplantada ... 106
Figura 89. Tamaño adecuado de las plántulas para trasplante a campo ... 107
Figura 90. Trasplante a campo ... 107
Figura 91. Uso de abonos orgánicos antes de la siembra ... 110
Figura 92. Fertilización edáfica en corona ... 112
Figura 93. Sistema, para la aplicación de fertirriego ... 115
Figura 94. Deficiencia de nitrógeno ... 120
Figura 95. Presencia de vegetación en la inflorescencia por un exceso de nitrógeno ... 121
Figura 96. Presencia de coloración púrpura en las hojas por deficiencia de fósforo ... 122
Figuras 97 y 98. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas ... 123
Figura 99. Pudrición apical del fruto producida por una deficiencia de calcio en la planta ... 124
Figura 100. Síntoma típico de deficiencia de magnesio ... 126
Figura 101. Clorosis en hojas terminales producido por una deficiencia de hierro ... 126
Figura 102. Síntoma en frutos de deficiencia de boro ... 129
Figura 103. Desinfección de herramientas ... 132
Figura 104. Método adecuado de recolectar los residuos de poda ... 132
Figura 105. Planta de un solo tallo ... 133
Figura 106. Planta de un solo tallo con proliferación de brotes que deben eliminarse ... 133
Figura 107. Chupones o brotes desarrollados en las axilas del tallo principal ... 134
Figura 108. Largo adecuado para cuando se realice un corte de chupones ... 134
Figura 109. Poda de hojas bajeras ... 135
Figura 110. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado ... 135
Figura 111. Poda de frutos ... 136
Figura 112. Poda de frutos con daño fisiológico ... 136
Figura 113. Poda de yema terminal o despunte ... 136
Figura 114. Vibrador eléctrico operado por batería ... 137
Figura 115. Polinización de flores por insectos ... 138
Figura 116. Polinización mecánica mediante golpes producidos al sistema de tutorado ... 138
Figuras 117 y 118. Sistema de tutorado mediante ganchos de alambre ... 140
Figura 119. Argollas o abrazaderas de plástico para el amarre de las plantas ... 140
Figura 120. Descuelgue de plantas ... 141
Figura 121. Sistema de amarre mediante tela de licra ... 141
Figura 122. Agua de riego alrededor de la planta ... 142
Figura 123. Tanque de reserva de agua ... 143
Figura 124. Ubicación del tensiómetro en campo ... 145
Figura 125. Toma de muestra de aguas para evaluación de contaminantes biológicos, químicos y físicos ... 148
Figura 126. Eliminación de malezas dentro del surco ... 151

Figura 127. Control de malezas con herbicidas, práctica poco recomendable 152
Figura 128. Uso de coberturas plásticas para el control de malezas 152
Figura 129. Métodos o técnicas para un manejo integrado de plagas y enfermedades 155
Figura 130. Desinfección de calzado 156
Figura 131. Monitoreo de plagas 156
Figura 132. Larva afectada por hongos entomapatógenos 158
Figura 133. Remoción adecuada de plantas enfermas 159
Figura 134. Invernadero con mallas antiinsectos 160
Figura 135. Trampa de luz para la captura de insectos 160
Figura 136. Trampa azul para la captura de trips 161
Figura 137. Trampa amarilla para el control de mosca blanca y mirador 161
Figura 138. Trampa con feromonas 162
Figura 139. Parasitismo de huevos por *Trichogramma sp.* *162*
Figura 140. Ataque de plagas de acuerdo con el estado de desarrollo del cultivo 164
Figura 141. Larva de trozador 169
Figura 142. Larva de chiza o mojojoy 170
Figura 143. Pulgones chupadores de follaje 171
Figura 144. Daño por minador en hojas 172
Figura 145. Mosca blanca succionando savia en hojas 173
Figura 146. Producción de fumagina por daño de mosca blanca 173
Figuras 147 y 148. Uso de aspiradora para el monitoreo y control de mosca blanca 175
Figura 149. Adulto de un trips 176
Figura 150. Ácaros 176
Figura 151. Cucarroncitos del follaje 178
Figura 152. Larva de gusano masticador del follaje 178
Figura 153. Larva de gusano cachón 179
Figura 154 Heliothis virescens 180
Figura 155 Daño por pasador del fruto 180
Figuras 156 y 157 Daño causado por cogollero al cultivo de tomate 182
Figura 158. Daño causado al fruto por Prodiplosis 183
Figura 159. Cubeta con esponja para desinfección de zapatos 188
Figura 160. Síntoma de gota en hojas 189
Figura 161. Síntoma de gota en frutos 189
Figura 162. Síntomas de alternaria en hojas 190
Figura 163. Síntoma de alternaria en tallo 190
Figura 164. Daño por alternaria en fruto 191
Figuras 165. Síntomas de carate en tallo 192
Figuras 166. Síntomas de carate en fruto 192
Figura 167. Lesiones en la inflorescencia causados por *Botritis sp.* *192*
Figuras 168. Frutos afectados por moho gris 192
Figuras 169. Esporulación del hongo en fruto 193
Figura 170. Mancha fantasma en fruto producida por *Botrytis* sp 193

Figura 171. Síntoma de *Botrytis* sp en tallo 194
Figura 172. Daño por esclerotinia en tallo principal 194
Figura 173. Presencia de esclerocios negros por daño de esclerotinia 194
Figura 174. Marchitez vascular por fusarium 195
Figuras 175 y 176. Cenicilla en tallo y en hojas 197
Figura 177. Lesiones por cenicilla en sépalos 197
Figuras 178 y 179. Daños por moho clorótico en el haz y el envés de las hojas 198
Figura 180. Síntoma de antracnosis del fruto 199
Figura 181. Daño por fumagina por la presencia de insectos 199
Figura 182. Daño de fumagina en hojas 200
Figura 183. Daño de fumagina en frutos 200
Figura 184. Daño por complejo de hongos 201
Figuras 185, 186 y 187. Lesiones por xanthomonas en hojas 202
Figura 188. Lesiones por xanthomonas en tallo 203
Figura 189. Lesiones por xanthomonas en fruto 203
Figura 190. Planta con consistencia hueca al tacto, síntoma específico de popillo 204
Figuras 191 y 192. Tejido medular desintegrado, por ataque de popillo 204
Figura 193. Marchitez en la planta 205
Figura 194. Planta atacada por *Pseudomonas* *206*
Figura 195. Síntoma típico del virus del mosaico del tabaco 207
Figura 196. Síntoma del virus del mosaico amarillo del tomate 208
Figura 197. Síntoma de planta atacada por nemátodos 209
Figura 198. Raíz atacada por nematodos 209
Figuras 199 y 200. Daño típico en fruto por una deficiencia de calcio 214
Figuras 201 y 202. Grietas radiales 215
Figura 203. Grietas concéntricas 216
Figura 204. Grietas diminutas 216
Figuras 205 y 206. Frutos con malformaciones. Cara de gato 217
Figura 207. Aborto de flores en la inflorescencia 218
Figura 208. Frutos con maduración manchada 218
Figura 209. Hoja enrollada hacia arriba por condiciones de estrés en la planta 219
Figura 210. Hoja enrollada hacia abajo por alta radiación solar 219
Figuras 211 y 212. Plantas que perdieron su punto de crecimiento 220
Figura 213. Frutos huecos 220
Figura 214. Edema por saturación de agua en las hojas 221
Figura 215. Frutos con estrías tipo cremallera 222
Figura 216. Fruto con golpe de sol 222
Figura 217. Formas de acción de los plaguicidas 226
Figura 218. Equipos de protección adecuados para la aplicación de plaguicidas 230
Figura 219. Lectura de etiqueta de plaguicidas 231
Figura 220. Preparación de mezclas de plaguicidas con equipo de protección apropiado 231

Figura 221. Triple lavado para los envases vacíos de plaguicidas 232
Figura 222. Almacenamiento temporal de envases y empaques de plaguicidas 233
Figura 223. Cálculo de la cantidad de plaguicida que se va a aplicar 234
Figura 224. Señalización de áreas tratadas con plaguicidas 235
Figura 225. Almacenamiento del equipo de fumigación 237
Figura 226. Señalización adecuada en los sitios de almacenamiento de plaguicidas 238
Figura 227. Almacenamiento y ubicación correcta de plaguicidas 239
Figura 228. Prácticas inadecuadas de disposición de empaques vacíos de plaguicidas 241
Figura 229. Fruto en estado de cosecha 248
Figura 230. Índice de madurez fisiológica en el fruto 248
Figura 231. Grados de madurez del tomate 250
Figura 232. Sala poscosecha 253
Figura 233. Limpieza de frutos 253
Figura 234. Guacales de madera 255
Figura 235. Canastillas plásticas 255
Figura 236. Caja de cartón 255
Figura 237. Transporte refrigerado 257
Figura 238. Maduración irregular en frutos cosechados 258
Figura 239. Presencia de rajaduras o grietas en frutos cosechados 259
Figura 240. Presencia de Botrytis en frutos cosechados 262
Figura 241. Compostaje para el manejo de residuos de cosecha 264
Figura 242. Agua potable 272
Figura 243. Baños para uso del personal que labora en el predio 272

Lista de tablas

Tabla 1. Contexto taxonómico del género Lycopersicon 56
Tabla 2. Composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco 56
Tabla 3. Temperaturas y efectos producidos en tomate 73
Tabla 4. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas 73
Tabla 5. Interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de tomate 101
Tabla 6. Distancias de siembra del tomate, para el manejo de un solo tallo de producción 104
Tabla 7. Distancias de siembra en la producción de tomate según el tipo de poda 105
Tabla 8. Relaciones de nutrientes en el suelo para el cultivo de tomate 108
Tabla 9. Aporte de nutrientes de algunos fertilizantes 109
Tabla 10. Contenidos apropiados de nutrientes en un análisis foliar para el cultivo de tomate 114
Tabla 11. Compatibilidad de algunos fertilizantes 118
Tabla 12. Composición de los fertilizantes recomendados en dos tanques (una bomba por tanque) 118
Tabla 13. Antagonismos comunes que se presentan por exceso de algunos nutrientes 131
Tabla 14. Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernaderos 144
Tabla 15. Criterios admisibles para la destinación del recurso agua para uso agrícola 147
Tabla 16. Listado de insecticidas para el control de plagas en tomate 184
Tabla 17. Listado de paguicidas usados para el control de enfermedades en tomate 211
Tabla 18. Identificación de la categoría toxicológica por color 230
Tabla 19. Costos de producción de 2.272 plantas de tomate bajo invernadero de 1.000 m^2 268
Tabla 20. Costo de invernadero 1.000 m^2 270

Presentación

El presente manual es elaborado y editado en el marco del acuerdo suscrito por el gobierno del departamento de Antioquia, Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA- y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, para desarrollar los proyectos UTF/COL/027/COL *Fortalecimiento de la seguridad alimentaria y nutricional a nivel rural en el departamento de Antioquia, y TCP/COL/3101 Fortalecimiento de capacidades en Buenas Prácticas Agrícolas y organización comunitaria para contribuir a la seguridad alimentaria del departamento de Antioquia, en apoyo al UTF/COL/027/COL.*

Estos proyectos contribuyen al logro de los objetivos de MANA, a fin de mejorar la situación alimentaria y nutricional de la población más vulnerable a través de una estrategia integral de fortalecimiento productivo, organizacional y de seguridad alimentaria y nutricional, implementada con organizaciones de pequeños productores del departamento. La estrategia tiene por núcleo temático las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, las que contribuyen al desarrollo de las políticas en torno a la producción más limpia y al desarrollo rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la cual ha acompañado el desarrollo de este proyecto.

El presente manual de BPA y BPM es un instrumento orientador dirigido a técnicos, y estará acompañado por unas Guías para Facilitadores campesinos y unas Cartillas para productores, las cuales constituyen los materiales pedagógicos para el desarrollo de las Escuelas de Campo de Agricultores -ECA-, como parte de la metodología "aprender haciendo".

La producción del Manual fue contratada por el Convenio FAO-MANA, proyecto TCP/COL/3101, con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA- a través del Centro de Investigación "La Selva". Esta institución contribuye al bienestar de la población colombiana mediante la generación y transferencia de tecnologías, para hacer más eficiente y rentable la producción agropecuaria con criterios de competitividad, equidad, sostenibilidad y desarrollo científico y tecnológico.

Se contó con la orientación y el concepto técnico del Equipo FAO Regional de América Latina y el Caribe, por intermedio de Juan Izquierdo, Ph.D., Oficial Principal de Producción Vegetal, y Marcos Rodríguez Fazzone, consultor en BPA FAO.

Igualmente, se elaboró de manera previa un documento base con especificaciones técnicas para la construcción del manual, por parte del equipo técnico del convenio FAO-MANA, en el cual, participaron en forma especial, Jaime Piedrahita Yepes y Óscar Botero Villa. Se contó, además, con Alejandro Ramírez Madrid en la coordinación general de la publicación.

Agradecimientos

Los autores expresamos los agradecimientos a Arturo Vega Bustamante, director nacional de CORPOICA, a Sergio Correa Peláez, director del Centro de Investigación La Selva -CORPOICA- por el apoyo administrativo, el respaldo institucional a nuestras actividades y el estímulo en los trabajos de investigación y transferencia de tecnología sobre producción de hortalizas bajo condiciones protegidas en el Centro de Investigación La Selva. Igualmente, al doctor Jaime Piedrahita Yepes, director del proyecto "Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural de Antioquia", por su confianza y oportunidad para publicar este manual, al equipo técnico del proyecto FAO-MANA, a Óscar Botero por sus aportes iniciales en BPA-BPM, y especialmente a Alejandro Ramírez, por sus valiosos comentarios y sugerencias frente al texto y a su estructuración final. Igualmente, a Juan Carlos Márquez por el trabajo de corrección de estilo.

Agradecimientos, además, a los oficiales de la FAO oficina Regional para América Latina y el Caribe -RLC- doctores Juan Izquierdo, oficial de Producción Vegetal, y Marcos Rodríguez, consultor en BPA, por la revisión y recomendaciones en relación con los contenidos del documento. También, de CORPOICA, a Ruth Torres Restrepo, Nilsen Sánchez y Giovanny Parra, por su apoyo en la edición y diseño de gráficas, y a Mery Escobar, por su colaboración en la trascripción de parte del documento.

Introducción

El cultivo de tomate en Colombia utiliza gran cantidad de agroquímicos. Un alto porcentaje de los costos de producción está relacionado con la compra y aplicación de insumos, entre ellos los agroquímicos, productos que los tomateros usan de una manera excesiva y que, además de encarecer los costos de producción, causan serios disturbios al medio ambiente y a la salud de los consumidores y de los mismos productores.

Desde el punto de vista de sanidad vegetal, el empleo excesivo de plaguicidas y su aplicación tipo calendario rompen el equilibrio biológico y destruyen los insectos benéficos. Muchas de las especies dañinas de plagas de importancia secundaria se tornan primarias ante la presión de plaguicidas.

No rotar los cultivos, no eliminar los residuos de cosecha, usar en forma indiscriminada agroquímicos, no atender adecuadamente las múltiples labores que demanda el mantenimiento del cultivo, desconocer el manejo del clima dentro del invernadero y los patógenos y plagas que afectan el cultivo, y no aplicar prácticas agronómicas diferentes al empleo de plaguicidas como única herramienta de control de plagas son, entre otras, las razones que hacen de este sistema de producción un método altamente contaminante, donde se requiere con urgencia la capacitación del productor en el manejo integrado del cultivo bajo invernadero, encaminado a la aplicación y establecimiento de esquemas de buenas prácticas agrícolas que permitan asegurar la inocuidad del producto y evitar daños al medio ambiente.

Las Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- son todas las acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo, procesamiento, empaque, transporte y almacenamiento, y se definen como un conjunto de actividades que incorporan el manejo integrado de plagas -MIP- y el manejo integrado del cultivo -MIC-, con el fin de proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable, para producir frutas y hortalizas respetando el medio ambiente (FAO, 2004). Además de los aspectos de higiene e inocuidad, se consideran como base para alcanzar la sustentabilidad de la producción agrícola, la salud de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas laborales dentro del marco de la producción agraria comercial. La obtención de productos hortícolas bajo un sistema de Buenas Prácticas Agrícolas constituye una necesidad urgente, debido a la preocupación de los gobiernos por contribuir significativamente a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes, y a las exigencias impuestas por los exportadores o empresas agroindustriales que trabajan bajo un sistema de "análisis de puntos críticos de control y riesgos" (HACCP, por su sigla en inglés), o por aquellas que están en proceso de certificación (FAO, 2003).

El desarrollo de guías de BPA y la implementación de programas de aseguramiento de la inocuidad son importantes para que los productores cuenten con herramientas que, al aplicarlas, garanticen al consumidor colombiano productos sin contaminantes químicos, biológicos y físicos para evitar los casos frecuentes y cada vez más crecientes de enfermedades transmitidas por alimentos, para incrementar las exportaciones y diversificar los productos a exportar, o para

competir con los productos que puedan entrar al país como consecuencia de los acuerdos internacionales que se están discutiendo. El país debe ofrecer productos competitivos que cumplan con los requisitos de calidad, sanidad e inocuidad establecidos por los compradores, aspectos determinantes dentro de la nueva dinámica del comercio de productos agrícolas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario emprender acciones para desarrollar un plan de producción de hortalizas enfocado a consolidar sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas, acorde con la tendencia mundial de producción más limpia, que permitan cumplir con los preceptos de sostenibilidad y manejo ecológico del agroecosistema, como requisitos fundamentales para buscar la sostenibilidad, la rentabilidad y la competitividad del sistema de producción hortícola y, además, de acceder a los mercados externos.

El país, consciente de la necesidad de implementar sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas, ha venido desarrollando normatividad al respecto. Por esa razón, el Instituto Nacional de Normas Técnicas -Icontec- estableció la norma técnica NTC 5400, la cual reglamenta las Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas y culinarias y hortalizas frescas. En la elaboración de la norma participaron productores, comercializadores, gremios, entidades del gobierno y expertos del sector. Se tuvieron en cuenta documentos como el protocolo EureGAP para productos hortofrutícolas, los reglamentos técnicos, decretos, resoluciones y normas técnicas colombianas vigentes, y los conocimientos y experiencias de quienes participaron en el proceso de reglamentación.

También el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-, a través de la Dirección de Formación Profesional, Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico, desarrolló la línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y pecuarias para la cadena agroindustrial, elaborando una guía para la implementación de Buena Prácticas Agrícolas en el país.

Igualmente, el Consejo Nacional de Política Económica y Social -Conpes- con el Departamento Nacional de Planeación -DNP-, han desarrollado un documento acerca de la política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias, Documento 3375, del 5 de septiembre de 2005, el cual contiene los lineamientos de políticas que permitirán mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, con el fin de proteger la salud y vida de las personas y de los animales, aumentar la competitividad, y fortalecer la capacidad para obtener la admisibilidad de los productos agroalimentarios en los mercados internacionales.

La finalidad de este manual es brindar una herramienta a técnicos y productores para que tengan una base de manejo agronómico, teniendo en cuenta la aplicación las Buenas Prácticas Agrícolas en todos los procesos productivos de la producción de tomate bajo condiciones protegidas.

Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo cubierta

Introducción

Las Buenas Prácticas Agrícolas son todas las acciones que se realizan en la producción de hortalizas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, el embalaje y el transporte, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y la salud y el bienestar de los trabajadores.

La aplicación de las normas de BPA es voluntaria. Sin embargo, se cree que en un tiempo cercano las BPA serán indispensables para poder poner los productos en los principales mercados locales e internacionales. Los consumidores están cada vez más interesados en obtener alimentos sanos, producidos respetando el ambiente y el bienestar de los trabajadores. Las BPA nacen como nuevas exigencias de los compradores traspasadas a los proveedores. Para el productor, la ventaja principal es poder comercializar un producto diferenciado. La "diferencia" para el consumidor es saber que se trata de un alimento sano, de alta calidad y seguro, que al ser ingerido no representa un riesgo para la salud. Este tipo de producto diferenciado le otorga al productor mayores posibilidades de venta a mejores precios.

Mediante el cuidado del ambiente se busca reducir la contaminación, conservar la biodiversidad y valorizar los recursos naturales como el suelo y el agua. El uso irracional de productos químicos ha causado la contaminación de suelos y aguas, y los residuos de pesticidas permanecen en el medio y su acumulación puede producir pérdidas de la biodiversidad, además de intoxicaciones en los seres humanos. Por el contrario, el cuidado del ambiente tiene beneficios para el propio productor, se mantiene una mayor productividad a lo largo del tiempo al evitar la pérdida de la fertilidad de los suelos, es menor la contaminación de aguas y suelo, etc. Por otra parte, al incidir en el bienestar de los trabajadores se mejora la calidad de vida y la higiene, se atiende la salud y se previenen las intoxicaciones.

Ingresar a la producción bajo BPA significa para los productores adoptar manejos previamente comprobados, para lo que es fundamental la capacitación sobre higiene y seguridad, aplicación de agroquímicos, manejos durante la cosecha, entre otros. Significa además un gasto o inversión en tiempo y dinero, tanto en capacitación como en infraestructura, insumos y servicios.

La adopción de las BPA implica llevar registros de todas las actividades que se realizan. Esto hace que el productor tenga una visión más clara y ordenada de lo que está sucediendo en su predio. De todas maneras, el productor tiene que analizar previamente los beneficios de las BPA antes de embarcarse en este tipo de producción.

Dada la importancia que tienen las BPA en el comercio mundial, en el cuidado del medio ambiente y el bienestar de los trabajadores, la FAO ha decidido difundirlas, y capacitar y colaborar en su adopción.

Buenas Prácticas Agrícolas significa "hacer las cosas bien y dar garantía de ello".

Definición de las BPA

Las Buenas Prácticas Agrícolas son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas -MIP - y el Manejo Integrado del Cultivo -MIC-, cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad con un mínimo impacto ambiental, con bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores y que permita proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable.

En general, las BPA se basan en tres principios: la obtención de productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, la protección del medio ambiente y el bienestar de los agricultores (figura 1).

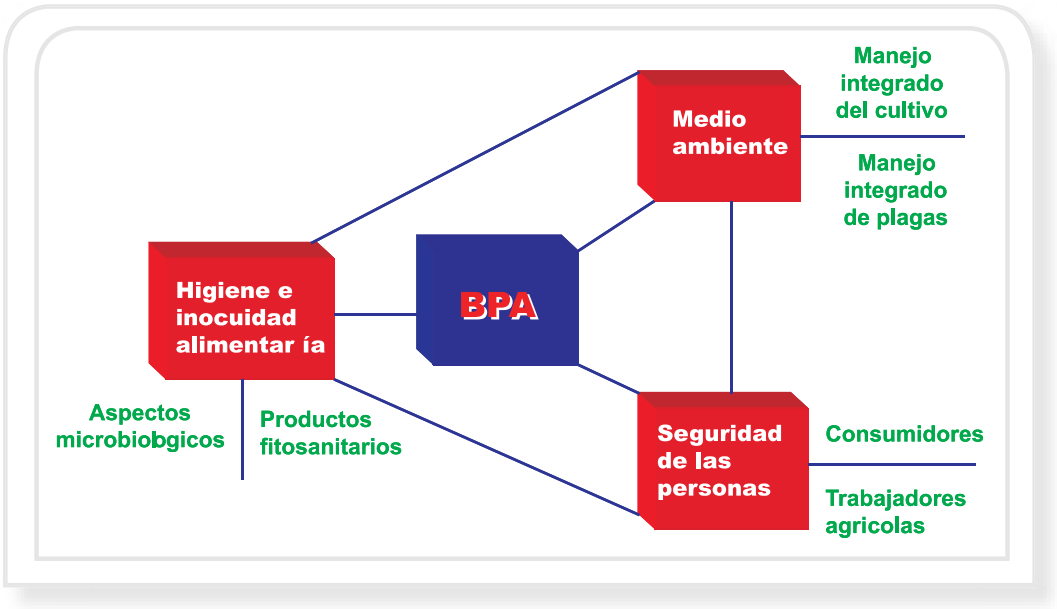


Figura 1. Esquema de los principios básicos de BPA

Para la implementación de un programa de BPA es importante el conocimiento previo de las acciones o líneas que rigen este sistema de calidad, como son: el medio ambiente, la sanidad e inocuidad de los productos, su trazabilidad por medio de registros, y la seguridad para los trabajadores y consumidores. Deben tenerse en cuenta, además, otros temas como el agua, el suelo, el empaque, el transporte y la manipulación.

Ventajas de la adopción de las BPA

- Mejorar las condiciones higiénicas del producto.
- Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos tóxicos o características inadecuadas en sabor o aspecto para el consumidor.
- Minimizar las fuentes de contaminación de los productos, en la medida en que se implementen normas de higiene durante la producción y recolección de la cosecha.
- Abre posibilidades de exportar a mercados exigentes (mejores oportunidades y precios). En

el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados.

- Obtención de nueva y mejor información de su propio negocio, merced a los sistemas de registros que se deben implementar (certificación) y que se pueden cruzar con información económica. De esta forma, el productor comprende mejor su negocio, lo cual lo habilita para tomar mejores decisiones.
- Mejora la gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, etc.) de la finca (empresa) en términos productivos y económicos, y aumentar la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, etc.).
- Se reduce la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, etc.
- El personal de la empresa se compromete más con ella, porque aumenta la productividad gracias a la especialización y dignificación del trabajo agropecuario.
- Mejora la imagen del producto y de la empresa ante sus compradores (oportunidades de nuevos negocios) y, por agregación, mejora la imagen del propio país.
- Desde el punto de vista de las comunidades rurales locales, las BPA representan un recurso de inclusión en los mercados, tanto locales como regionales o internacionales. Así mismo, constituyen una excelente oportunidad para demostrarse a sí mismas y a otras comunidades semejantes que se pueden integrar con éxito, al tiempo que mejoran su calidad de vida y su autoestima, sin dejar de lado sus valores culturales.

Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

- **Protección del ambiente:** se minimiza la aplicación de agroquímicos y su uso y manejo son adecuados, por tanto no se contaminan suelos y aguas y se cuida la biodiversidad.

- **Bienestar y seguridad de los trabajadores:** esto se logra mediante capacitación, cuidado de los aspectos laborales y de la salud (prevención de accidentes, de enfermedades gastrointestinales, higiene), y buenas condiciones en los lugares de trabajo.

- **Alimentos sanos:** los alimentos producidos le dan garantía al consumidor, porque son sanos y aptos para el consumo por estar libres de contaminantes (residuos de pesticidas, metales pesados, tierra, piedras, hongos).

- **Organización y participación de la comunidad:** los procesos de gestión son participativos, ayudan al empoderamiento y a la construcción de tejido social y fortalecen el uso de los recursos en busca de procesos de sostenibilidad.

- **Comercio justo:** los productores organizados cuentan con poder de negociación, logran encadenamientos con productores de bienes y servicios, se fomenta la generación de valor agregado a los productos de origen agropecuario, y así el productor recibe una justa retribución por su participación en el proceso de producción.

Componentes básicos de las Buenas Prácticas Agrícolas

De acuerdo a la línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y pecuarias para la cadena agroindustrial del Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-, algunos de los componentes básicos de las Buenas Prácticas Agrícolas son:

Semillas

Antes de hacer la selección de una variedad específica, se deben definir los elementos a considerar para hacer la elección. En primer lugar, se debe tener una ficha técnica del material, que incluye bajo qué condiciones se obtuvo la semilla, pruebas realizadas, condiciones de alimento, rendimientos esperados, características del fruto, porcentaje de germinación, certificado de origen, etc. En segundo lugar, la experiencia propia o regional con esa variedad; se requiere un material adaptado a las condiciones agroecológicas del productor, y en tercer lugar, se debe fomentar el uso de variedades y especies comerciales resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades limitantes desde el punto de vista económico, con vistas a un uso racional de agroquímicos e insumos.

Igualmente, se debe fomentar entre los productores una adecuada selección de semillas y utilizar especies adaptables a la zona de cultivo. Es importante que las semillas y especies utilizadas estén certificadas sanitariamente.

Historia y manejo del establecimiento o lote

Se debe conocer la historia del terreno y su uso actual, al igual que de los terrenos vecinos, para identificar ventajas y riesgos para el cultivo. Es de gran valor establecer un sistema básico de planificación de la producción y un sistema de monitoreo y evaluación.

Se debe contar con mapas de localización del terreno y áreas circundantes, incluir en la revisión una supervisión de los canales de riego y drenaje, evitar plantaciones donde existan riesgos de contaminación cercanos, como establos o desechos industriales, e impedir la entrada de animales domésticos o silvestres en las áreas de cultivo.

Figura 2. Distribución de una finca
Fuente: Pavco S.A.

Es importante conocer qué cultivos anteriores fueron sembrados, qué tipo de productos químicos se aplicaron y si hubo presencia de enfermedades que puedan limitar la producción. Cuando el cultivo anterior pudiera ocasionar problemas fitosanitarios, es necesario desinfectar los suelos por medios físicos o químicos y tratar de establecer una rotación de cultivos. Para asegurarse que la calidad del terreno es apta para la siembra, se deberá realizar análisis físico, químico y microbiológico de los suelos para determinar el estado nutricional del terreno, y la presencia de metales pesados o microorganismos.

Por último, se recomienda realizar drenajes adecuados para evitar inundaciones, y desarrollar programas de compostaje para el manejo de los residuos de cosecha y demás residuos orgánicos generados en la finca.

Manejo de suelos y sustratos

Las técnicas de cultivo más recomendadas, encaminadas a reducir la posibilidad de erosión y compactación del suelo, son la labranza mínima y la protección de pendientes. Arar y rastrillar el suelo para eliminar terrones, nivelar y formar camas o surcos para favorecer el drenaje y evitar inundaciones. Evitar el empleo de maquinaria pesada que compacte el suelo. Además, se debe mantener el suelo limpio de residuos no orgánicos. En cualquier caso, es recomendable utilizar distancias de siembra adecuadas con plantas sanas, y asegurarse de disponer de un análisis de suelos antes de proceder a establecer el cultivo.

Los cultivos se han de plantar donde haya más fertilidad y menos problemas de malezas (arvenses) o inundaciones. Pero también hay que fomentar la rotación de cultivos en la unidad productiva para evitar la esterilización y los desbalances químicos del suelo con sustancias.

En algunos casos, es recomendable la colocación de acolchados plásticos para el manejo de malezas, control de plagas y ahorro de agua.

Uso de fertilizantes

Hay que asegurarse de que la aplicación de fertilizantes esté basada en los requerimientos nutricionales del cultivo con base en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad por medio de un uso racional de los recursos y los insumos y evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante.

Hay que llevar un registro de la existencia de fertilizantes en la unidad productiva. Se debe verificar que éstos declaren su composición química (sobre el empaque o botella), y estén registrados oficialmente.

El almacenamiento de los fertilizantes debe cumplir con los criterios de seguridad: estar separados de los pesticidas y, donde no sea posible, separarlos por un espacio de aire y etiquetados; que estén en un área cubierta limpia y seca, y aislados del piso para evitar que se humedezcan. No se deben mezclar en un mismo espacio con alimentos, productos frescos o productos terminados, como tampoco se deben guardar en los sitios de residencia. Por último, se deben señalizar las áreas de peligro y riesgos, con avisos sencillos y visibles a distancia.

En el caso de utilizar abonos orgánicos, se debe conocer la fuente de la materia orgánica, que estén totalmente compostados y seguros de su calidad, libres de contaminantes químicos o biológicos.

Riego

Es vital realizar acciones que propendan por la protección del recurso hídrico, garantizar que no haya acceso de animales domésticos a la fuente de agua y no aplicar agroquímicos y fertilizantes cerca de ella. En lo posible establecer sistemas de recolección, reciclado y almacenamiento de agua. Respetar la reglamentación de los acueductos municipales sobre volúmenes y formas de empleo de riego.

Se debe utilizar un sistema de riego eficiente y económicamente viable para asegurar un adecuado manejo del recurso hídrico. De igual forma, se recomienda el monitoreo de las fuentes de abastecimiento del agua de riego por medio de un programa de mantenimiento y análisis químicos y microbiológicos para garantizar su inocuidad y demostrar su calidad y pertinencia para regar cultivos, y realizar acciones correctivas en caso de resultados adversos. Es importante mantener registros sobre el uso de aguas para riego.

Protección de cultivos

Ante todo, utilizar herramientas desinfectadas para el manejo de las plantas. Se deben aplicar técnicas reconocidas de Manejo Integrado de Plagas -MIP- y usar productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de signos y síntomas de plagas y enfermedades que permitan tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación.

La elección de los productos fitosanitarios es de suma importancia en el proceso productivo, ya que este concepto involucra varios aspectos, a saber: justificación de la aplicación, mediante la verificación de la presencia de síntomas o signos de las plagas o enfermedades; categoría toxicológica del producto, ya que se debe fomentar el uso de plaguicidas registrados oficialmente y de baja toxicidad (categorías III y IV); dosificación mínima eficiente para el control; rotación de producto para evitar resistencia de las plagas y enfermedades a los agroquímicos, y competencia y conocimiento en la materia de quien recomienda el producto (técnico debidamente calificado).

Antes de aplicar cualquier plaguicida, se deben conocer las características y modo de acción del producto que se va a utilizar; cada aplicación estará acompañada por instrucciones claras, detallando la labor, dosificación y técnica de aplicación requerida.

Los trabajadores deben recibir entrenamiento en el manejo de equipos y la aplicación de pesticidas, de igual forma, usar ropa de protección adecuada para disminuir los riesgos de salud y seguridad (figura 3). Es vital asegurarse de que antes de realizar una aplicación, conozcan el producto que van a utilizar; no se deben hacer autoformulaciones. Cada aplicación está acompañada por instrucciones claras o símbolos donde se detalla la labor y la dosificación química y técnica requerida. El equipo de aplicación se debe mantener en buena condición realizando calibraciones y mantenimientos periódicos.

Figura 3. Ropa de protección para la aplicación de pesticidas

La disposición de residuos sobrantes de productos fitosanitarios debe hacerse de acuerdo con los procedimientos reglamentados. El almacenamiento de plaguicidas deberá ser en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación apropiada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego. En lo posible, evitar derrames, y en caso de ocurrir realizar las labores adecuadas para contrarrestarlos. Se debe contar con los elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y los medios para manejar intoxicaciones; además, tener a mano los teléfonos de hospitales, policía y dirección local de salud para solución de emergencias. Los envases vacíos de agroquímicos deben disponerse de acuerdo con la legislación nacional para evitar la exposición de las personas y la reutilización de los mismos.

Se deben llevar registros de todas las labores realizadas en el proceso productivo, incluyendo poscosecha y comercialización, de tal manera que se pueda trazar el producto.

Se deben tener en cuenta los plazos de seguridad a fin de evitar riesgos de contaminación. Las personas responsables de dirigir la aplicación deben de tener en cuenta los periodos de carencia entre la última aplicación y la cosecha, con el fin de minimizar riesgos de contaminación de los productos.

Las aplicaciones de productos fitosanitarios deben realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante y con la asesoría de un profesional competente, teniendo especial cuidado de tener los equipos de aplicación calibrados y en buen estado, utensilios de medición o dosificación precisa del producto y aplicarlo en las horas de mayor efectividad. Se recomienda un instructivo o procedimiento para que sea conocido y aplicado por la persona encargada de la labor.

No se deben dejar sobrantes del producto utilizado en el equipo ni en los envases. En caso de dejar sobrantes, utilícelos para preparar una nueva aplicación.

Los pesticidas se deben almacenar en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación adecuada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego.

Hay que almacenar los pesticidas de manera que se eviten derrames y, en caso de ocurrir, realizar las labores adecuadas para ese fin.

Se debe disponer de elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y de medios adecuados para manejar intoxicaciones y tener disponible un listado de teléfonos de los hospitales, policía y dirección local de salud en el caso de una emergencia.

Los envases vacíos de agroquímicos deben ser perforados para evitar su reutilización y ser lavados por lo menos tres veces con anterioridad.

Mantener registros de inventario de los agroquímicos que está empleando para la protección de cultivos.

Recolección y manejo poscosecha

Hay que tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado. Se debe organizar un sistema conveniente de manipulación, clasificación, empaque y transporte, y almacenar lo empacado en la parcela, campo o centro de acopio, de forma que se evite la contaminación por roedores, plagas, pájaros o peligros físicos o químicos y se mantenga la vida útil adecuada. Es importante efectuar un análisis de los riesgos de higiene del sitio de manejo poscosecha, que será usado para establecer protocolos de higiene tanto para el personal como para los equipos. Los equipos deben ser lavados y desinfectados para asegurar que estén libres de material contaminante.

Los trabajadores deben tener acceso a unidades sanitarias adecuadas para el manejo de excretas y lavado de manos cerca a su sitio de trabajo (figura 4). Es de vital importancia capacitar a los trabajadores en instrucciones básicas de higiene y manipulación de alimentos frescos, y tomar precauciones como no fumar, comer o laborar con problemas respiratorios o de salud. Los alimentos no se deben tocar si se padece una enfermedad transmisible que inhabilite para manipular productos destinados al consumo humano. Por último, se debe garantizar el adecuado suministro de agua potable y evitar la contaminación por aguas residuales para las labores de poscosecha.

Se debe ilustrar de manera gráfica todas las operaciones que se realizan durante el manejo de la poscosecha del producto, mediante diagramas de flujos.

Figura 4. Unidad sanitaria para el lavado de manos

Manejo de residuos y contaminantes

Todo tipo de residuo debe ser identificado, clasificado y dispuesto de tal manera que pueda ser reciclado o eliminado. Las instalaciones de la finca deben estar libres de basura y desechos y tener sitios adecuados para la eliminación de los mismos.

Los productos contaminantes como agroquímicos, aceites, combustibles y efluentes de la casa, deben ser identificados y dispuestos adecuadamente para que no causen contaminación al medio ambiente, a las personas o a los animales.

Se debe establecer un plan de manejo de los contaminantes tóxicos y determinar el sitio de disposición. Los residuos orgánicos se pueden compostar en sitios o en lugares acondicionados para su elaboración. En este sentido, se debe capacitar a los productores sobre técnicas y estrategias de reciclaje de los residuos orgánicos de la finca.

Salud, seguridad y bienestar

Hay que fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, manejo del botiquín, normas de higiene, procedimientos para accidentes y emergencias y entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso. En este sentido, se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajador.

Los trabajadores deben estar equipados con ropa protectora apropiada de acuerdo con las instrucciones de etiqueta sobre posibles riesgos de salud y seguridad. Aquellos que realizan aplicaciones de productos fitosanitarias en la parcela deben recibir controles anuales de salud, los cuales estarán de acuerdo con las pautas establecidas por los códigos de salud locales. Así mismo, conviene abrir espacios de participación en jornadas de salud realizadas por el hospital y el municipio para los trabajadores y sus hijos, para conocer su estado nutricional.

Se debe garantizar que la persona contratada esté vinculada a algún régimen de salud, y respetar las edades para contratación de acuerdo con las disposiciones legales.

Es aconsejable fomentar en las familias de los trabajadores acciones encaminadas al reconocimiento de los derechos y deberes de los niños, buen trato entre los miembros de la familia, buena manipulación y preparación de los alimentos, que corresponda con unos hábitos alimentarios adecuados, mantenimiento de una huerta casera que les permita mejorar la alimentación de la familia, y propiciar condiciones de estudio para los menores de edad, junto con programas de complementación alimentaria, crecimiento y desarrollo, control prenatal y sobre los beneficios de la lactancia materna (figura 5).

Figura 5. Botiquín para procedimientos de emergencia

Proceso de certificación BPA

El proceso de certificación se hace necesario para la exportación de productos agrícolas frescos o procesados, ya que hay que demostrar ante el comprador mayorista o minorista y el consumidor final la calidad e inocuidad de los productos agrícolas.

La calidad BPA está basada en normas o requerimientos técnicos que debe cumplir el productor o grupo de productores y, en esencia, estas normas BPA corresponden a las EUREPGAP Europea y las USAGAP Norteamericana.

Cumplir estas normas sólo es de interés para el productor o grupo de productores que deseen exportar a países de la Comunidad Económica Europea o a los Estados Unidos, y sólo si el importador se los exige específicamente.

La FAO ha impulsado la creación de sellos regionales que permiten diferenciar los productos BPA y BPM de pequeños productores agrícolas para mercados locales, y que no pueden acceder a los altos costos que supone asumir una certificación BPA plena.

En Colombia existen entidades certificadoras independientes que avalan la calidad BPA del producto, confrontada con los requerimientos de las normas ya mencionadas.

Proceso de certificación BPA

Importancia socioeconómica del tomate en Colombia

El tomate en Colombia está disperso por todo el país, pues se cultiva en 19 departamentos; sin embargo, más del 80% de la producción está concentrada en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Huila, Valle, Santander, Tolima, Antioquia, Boyacá, Cesar, Nariño, Atlántico y Guajira. Para el año 2005 se sembraron 14.435 hectáreas, lo cual representó el 15,98% del área hortícola del país, con un volumen de producción de 363.928 toneladas.

Este sistema de producción es altamente generador de empleo. Se calcula que una hectárea requiere alrededor de 160 jornales por ciclo de producción, lo cual representa alrededor de 2.309.440 jornales utilizados en el país anualmente en este cultivo. El rendimiento promedio por hectárea a nivel nacional es de 25 ton/ha y corresponde al rendimiento obtenido en condiciones de producción a campo abierto (figura 6); bajo estas condiciones se ha desarrollado en zonas con alturas entre los 0 y 2.100 m.s.n.m., o sea, en regiones de climas cálidos a frío moderado. Sin embargo, las condiciones climáticas imperantes en estas regiones, principalmente en las épocas de sequía o lluvia, afectan la productividad de los cultivos por los cambios extremos de temperatura y humedad relativa, que favorecen el ataque de plagas y enfermedades, ante lo cual el productor utiliza r más cantidad de plaguicidas y fertilizantes para lograr mayor productividad, así, incrementa los costos de producción, disminuye la rentabilidad, y causa graves daños de contaminación al medio ambiente, esto ha hecho que, entre los años 2000 y 2005, el área sembrada haya disminuido cerca de 17,5%; por consiguiente, el productor se ha visto forzado a buscar nuevas alternativas tecnológicas para el cultivo, como es la siembra bajo condiciones protegidas.

Figura 6. Producción de tomate a campo abierto

El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas es relativamente nuevo en el país, y ha generado un impacto importante en los últimos años, por su incremento en área, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 6 kg/planta, superando tres veces el que se obtiene a campo abierto, que está entre 1,5 y 2 kg/planta.

Este sistema de producción se caracteriza por la protección mediante estructuras levantadas generalmente en guadua y cobertura de plástico, con el fin de evitar el impacto de la lluvia sobre el cultivo; sin embargo, su manejo tecnológico es igual al que tradicionalmente se le da al cultivo de tomate a libre exposición (figura 7).

Figura 7. Invernadero construido con guadua y cobertura plástica

Estas experiencias con el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas se han desarrollado principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Valle del Cauca, Quindío, Boyacá, Santander y Antioquia, con un área total aproximada de 500 hectáreas, y han sido llevadas a cabo por iniciativas individuales de productores, sin responder a programas definidos de capacitación y acompañamiento en el desarrollo tecnológico. De este modo, muchas de estas experiencias han fracasado, por el desconocimiento de los productores sobre las características ideales de arquitectura, de los materiales e insumos utilizados para la construcción de estas estructuras, del manejo de los cultivos y de los materiales vegetales más apropiados para la siembra bajo estas condiciones.

El cultivo de tomate representa un renglón importante dentro de la dieta colombiana, pero el producto que se obtiene normalmente contiene contaminantes químicos no permitidos, o se usan en forma excesiva aquellos que son permitidos, y contaminantes biológicos que afectan la salud del productor y del consumidor, y el medio ambiente. Un factor de consideración en las pérdidas económicas del sector, es la pérdida de valor del producto como consecuencia del detrimento de la calidad durante la producción, el manejo poscosecha, el almacenamiento y la distribución.

El cultivo del tomate, como todos los productos agrícolas, debe cumplir las condiciones que le permitan al consumidor final disfrutar de alimentos sanos, inocuos y saludables, es decir, libres de tóxicos, cuyo proceso de producción sea social y ambientalmente responsable. Las nuevas tendencias del mercado, guiadas por mayores conciencia y sensibilidad del consumidor frente a estos aspectos, así como las restricciones internacionales respecto del uso de agroquímicos de síntesis, obligan a los agricultores a buscar nuevas alternativas tecnológicas que cumplan con estas exigencias (figura 8).

Figura 8. Alimentos sanos con nuevas alternativas de empaque

En el sistema de producción de tomate bajo invernadero, es necesario identificar riesgos y peligros para el productor, el consumidor y el medio ambiente, e implementar medidas más apropiadas para su prevención y control, o sea, sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas, con el fin de mejorar los métodos convencionales de producción, con énfasis en la inocuidad del producto y en que el proceso productivo impacte lo menos posible el ambiente, la fauna, la flora y la salud de los trabajadores.

En la actualidad las BPA, más que un atributo, son un componente de competitividad que le permite al productor diferenciar su producto del de los demás oferentes, con todas las implicaciones que ello hoy supone (mejores precios, acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales, etc.). Las BPA constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sostenibilidad ambiental, económica y social de las explotaciones agropecuarias, especialmente de los pequeños productores, lo cual debe traducirse en la obtención de productos más inocuos y saludables para el autoconsumo y el consumidor en general.

Producción de tomate bajo invernadero

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas.

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros.

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptimas.

Los invernaderos pueden ser clasificados en relación con el control de los factores meteorológicos en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados. Los climatizados (figura 9) son los que poseen mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático para el control de temperatura, humedad relativa, ventilación y luz, usan energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente rentable y elevada.

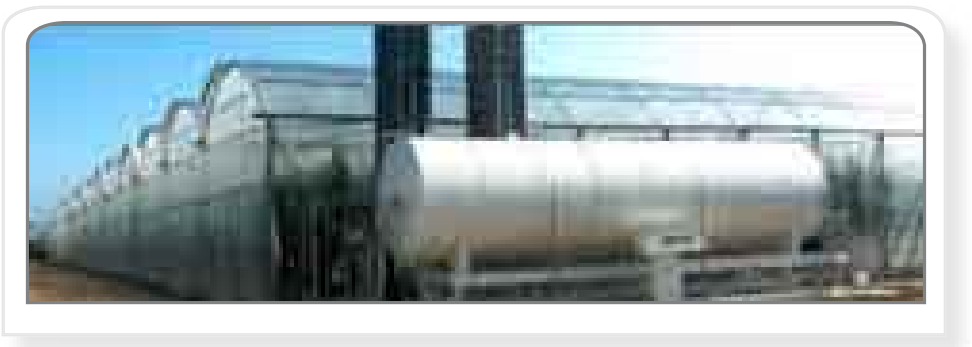


Figura 9. Invernadero climatizado

Los invernaderos semiclimatizados están dotados de cierto grado de automatización en lo relacionado a control de temperatura, humedad y luz, y se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables (figura 10).

Los invernaderos no climatizados son, por el momento, los más viables económicamente para el pequeño y mediano productor con vistas a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional (figura 11), no poseen ningún tipo de equipo que emplee energía transformada y su utilización está acondicionada a la aplicación de factores físicos de la propia naturaleza del ambiente.

Figura 10. Invernadero semiclimatizado

Figura 11. Invernadero no climatizado

Ventajas de la producción bajo invernadero

Protección contra condiciones climáticas extremas
Permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades y presencia de rocío en los cultivos, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada.

Control sobre otros factores climáticos
La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombrío, enriquecimiento con CO_2 y aplicación de agua.

Obtención de cosechas fuera de época
Cultivar bajo invernadero hace posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Además, hay una adaptación de la producción al mercado a los requerimientos locales y de exportación, porque los periodos de producción y mercadeo se extienden, y se logra un aprovisionamiento continuo del producto.

Mejor calidad de la cosecha
Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo; además, el ambiente protegido permite la utilización de variedades mejoradas, como las de tipo larga vida, cuyo costo de la semilla es mayor.

Preservación de la estructura del suelo
En ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado y firme, no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias y el viento, y disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por tanto las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, lo que se refleja en mayor productividad por unidad de área.

Siembra de materiales seleccionados
En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrolló materiales de alto rendimiento que exigen condiciones especiales, y su producción sólo es viable bajo condiciones de invernadero.

Aumento considerable de la producción
Esta característica es la que estimula a los productores para 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. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor.

Ahorro en costos de producción
Existe un ahorro en los costos, pues se aumenta la producción por unidad de área, se incrementa la eficiencia de los insumos agrícolas, disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.

Disminución en la utilización de plaguicidas
Dentro de un invernadero es posible utilizar mallas y cubiertas para evitar la entrada de insectos y plagas, igualmente las áreas cubiertas facilitan la práctica del monitoreo y muestreo para determinar la presencia de insectos y de enfermedades, lo que permite disminuir el número de aplicaciones.

Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo
En un invernadero se puede utilizar más eficientemente el área del cultivo, ya que se pueden sembrar más plantas por metro cuadrado.

Además de las anteriores ventajas, este sistema permite hacer un uso racional del agua y de los nutrientes, realizar una programación en las labores de cultivo y de producción; la primera cosecha es mucho más precoz, lo que permite un mayor periodo de producción y, con esto, mayor productividad por planta y por unidad de área.

El invernadero protege el cultivo y asegura la producción y calidad de los frutos

Desventajas de la producción bajo invernadero

Alta inversión inicial
Para iniciarlo, se requiere necesariamente una infraestructura cuyo costo depende de los materiales con que se construya el invernadero, se requiere, además, una inversión para el sistema de fertirrigación.

Requiere personal especializado
Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación.

Supervisión permanente
El cultivo requiere monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un mejor control de plagas y enfermedades y del desarrollo productivo.

Parámetros para la localización de un invernadero

Sanidad del terreno
Verificar que el terreno esté en excelentes condiciones e indagar sobre su historial. En el caso de siembras de tomate, evitar en lo posible sembrar en terreno donde anteriormente se hayan cultivado especies como pimentón, berenjena, ají o uchuva, los cuales pertenecen a la familia botánica del tomate (solanáceas), cuyas plagas y enfermedades generalmente son las mismas. Así mismo, evitar terrenos que anteriormente hayan sido usados como basureros o en otras actividades que puedan haber causado contaminación al suelo (figura 12).

Figura 12. Terreno adecuado para localización de un invernadero

Fertilidad del terreno
Se debe realizar un análisis del suelo para evaluar sus condiciones físicas y su composición química y microbiológica, que permita determinar si reúne las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

Drenaje del terreno
Se debe seleccionar el mejor suelo con un buen drenaje y fertilidad. Un alto nivel freático puede limitar considerablemente la producción de tomate, principalmente por el ataque de enfermedades.

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

Cercano a la vivienda del productor y con buenas vías de acceso
El invernadero debe estar ubicado lo más cerca posible a la vivienda del productor para ejercer una supervisión constante del cultivo por cualquier anormalidad que se produzca, y disponer de vías de acceso adecuadas para sacar la producción y la entrada de insumos.

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

Alejado de caminos o zonas polvorientas
El invernadero debe estar alejado de carreteras o caminos destapados por el exceso de partículas de polvo, ya que la acumulación de polvo o residuos contaminantes puede afectar la calidad del plástico y, consecuentemente, la luminosidad dentro del invernadero, y con ello 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
Se debe ubicar el invernadero en zonas donde exista suficiente ventilación para favorecer la remoción del aire húmedo o caliente desde su interior y de esta manera evitar la alta o baja humedad relativa que favorece el desarrollo de enfermedades, plagas, desórdenes fisiológicos y problemas de calidad y productividad en la planta. Cuando predominan vientos demasiado fuertes, también se producen condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas, especialmente condiciones de humedad relativa baja, por lo tanto será necesaria la ubicación de barreras vivas para disminuir la velocidad del viento.

Luminosidad
Se debe evitar ubicarlo cerca de árboles altos, construcciones o barreras geográficas como montañas que impidan la entrada de luz al invernadero.

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

La producción bajo invernadero permite controlar la temperatura y la humedad en el cultivo

Orientación
Es importante ubicar el invernadero en sentido norte-sur o de acuerdo a los ángulos de radiación para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrío de las plantas a lo largo del día.

Calidad de la estructura
Lo ideal es construir un invernadero con materiales duraderos, como el acero galvanizado; en caso de utilizar madera o guadua se recomienda que éstas sean sometidas a algún tratamiento de inmunización para incrementar su vida útil.

Parámetros para la construcción de un invernadero

Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados
En la forma y modelo del invernadero se deben tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo, sea funcional y de fácil operación, permita el cultivo de otras especies, sea lo suficientemente fuerte como para soportar condiciones climáticas extremas y el peso de las plantas y de los sistemas internos, y tenga una duración prolongada y una cobertura fácil de cambiar y de fácil mantenimiento.

El tipo y el peso de la cubierta
Deben ser materiales de calidad, durables, que garanticen la mayor resistencia del invernadero y que sean de fácil mantenimiento y económicos.

Luminosidad
Cuando se planea la construcción es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas. La estructura debe estar diseñada con materiales que no obstaculicen el paso de la luz. La cubierta plástica acumula gran cantidad de polvo debido a la electricidad estática sobre su superficie, lo que reduce la transmisión de luz dentro del invernadero; esto tiene efecto negativo sobre la cantidad y calidad de la producción. Se le debe hacer limpieza de mantenimiento para mejorar la transmisión de la luz. El plástico debe ser lavado con agua y un cepillo suave para facilitar la separación mecánica del polvo, como mínimo cada año (figura 13); es conveniente no adicionar ningún tipo de detergente que pueda deteriorar el plástico.

Figura 13. Lavado del plástico.

Dimensión
Naves con una anchura máxima de 10 a 12 m, y una longitud máxima de 60 m facilitan el manejo del cultivo y el control de las condiciones climáticas dentro del invernadero; sin embargo, es importante tener en cuenta el clima de la zona donde se va a construir. Las instalaciones deben tener la altura necesaria que permita mejorar la inercia térmica y la ventilación (figura 14).

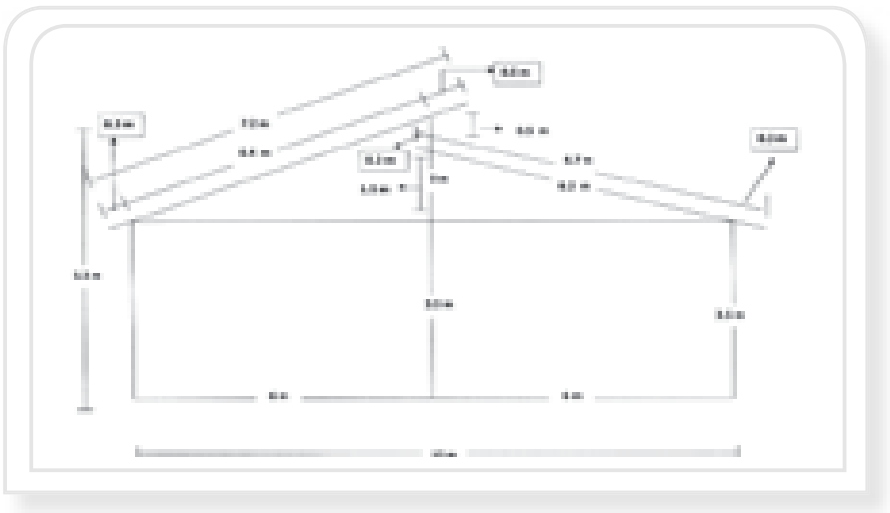


Figura 14. Dimensiones del invernadero

Dirección de los vientos
En la construcción de un invernadero se debe tener en cuenta la dirección e intensidad del viento; en algunos casos se podrá utilizar para ventilación natural, y en otros será necesario disminuir su intensidad por medio de cortinas rompevientos. El invernadero debe construirse en la misma dirección del viento, con el fin de permitir que las aperturas para la ventilación estén acordes a la dirección del viento. El invernadero debe frenar, lo menos posible, la velocidad del viento, para que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños. Sin embargo, cuando el viento es demasiado fuerte se deben ubicar barreras rompevientos naturales (hileras de árboles) o cortinas artificiales (mallas) que disminuyan su velocidad. La apertura cenital debe estar en dirección contraria al viento para evitar daños a la estructura y facilitar la salida del aire caliente.

La orientación de los surcos del cultivo y dentro del invernadero, no debe impedir la circulación del viento dentro de la estructura.

Orientación
El invernadero se construye generalmente en dirección norte-sur, pues está probado que, en el conjunto del día, la iluminación interna es más uniforme y más constante en este sentido. Sin embargo, otros factores que la determinan son la dirección e intensidad de los vientos y la topografía del terreno (figura 15).

La orientación de las líneas de cultivo (surcos) también debería ser en dirección norte-sur para mejorar la distribución de la luz en las plantas a lo largo del día. Sin

Para la construcción del invernadero debe tenerse en cuenta la calidad de los materiales y la disponibilidad de estos en la zona

embargo, en caso que la dirección del viento sea contraria y los surcos impidan la circulación del viento con esta disposición, se prefiere cambiar la orientación de los surcos para favorecer el intercambio de aire al interior del invernadero.

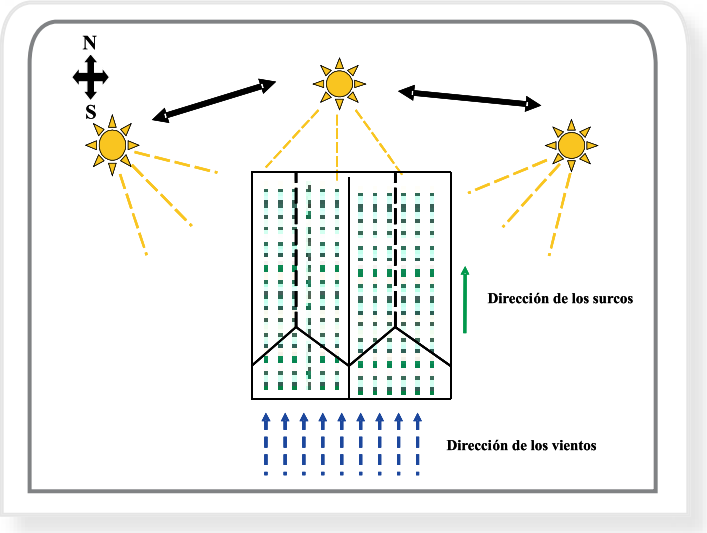


Figura 15. Orientación invernadero

Características de un invernadero

Los materiales para la construcción de los invernaderos pueden ser muy variados. Para los marcos de la estructura se puede usar madera, guadua, hierro, acero galvanizado, aluminio, PVC y 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 costoso pero resistente y duradero, y además permite que la estructura pueda ser trasladada de sitio cuando se requiera (figura 16).

Figura 16. Invernadero en construcción en guadua

La cubierta de los invernaderos debe ser transparente para que las plantas reciban la máxima radiación solar requerida para efectuar la fotosíntesis. 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.

Los techos se pueden construir de materiales como vidrio (figura 17), policarbonato, plástico o zarán, en función del uso que se le vaya a dar al invernadero. Para la producción de tomate el material más popular actualmente es el plástico; los plásticos tienen diferentes espesores, y su durabilidad puede variar de uno a cinco años. Comúnmente se utilizan plásticos de calibre seis con una duración de tres a cuatro años.

Figura 17. Invernadero con cubierta de vidrio

La mayoría de las cubiertas usadas para cubrir invernaderos son hechas de polietileno, el cual tiene múltiples ventajas, entre ellas: peso liviano, bajo costo, flexibilidad, transparencia, fácil manipulación y capacidad para soportar diversas condiciones climáticas.

Los plásticos utilizados para invernaderos deben tener dos tipos de propiedades: mecánicas y ópticas.

Las propiedades mecánicas se refieren a la durabilidad, a los parámetros relacionados con las dimensiones (largo, ancho, grosor, densidad) y a los aditivos ultravioleta; ésta es la más importante entre las propiedades mecánicas de un plástico, ya que le provee a la lámina durabilidad, resistencia al envejecimiento por radiación y previene su degradación.

Las propiedades ópticas tienen una influencia decisiva sobre la producción, la calidad del fruto, el balance energético en el invernadero y el comportamiento de plagas y enfermedades. Se clasifican de acuerdo a la influencia sobre los diferentes campos de radiación:

Cultivar bajo invernadero hace posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas.

Termicidad: El aditivo infrarrojo (IR) habilita la lámina para absorber o reflejar la radiación infrarroja en el rango de 7 a 15 micrones, reteniendo el calor que es acumulado durante el día (energía).

Luz visible: (400–700 nm) máxima transmisión de la luz que es requerida para que las plantas logren adecuado desarrollo y óptima eficiencia fotosintética.

Difusión de la luz: es importante en la producción de tomate bajo invernadero donde hay un alto grado de sombrío entre las plantas. La alta difusión de la radiación ayuda a incrementar la eficiencia fotosintética en las partes sombreadas de las plantas en el invernadero.

Las cubiertas plásticas son sensibles a las condiciones climáticas y son susceptibles al desgarramiento. En épocas de alta temperatura, las láminas de plástico comienzan a dilatarse y su agarre sobre los marcos se reduce; los plásticos también pueden ser dañados durante tormentas o tempestades.

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

1. *Absorción ultravioleta (UV):* aditivos de absorción de UV o bloqueo UV reducen el daño de plagas y previenen la dispersión de enfermedades virales en plantas de tomate.
2. *Anti goteo:* este aditivo previene la condensación en forma de gota sobre el plástico y, consecuentemente, el goteo sobre las plantas, reduciendo la incidencia de enfermedades al desarrollarse condiciones de humedad. La transmisión de luz es también más eficiente cuando no hay condensación sobre la película plástica.
3. *Anti polvo:* este aditivo previene la acumulación de polvo sobre la parte superior de la película de plástico, tanto que la penetración de la luz dentro del invernadero no se reduce. Este aditivo evita el lavado del plástico para limpiar el polvo acumulado sobre la cubierta.
4. *EVA (etileno vinilo acetato):* mejora las propiedades mecánicas y ópticas de las películas al igual que su capacidad de retención de calor.

El vidrio es altamente traslúcido. No permite el escape de los rayos infrarrojos y tiene una larga durabilidad. Sin embargo, es frágil, pesado y relativamente costoso. El policarbonato es uno de los más avanzados, tiene protectores contra los rayos UV y pesa menos que el vidrio y mantiene una buena transparencia por diez años.

Accesorios

- Es necesaria la instalación de cortinas laterales enrollables sobre cada pared para facilitar ventilación. Las cortinas laterales deben ser divididas en dos o más secciones para facilitar su manejo (figura 18).
- Es importante colocar cortinas fijas (baberos - antepechos) (figura 19) en la parte inferior de los laterales y extremos del invernadero. Éstas deben ir selladas abajo con una capa de suelo para eliminar la entrada al invernadero de aire frío en la noche que desplace el aire caliente acumulado en su interior.
- Se recomienda tener doble entrada para el conveniente movimiento del producto. Cada invernadero debe tener una puerta o estructura para cerrar la entrada, para evitar en la noche la entrada de aire frío que desplace el aire caliente (figura 20).
- En invernaderos que no tengan problemas de ventilación se pueden instalar vigas horizontales para la ubicación de mallas que permitan sellarlo completamente a fin de evitar la entrada de insectos.

- El invernadero debería estar preparado para instalar en él equipos que faciliten el control del clima como: ventiladores para calentamiento y circulación del aire, equipos para aplicación de plaguicidas, pantallas térmicas, etc.
- Para la instalación del sistema de tutorado hay que poner vigas o postes perpendiculares a los surcos, el alambre debe ir de poste a poste a lo largo del cultivo, y los postes deben ir en cada extremo del invernadero y no estar soportados en su estructura.
- El alambre del tutorado que va paralelo a los surcos del cultivo debe ser de acero blando galvanizado y tener un diámetro de 3 a 3,5 mm.
- Cubeta lava pies para desinfectar el calzado y evitar la propagación de enfermedades.
- Tanque de almacenamiento para reserva de agua en caso de una emergencia.

Figuras 18. Cortinas laterales

Figuras 19. Baberos o antepechos

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

Figuras 20. Puerta corrediza en invernadero

Características de un invernadero para cultivar tomate

1. Un invernadero para cultivar tomate debería estar diseñado para soportar carga vertical de 35 kg/m^2.
2. El invernadero debería ser diseñado y autorizado por un ingeniero.
3. Los materiales de construcción deben ser durables y resistentes.
4. La dirección de los invernaderos debe ser de norte a sur para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrío en las plantas durante el día.
5. Si el invernadero no tiene aberturas en el techo, la longitud estaría limitada de 36 a 40 metros para favorecer la aireación.
6. La altura del tutorado requerida para producir tomate es, como mínimo, de 2,50 m.
7. La distancia entre invernaderos debe ser, al menos, de 6 metros.
8. Un invernadero debe soportar velocidad de viento hasta 150 km/h. Es recomendable instalar tensores alrededor del invernadero para reforzar su resistencia a vientos fuertes; debería tener una vida útil de, mínimo, 10 años.
9. Los invernaderos deben ser construidos con una pendiente de 0,5 a 1,0% tanto lineal como lateral para el eficiente drenaje de las lluvias.
10. Se debe tener una entrada accesible para la circulación del equipo y la remoción y transporte del fruto.

Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero

1. Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
2. Maximizar la fotosíntesis de las plantas brindando las condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
3. Asegurar la calidad y tamaño del fruto mediante adecuada fertilización y poda.
4. Facilitar consumo de agua.
5. Mantener el microclima de las hojas.

6. Realizar periódicamente análisis físico-químicos del suelo y análisis químico del agua de riego.
7. Eliminar restos vegetales del cultivo anterior y malas hierbas.
8. Usar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.
9. Utilizar densidades de siembra adecuadas para conseguir una buena ventilación e iluminación de las plantas.
10. Eliminar plantas enfermas o partes de éstas.
11. Realizar podas oportunas.
12. Fertilización equilibrada de acuerdo a las necesidades del cultivo.
13. Rotar cultivos.
14. Limpiar y desinfectar las herramientas de trabajo.
15. Limpiar y desinfectar el invernadero, si es posible, antes de iniciar un nuevo ciclo.
16. Ubicar una cubeta lava pies a la entrada del invernadero.
17. Evitar el exceso de humedad con una ventilación adecuada.
18. Evitar el goteo de agua de condensación de los techos.
19. Realizar un adecuado mantenimiento al invernadero.
20. Aplicar principio de manejo integrado de plagas y enfermedades, combinando métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
21. Controlar costos de producción.

Cómo alcanzar las metas

- Analizar las condiciones y necesidades de la zona.
- Planeación agronómica.
- Registros de todas las labores de producción.
- Planeación de las operaciones.
- Especificar cómo se hace cada trabajo.
- Entrenamiento de todo el personal.
- Estar preparado con procedimientos de emergencias.

Sistema de riego por goteo

Es un sistema de riego en el cual, como su nombre lo indica, el agua se aplica gota a gota en la proximidad de las plantas, sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo sino sólo un cierto volumen, que es donde se desarrolla una gran parte del sistema radical, y con mucha frecuencia de aplicación. Así el suelo se puede mantener a capacidad de campo o muy próximo a ella, y las plantas lo absorben sin esfuerzo (figura 21).

La producción bajo invernadero permite la siembra de materiales de tomate seleccionados que exigen condiciones especiales para su producción

Figura 21. Riego por goteo

Los goteros son pequeñas piezas plásticas; los hay de varios tipos: los más recomendables son los autocompensados, que permiten que la presión sea igual a lo largo de toda la manguera. Este sistema garantiza que, por lo menos, el 80% del agua se quede en el sitio donde se la necesita. Los goteros se incorporan o se superponen en una manguera de polietileno, o también se usan cintas con microperforaciones (figura 22). El agua atraviesa un laberinto interno y así pierde presión, y ésta llega a ser tan pequeña que el agua se escurre en forma de gota. El goteo es el método más eficiente en el cultivo, en términos de productividad y calidad, con un aprovechamiento del agua entre 90 y 95%.

Figura 22. Cintas con microperforaciones para riego

La distancia entre goteros se determina en función de la distancia planificada entre plantas, de tal manera que cada planta tenga su propio gotero. En suelos livianos, los goteros deben ponerse más juntos para que el área de enraizamiento sea completamente humedecida sin desperdicio de agua y nutrientes. En estos suelos la infiltración del agua es mucho más rápida, por lo tanto, deben ponerse hasta dos goteros por planta.

Los suelos pesados tienen una baja tasa de infiltración, por lo tanto no es recomendable usar goteros de alto volumen, porque se puede provocar escorrentía por exceso de descarga.

Los goteros son el corazón de todo el sistema de riego por goteo, sin embargo, éste consta de una amplia gama de accesorios adicionales. Dichos componentes han de ser mutuamente compatibles y, además, acomodarse a las exigencias del cultivo y las características de la parcela por regar. Los componentes se agrupan en seis categorías principales:

- Las fuentes de agua y de energía: una estación de bombeo sobre una fuente de agua superficial o subterránea, o bien una conexión a una red pública, comercial o cooperativa.
- El sistema de conducción: las tuberías de conducción (la principal y las secundarias) y las de distribución (el porta-laterales).
- Los laterales de goteo.
- Los accesorios: de medición y de control (válvulas, medidores de volumen y de la presión de agua, reguladores de presión y de caudal), accesorios de protección (válvulas de aire y de vacío, válvulas de chequeo y accesorios para la automatización), controladores de riego.
- El sistema de filtrado.
- El equipo para la inyección de productos agroquímicos y para el tratamiento del agua.

Ventajas del riego por goteo

- Mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los fertilizantes como consecuencia de ser suministrados disueltos en el agua de riego.
- Aplicación exacta y localizada del agua: el agua se aplica con precisión sobre un volumen restringido del suelo, de acuerdo con la distribución de las raíces del cultivo. Un manejo apropiado del riego puede reducir a un mínimo las pérdidas de agua y de nutrientes más allá de la zona de enraizamiento.
- Equilibrio apropiado entre el aire y el agua en el suelo: el volumen del suelo mojado mediante el riego por goteo contiene, por lo general, más aire (oxígeno) que el riego por aspersión.
- Al disminuir la superficie humedecida mediante el riego por goteo, se reducen a un mínimo 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: al reducir el área humedecida se limita la germinación y el desarrollo de las malezas.
- Aplicación integrada del agua y de los nutrientes: la aplicación conjunta de los nutrientes con el agua de riego sobre el 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.

Para disminuir el riesgo de problemas sanitarios durante el desarrollo del cultivo las BPA sugieren usar un sistema de riego que permita controlar las condiciones de humedad dentro de los invernaderos.

- No interfiere con las demás labores de campo: El humedecimiento parcial de la superficie del suelo no interfiere con las demás actividades de campo, como son la labranza, la aplicación de plaguicidas, el raleo, la cosecha, etc.
- No se ve afectada por el viento: a diferencia del riego por aspersión, el viento no afecta el riego por goteo, el cual puede continuar ininterrumpidamente aun bajo vientos de alta intensidad.
- 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.
- Ahorro de mano de obra.

Desventajas del riego por goteo

- Riesgo de obturación: las pequeñas dimensiones del conducto por el cual fluye el agua hacen que los goteros sean susceptibles a la obturación por partículas sólidas, materia orgánica en suspensión y, además, por sustancias que se depositan o se precipitan debido a reacciones químicas que ocurren en el agua de riego, lo que implica que la planta no reciba agua (figura 23).

Figura 23. Obturación de emisores, donde la planta no recibe agua

- Inversión de alto monto.
- Imposibilidad de modificar el microclima: mientras que el riego por aspersión es capaz de amenguar el efecto de condiciones climáticas extremas, reduciendo la temperatura durante horas de calor excesivo, o aumentando la temperatura durante las heladas, el riego por goteo no afecta el microclima.
- Volumen restringido de las raíces: la aplicación frecuente del agua a un volumen limitado del suelo conlleva el desarrollo de un sistema radicular restringido y, ocasionalmente, muy superficial. Como consecuencia, el cultivo depende de la reposición frecuente del agua consumida y se vuelve más susceptible a "estrés hídrico" cuando el clima es más seco y caluroso.
- Se necesita un personal más calificado.

Mantenimiento del sistema de riego por goteo

Un sistema de riego por goteo requiere mantenimiento cuidadoso. En primer lugar, se debe hacer un adecuado mantenimiento a las mangueras después de cada ciclo de cultivo para asegurar que no haya goteros taponados que impidan el paso del agua; también, durante el desarrollo del cultivo, inspeccionar permanentemente el funcionamiento de cada gotero y evitar taponar las mangueras durante el aporque (figura 24).

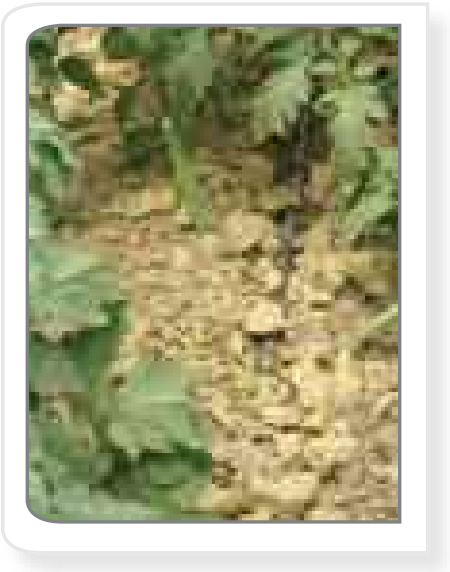


Figura 24. Taponamiento de las mangueras por aporques de tierra

Hay que prestar atención especialmente a los puntos débiles del sistema:

- Los estrechos conductos de agua dentro de los goteros son propensos a su obturación.
- Las cintas fabricadas para resistir bajas presiones de operación son sumamente sensibles y pueden reventarse cuando se las expone a picos de presión.
- Los sistemas de filtrado se pueden obturar por las partículas retenidas, lo cual reduce la capacidad de filtrado y ocasiona pérdidas de presión que afectan en el sistema entero.
- Los sedimentos tienden a acumularse cerca del extremo final de los porta laterales, lo cual hace necesario lavarlos periódicamente.

La mejor forma de realizar el mantenimiento es revisar el sistema entero periódicamente y en forma ordenada. El intervalo entre las inspecciones depende de la calidad del agua y las características de los componentes del sistema. Las inspecciones se deben hacer cada semana, cada mes e, incluso, cada semestre si las condiciones son sumamente favorables.

El riego por goteo permite una aplicación exacta y localizada del agua.

El monitoreo de un sistema de riego por goteo no es una tarea sencilla. Es bien difícil observar visualmente la uniformidad de la aplicación del agua por los emisores de bajo caudal. La operación defectuosa del sistema se manifiesta visualmente en plantas estresadas y escurrimiento superficial del agua. Sin embargo, es posible evaluar aproximadamente el comportamiento del sistema.

El primer paso es medir la descarga horaria en el medidor/contador de agua en el cabezal principal y compararla con la descarga de diseño, con el número (aproximado) de emisores y su descarga nominal y con datos de registro anteriores. Cualquier desviación de la descarga de norma es indicio de algún problema: una descarga inferior a la del diseño es indicio de obturación, y una descarga superior a la del diseño puede ser indicio de la ruptura de alguna tubería, ya sea en la tubería de conducción, de algún porta–laterales o de algún lateral.

El segundo paso consiste en chequear todos los manómetros y tomas de presión en el sistema y comparar la presión durante cada turno con la de diseño.

Tanto los reguladores de presión mecánicos como los hidráulicos emplean resortes, los cuales se debilitan con el tiempo y, por lo tanto, deben ser revisados y calibrados por lo menos cada dos años.

Si el sistema incluye una unidad de bombeo, hay que darle el mantenimiento indicado por el fabricante en todo lo que se refiere a su lineamiento, lubricación, engrasado, etc. Como la bomba y el motor se desgastan, se recomienda realizar una evaluación periódica, por lo menos cada cinco años, o menos, si el agua acarrea arena. Esto garantiza la prolongación de la vida útil del equipo.

El lavado periódico de las tuberías de conducción, los porta-laterales y los laterales es una condición necesaria e indispensable para el mantenimiento del sistema. La mejor forma de realizar este lavado manualmente es abrir de manera gradual, uno a uno, los extremos finales de las tuberías mencionadas y dejar fluir el agua hasta que comienza a salir agua limpia. También es posible instalar válvulas de lavado automático al extremo de los laterales, las cuales permanecen abiertas por corto tiempo al inicio de cada turno de riego.

Durante el lavado también se libera el aire atrapado en los laterales, sobre todo si el terreno tiene ondulaciones. Para expulsar el aire se requiere una velocidad mínima de 0,5 a 0,6 m/s a la salida del lateral.

Así mismo se debe chequear la operación del equipo para la inyección de agroquímicos al sistema. Una concentración excesiva de fertilizantes puede ocasionar daños por exceso de sales. Un desperfecto de operación puede combinar agroquímicos incompatibles o producir antagonismo entre ellos.

Generalidades del cultivo

Origen y distribución

El tomate es originario de América del sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Las formas silvestres de "tomate cereza", *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, originarias de Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre; en la lengua nahua de México era llamado *tomatl*, que sin lugar a dudas dio origen a su nombre actual.

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

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió probablemente por España, entre 1523, año de la conquista de México y 1524, cuando aparecieron las primeras descripciones publicadas por el italiano Pier Andrea Mattioli. 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 y color de sus frutos.

Vale la pena anotar que esta planta en principio se consideró como venenosa, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas, razón por la cual se le dio el nombre de "manzana del amor" o *pomi d´oro* (manzana dorada), término que originó el actual nombre italiano, *pomodoro*. La razón de este nombre, sin duda, se debe a que los primeros cultivos italianos producían frutos de color amarillo. Los italianos fueron los primeros en cultivar el tomate y probablemente los primeros que lo utilizaron en la alimentación humana, a mediados del siglo XVIII.

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

Sólo a partir del siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo.

En 1900 surgió la primera variedad mejorada, denominada ponderosa, a partir de la cual se obtuvo la mayoría de las variedades americanas actuales, junto con los materiales colectados en la región de origen durante las décadas de los veinte y los treinta.

Clasificación taxonómica

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia solanaceae y al género *Lycopersicon* (tabla 1). *L. esculentum* es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas.

Tabla 1. Contexto taxonómico del género Lycopersicon.

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

Valor nutricional y medicinal

El tomate es una rica fuente de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico.

Tabla 2. Composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco

Elemento	Cantidad
Agua	93,5%
Proteína	0,9 g
Grasa	0,1 g
Calorías	23
Carbohidratos	3,3 g
Fibra	0,8 g
Fósforo	19 mg
Calcio	7 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina A	1,100 UI
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,02 mg
Vitamina C	20 mg
Niacina	0,6 mg

El tomate es rico en licopeno, pigmento que le proporciona su característico color rojo, y que también se encuentra en la sandía, la zanahoria, el albaricoque y el pomelo; la diferencia es que el tomate tiene mayor proporción de este pigmento, hasta el punto de que proporciona el 90% del necesario para el organismo.

El licopeno es el más potente de los antioxidantes, se ha demostrado que esta sustancia puede prevenir e incluso combatir el cáncer porque protege las células de los efectos de la oxidación. El licopeno se libera sobre todo al cocinarse, y por eso es bueno comerse el tomate en salsa y, en lo posible, acompañado con aceite o queso, porque así se absorbe mejor. El tomate también posee el antioxidante glutation, que ayuda a depurar el organismo de productos tóxicos e impide la acumulación de materiales pesados.

El consumo de tomate, entre sus propiedades, estimula el sistema inmune, lo cual ayuda a detener las enfermedades degenerativas. Es recomendado además 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. El tomate es un conocido remineralizante y desintoxicante. Además de las toxinas que expulsa debido a su efecto diurético, también se encarga de eliminar el ácido úrico y reducir el colesterol.

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

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.

El 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. Éste 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.

La flor
Es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; 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 éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se

El tomate tiene un importante valor nutricional, ya que, es una fuente de vitaminas y minerales

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 2-3 hojas (figura 25).

Las hojas
Son compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares (figura 26). Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

Figura 25. Floración del tomate

Figura 26. Hoja de una planta de tomate

La 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.

Dentro de la raíz se encuentra la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, además el cortex y el cilindro central donde se sitúa el xilema.

El fruto
Es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate (figura 27). Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La maduración del fruto puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos 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.

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 frutos tipo milano o ensalada se recolectan con una porción de cáliz, mientras que en los tipos chonto su presencia es indeseable.

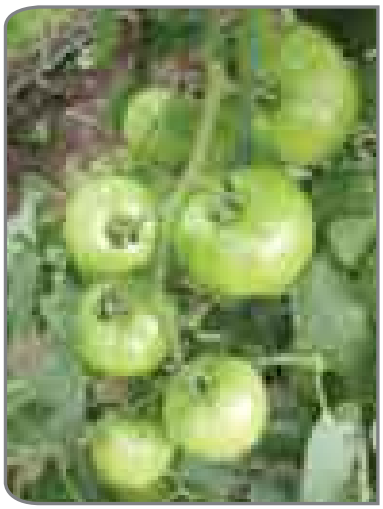


Figura 27. Frutos de una planta de tomate

La semilla

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa.

Tipos de tomates

En el comercio existen diversas formas, colores y tamaños de tomates (figura 28); en nuestro país es muy común encontrar tomates de forma arriñonada que se conocen comúnmente como tomates tipo riñón que se consumen preferentemente en verde, hasta formas achatadas y semiachatadas en los tipo milano, y cuadrado o semiovalado en los tipo chonto.

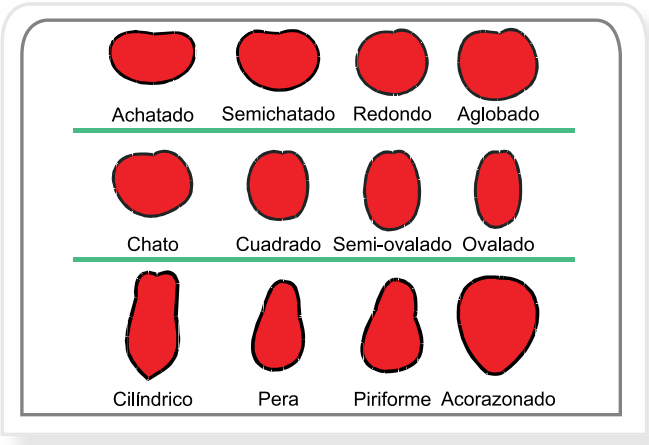


Figura 28. Formas de tomates

El tomate es un fruto que presenta diferente tamaño, forma, consistencia, composición y color, al madurarse pueden ser rojos, rosados o amarillos.

Los tomates se diferencian de acuerdo con su uso, ya sea para consumo en fresco o industrial, y según la forma externa de los frutos. Generalmente se tienen cuatro tipos: milano, chonto, cherry e industrial.

Milano
Se utiliza principalmente en ensaladas, en forma de rodajas y se consume maduro o verde, siendo más preferido en verde, principalmente por los restaurantes. El tipo milano es de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y con un peso promedio entre 200 y 400 gramos. Este tipo de tomate tiene mayor valor comercial y palatabilidad (figura 29).

Chonto
Los tomates tipo chonto son de forma redonda a ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos, y tienen un peso promedio de 70 a 220 gramos. Se consumen en fresco y son utilizados en la preparación de guisos o pastas (figura 30).

Figura 29. Tomate tipo milano

Figura 30. Tomate tipo chonto

Cherry
El tipo cherry (figura 31) posee frutos de tamaño muy pequeño, de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso promedio de 10 gr, se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos y existen variedades de colores muy variables, como amarillos, rojos o naranjas. Los frutos pueden ser del tipo pera o redondos. Su consumo preferentemente es en fresco, como pasabocas, en cócteles y para decorar platos.

Industrial
Se caracteriza por tener gran cantidad de sólidos solubles que lo hacen atractivo para su procesamiento, principalmente en la producción de salsas y pastas. Su forma puede variar, desde redondo hasta piriforme, y es de un color rojo intenso (figura 32).

Figura 31. Tomate tipo cherry

Figura 32. Tomate tipo industrial

Tomates larga vida
Es un tipo de tomate reciente que se distingue por haber sido mejorado específicamente para una conservación más prolongada o larga vida en poscosecha. Estos tomates se han obtenido mediante cruzamientos con mutantes de maduración lenta (con el gen rin y gen nor), o por medio de ingeniería genética, introduciendo al germoplasma genes antisentido que causan una maduración lenta. Las variedades con el gen rin tienen un 20 a 50% más de larga vida que las variedades normales, y las variedades mejoradas con el gen nor tienen un 50 a 100% más de larga vida que las variedades comunes.

Se usan en cultivos al aire libre o en invernaderos, y sus frutos son similares a otros, excepto por su larga vida útil en poscosecha y su gran dureza. En el país la tendencia es utilizar híbridos de tomate con mayor larga vida en poscosecha, principalmente en las variedades tipo milano.

Las casas comerciales de semillas actualmente ofrecen gran diversidad de materiales de tomate tipo chonto y milano con resistencia a determinados problemas fitosanitarios, entre otros, el virus del mosaico del tabaco (Tm), (TMV), el *Fusarium oxysporum lycopersici* (razas 1 y 2) (F_1, F_2), el *Verticillium dahliae* (V), el *Alternaria solani*, el *Fulvia fulva* (5 razas), el *Pyrenochaeta lycopersici* (P), el *Stemphylium*

El tomate riñón se consume preferentemente verde y en ensaladas y el chonto maduro en aliños.

solana, el *Pseudomonas solanacearum*, el *Meloidogyne* sp (N), el *Cladosporium* fulvum, razas A y B (C_2), y el *Cladosporium fulvum*, razas A, B, C, D (C_5). Sin embargo, estos materiales mejorados para ser sembrados deben ser primero evaluados por los agricultores, con el fin de confirmar sus características de resistencia y que su grado de adaptación y rendimientos sea alto, de acuerdo a las zonas de producción.

Es de anotar que en el mundo existen grandes cantidades de grupos de mejoramiento alrededor del tomate para la obtención de nuevas variedades, por lo que la lista de variedades recomendadas puede cambiar de acuerdo al progreso en los procesos de mejoramiento. Las nuevas variedades son generalmente seleccionadas por su mayor producción, calidad y resistencia a ciertos problemas fitosanitarios.

Tomates en racimo
Son variedades con frutos medianos que tienen la particularidad de que todos los frutos en el mismo racimo llegan al estado maduro al mismo tiempo (figura 33), lo que permite su cosecha cortándolo como un racimo de uvas y no cosechando los frutos en forma individual como en las variedades tradicionales. El número de frutos por racimo varía de seis a nueve según la variedad. Los tomates en racimo son un producto exótico, al cual se le da un valor agregado que mejora la forma de presentación comercial de los frutos de tomate y su consumo puede ser en fresco o para decoración de platos.

Figura 33. Tomates cosechados en racimo

Variedades o híbridos para la producción de tomate bajo invernadero

Según el hábito de crecimiento, las variedades pueden ser determinadas e indeterminadas. Las variedades de hábito determinado (figura 34) son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas, poseen inflorescencias apicales y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas. Las variedades de tomate para agroindustria son por lo general de hábito indeterminado, con frutos en forma de pera o ciruela, redondos, alargados, acorazonados o cilíndricos. Las variedades de hábito indeterminado (figura 35) tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo; la floración, fructificación y cosecha se extienden por períodos muy largos. Las variedades de tomate para mesa y tipos chonto y cherry tienen por lo general hábito indeterminado, y las plantas necesitan de tutores que conduzcan su crecimiento. Bajo invernadero, en el país se cultivan las variedades de crecimiento indeterminado.

Figura 34. Tomate de crecimiento determinado

Figura 35. Tomate de crecimiento indeterminado

La producción de tomate bajo invernadero se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad y a algunas se les ha incorporado resistencia a enfermedades. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas, y que en la etiqueta se incluya las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla. Además, que hayan sido evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar.

La elección de un híbrido o una variedad específica depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor. El material para sembrar será aquel que reúna todas las exigencias de cada agente de la cadena de producción. El productor selecciona un material de alto rendimiento, adaptado a sus condiciones agroecológicas, con resistencia a enfermedades, considerando principalmente los antecedentes fitosanitarios, del suelo y del clima del área donde se cultivará, y con una vida poscosecha adecuada para resistir la manipulación y soportar el transporte a los centros de comercialización. Para los comercializadores y distribuidores de mercado, la apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida en estante son los factores más importantes. Por otra parte, los consumidores consideran de buena calidad un tomate firme, de color y maduración uniforme, de buen sabor y contenido nutricional, y posiblemente con una mayor larga vida en estante.

Bajo invernadero se deben elegir aquellas variedades de crecimiento indeterminado que permitan obtener mayores rendimientos.

Variedades tipo chonto

Tomate híbrido torrano (Casa comercial: Seminis)
Material de crecimiento indeterminado, larga vida estructural, son plantas vigorosas, producción promedio de 7 a 10 kg por planta, frutos con peso promedio de 152 gramos, grandes, rojos, muy firmes y brillantes. Es tolerante a bajas temperaturas. Resistente al virus del mosaico, *Verticillium*, *Fusarium* y nematodos. Presenta amplia adaptación en zonas de clima frío y clima medio (figura 36).

Tomate híbrido 9206 (Casa Comercial: Nirit Seed)
Material de crecimiento indeterminado, plantas uniformes, buena coloración y firmeza, sabor excelente y color rojo intenso. Resistente a virus del mosaico, Verticillium, Fusarium, y alternaria, nematodos (la resistencia a nematodos puede quebrarse cuando la temperatura del suelo excede los 28º C) (figura 37).

Figura 36. Tomate híbrido torrano

Figura 37. Tomate híbrido 9206

Tomate híbrido 9207 (Casa Comercial: Nirit Seed)
Plantas uniformes de crecimiento indeterminado, uniformes, buena coloración y firmeza, sabor excelente y color rojo intenso. Resistente a nematodos y alternaria (la resistencia a nematodos puede quebrarse cuando la temperatura del suelo excede los 28º C) (figura 38).

Tomate híbrido débora max F1 (Casa Comercial: Sakata)
Es un tomate tipo chonto híbrido de larga vida estructural, presenta plantas vigorosas y productivas, de crecimiento indeterminado, frutos de excelente calidad, color rojo intenso, con peso promedio entre 140 a 160 g y excelente carga de frutos en el tercer tercio de la planta. Resistente a la raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y nematodos (*Meloidogyne incognita* y *M. Javanica*). Inicia cosecha de los 100 a los 115 días y se adapta a alturas desde el nivel del mar hasta los 1.800 metros (figura 39).

Figura 38. Tomate híbrido 9207

Figura 39. Tomate híbrido débora max

Tomate híbrido débora plus F1 (Casa Comercial: Sakata)
Tomate tipo chonto de larga vida estructural, son plantas vigorosas y productivas de crecimiento indeterminado, con frutos de excelente calidad y de un color rojo intenso, peso de 130 a 140 g. Inicia cosecha de los 100 a los 115 días. Diámetro promedio del fruto 4,3 cm., longitud promedio de fruto 6 cm. Es resistente a la raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*), y nematodos (*Meloidogyne incógnita* y *M. Javanica*) (figura 40).

La elección de un híbrido o una variedad de tomate depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor.

Tomate híbrido calima (Casa Comercial: Impulsemillas)
Material de crecimiento indeterminado, precoz, se adapta a climas cálidos y medios, plantas vigorosas con hojas de color verde oscuro, frutos con peso promedio de 160 gramos, grandes, rojos, muy firmes y brillantes. Resistente al virus del mosaico, *Verticillium, Fusarium* y nematodos (figura 41).

Figura 40. Tomate híbrido débora plus

Figura 41. Tomate híbrido tipo calima

Tomate híbrido santa fe (Casa comercial: Rogers)
Híbrido de crecimiento indeterminado, tipo chonto, con racimos florales numerosos y homogéneos. Ideal para cultivo a campo abierto o en invernadero. Permite su cultivo de uno o dos tallos siempre que se controle el número de frutos por racimo. Es altamente exigente para un buen manejo agronómico especialmente con relación a la nutrición. Por su extraordinaria consistencia, el fruto tiene una vida media de mostrador más larga, ideal para su manejo en la cadena de comercialización y en el punto de venta. Es resistente a la peca bacteriana (*Pseudomona* sp.), un problema limitador en varias zonas tomateras del país. No tiene resistencia a nematodos (figura 42)

Figura 42. Tomate híbrido santa fe

Tomate híbrido santa clara (Casa comercial: Seminis)
Son plantas de crecimiento indeterminado, muy productivas, con frutos de color rojo intenso, de buen brillo y uniformes. Ideal para zonas tropicales y cálidas. Es resistente al aborto floral y a enfermedades causadas por nematodos, verticilium, y fusarium, entre otras (figura 43).

Tomate híbrido kyndio colombia (Casa comercial: Seminis)
Es un tomate de hábito indeterminado, tipo chonto, con alto rendimiento y excelente uniformidad, se caracteriza por su gran vigor, tamaño y tolerancia a bajas temperaturas; con tallo fuerte y entrenudos cortos, lo cual permite una formación de racimos más concentrada y uniforme. El fruto es de muy buen tamaño y peso. Al madurar, su interior es rojo, de textura suave y jugosa. El peso promedio del fruto es de 157 gramos. Resistente a verticillium y fusarium razas 1 y 2; susceptible a nematodos (figura 44).

Figura 43. Tomate híbrido santa clara

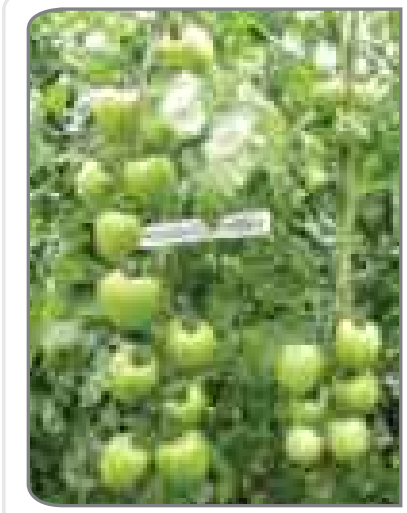


Figura 44. Tomate híbrido kyndio colombia

Variedades tipo milano

Tomate híbrido granitio (Casa comercial: Seminis)
Material de crecimiento indeterminado, larga vida, plantas de buen vigor, de porte bajo, con entrenudos cortos, frutos con buena firmeza, peso promedio de 195 gramos, a la maduración presenta un color rojo anaranjado, resistente a nematodos, excelente cierre pistilar. Inicia cosecha a los 80 días aproximadamente (figura 45).

El productor para la selección de material de siembra como una Buena Práctica Agrícola debe evaluar que éste se adapte a las condiciones agroecológicas de la zona.

Tomate híbrido astona F1 (Casa comercial: Impulsemillas)
Híbrido tipo milano de crecimiento indeterminado para invernadero o campo abierto, plantas vigorosas, con excelentes rendimientos, frutos grandes con un peso promedio de 214 gramos, de forma globosa, algo achatados, de excelente sabor y color, maduración normal, de corteza y pulpa duras, buen llenado, y al partirlos en tajadas no se deforman. 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 los 100 días. Resistente a la raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*), nematodos (*Meloidogyne incógnita* y *M. Javanica*) y tolerante al blotchy o maduración manchada (figura 46).

Figura 45. Tomate híbrido Granitio

Figura 46. Tomate híbrido astona

Tomate híbrido aurora F1 (Casa comercial: Impulsemillas)
Híbrido tipo milano para invernadero o campo abierto, larga vida, en clima frío bajo cobertura resiste bien bajas temperaturas. Es una planta de crecimiento indeterminado, con hojas grandes y de buen cubrimiento. Frutos grandes, globosos algo achatados, de 220 a 270 gramos y de buen color. Inicia producción de los 70 a los100 días. El diámetro promedio del fruto es de 7,6 cm, y su longitud promedio de 6 cm; el porcentaje de frutos de primera es de 91%, de segunda 8% y de tercera 1%. Resistente a raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y al virus del mosaico del tabaco (figura 47).

Figura 47. Tomate híbrido aurora

Tomate híbrido rebeca F1 (Casa comercial: Sakata)
Híbrido tipo milano de larga vida (gen Rin), plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad, de crecimiento indeterminado y entrenudos cortos; frutos sabrosos y uniformes, de color rojo intenso y peso promedio de 180 g, con un diámetro promedio

de 5,2 cm y una longitud promedio de 5,1 cm. Es resistente a raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y raza 1 del virus del mosaico del tomate (ToMv). Ideal para transporte a larga distancia. Inicia cosecha de los 90 a los 100 días (figura 48).

Figura 48. Tomate híbrido rebeca

Tomate híbrido sheila F1 (Casa comercial: Sakata)
Híbrido tipo milano de larga vida, plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad, de crecimiento indeterminado y entrenudos cortos; frutos sabrosos y uniformes, de color rojo intenso, con peso promedio de 165 gramos, con diámetro de 5,6 cm en promedio y longitud promedio de 5,6 cm. Es resistente a raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y raza 1 del virus del mosaico del tomate (ToMv). Ideal para transporte a larga distancia, se adapta a alturas desde el nivel del mar hasta 1.800 metros. Inicia cosecha de los 90 a los 100 días. No tiene resistencia a nematodos (figura 49).

Figura 49. Tomate híbrido sheila

Es una Buena Práctica Agrícola comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas, que en la etiqueta incluya las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla.

Tomate híbrido reina F1 (Casa comercial: Impulsemillas)
Híbrido de larga vida estructural, ideal para invernadero o campo abierto, con buena resistencia a bajas temperaturas. De crecimiento indeterminado. Posee frutos de 200 a 250 gramos, de forma globosa, achatados, con tres a cuatro lóculos, de paredes gruesas, muy firmes y de buen color. El diámetro del fruto es de 8,7 cm aproximadamente, y la longitud promedio es de 6,8 cm. Cuenta con un porcentaje de frutos de primera del 93%, de segunda 6% y de tercera 1%. Es resistente o tolerante al virus del mosaico del tabaco, razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*), raza 1 de verticilium (*Verticillium dahliale*) y nematodos (figura 50).

Tomate rocío (Casa comercial: Rogers)
Planta con vigor mediano a alto, entrenudos cortos y muy precoz. Alto potencial de rendimiento. Fruto con calibre grande, de 280 a 300 gramos, excelente color, y firmeza destacada, tipo larga vida. Resistente al virus del mosaico del tabaco, razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*), raza 1 de verticillium (*Verticillum dahliale*), y nematodos (figura 51)

Figura 50. Tomate híbrido reina

Figura 51. Tomate rocío

Tomate híbrido monalisa F1 (Casa comercial: Sakata)
Es un híbrido tipo milano de larga vida estructural, plantas vigorosas, productivas, de alta precocidad, y de crecimiento indeterminado; frutos uniformes, de color rojo intenso a la maduración, su diámetro es de 6,4 cm, la longitud promedio es de 5,9 cm. Resistente a raza 1 de verticillum (*Verticillum dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y raza 1 del virus del mosaico del tomate (TMv). Inicia cosecha de los 90 a los 100 días (figura 52).

Figura 52. Tomate híbrido monalisa

Tomate titán F1 (Casa comercial: Sakata)
Material larga vida, frutos con peso promedio de 178 gramos, resistente a verticillium raza 1 y fusarium raza 1, susceptible a nematodos, frutos de sabor excelente y color rojo intenso (figura 53).

Figura 53. Tomate titán

Considerar el vigor, uniformidad, producción, calidad y resistencia a enfermedades de la variedad o hibrido a elegir se constituye en una Buena Práctica Agrícola.

Fenología del cultivo

La duración del ciclo del cultivo de tomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada.

El desarrollo del cultivo comprende dos fases: una vegetativa y otra reproductiva. La fase vegetativa se inicia desde la siembra en semillero, seguida de la germinación, la emergencia y el transplante a campo, el cual se realiza con un promedio de tres a cuatro hojas verdaderas, entre 30 a 35 días después de la siembra (figura 54) y a partir del trasplante hasta el inicio o aparición del primer racimo floral.

La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 y los 35 días después del transplante, el llenado del fruto, que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo, iniciándose la cosecha a los 90 días, con una duración de tres meses para una cosecha de 8 a 10 racimos. En total la fase reproductiva tiene una duración de 180 días aproximadamente.

Figura 54. Fases fenológicas de un cultivo de tomate

Agroecología del cultivo

Temperatura

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

En un invernadero, cuando se produce un aumento de temperatura, ésta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos que es necesario conocer en las plantas cultivadas en invernadero (tabla 3)

Tabla 3. Temperaturas y efectos producidos en tomate

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

El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21 y 27º C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 y 26º C y durante la noche entre 14 y 17º C (tabla 4).

Tabla 4. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas

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

Humedad

La humedad relativa ideal para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 65 y un 75% para su óptimo crecimiento y fertilidad.

Luminosidad

El tomate requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes.

Ventilación

El porcentaje de humedad relativa dentro del invernadero determina el éxito de cada fase vegetativa de los cultivos, de ahí la importancia de su control. Los métodos

El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas, sin embargo, la temperatura óptima para su crecimiento está entre 21 y 27º C.

o formas de aireamientos varían de acuerdo con el modelo de invernadero empleado. El porcentaje de ventilación varía en función del clima de cada región y de un tipo de cultivo a otro. En general, las regiones de humedad relativa elevada exigen sistemas más eficientes de ventilación o mayor porcentaje de área de ventilación. Con la experiencia adquirida en el manejo de la ventilación dentro del invernadero, la investigación y la práctica, se podrá determinar el porcentaje de ventilación para cada caso, cuyo cálculo se puede realizar con la siguiente fórmula:

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

En el caso de corrientes de vientos calientes o fríos, se ve afectada la floración y se altera el balance fotosintético de las hojas. Los vientos fuertes, asociados con humedad relativa alta, favorecen el ataque de enfermedades bacterianas y de hongos. En este caso, se requiere la implementación de un cortavientos para reducir la velocidad del viento, su uso permite atenuar los daños mecánicos de vientos fuertes sobre las plantas, contribuye a disminuir la evapotranspiración del cultivo y, en consecuencia, las necesidades de riego, y a mantener la temperatura del invernadero para evitar que se enfríe, proporcionando un mayor balance térmico. El cortavientos natural y tradicional con base en árboles, arbustos, especies aromáticas arbustivas o cañas está paulatinamente siendo sustituido por el de mallas de polietileno o polipropileno. Las barreras cortavientos deben estar ubicadas a una distancia de 6 a 8 m del invernadero para evitar la interferencia de la luz.

En el caso de que los vientos no sean fuertes, y no causen daño al cultivo, no se deben poner barreras contravientos, ya que impiden la ventilación dentro del invernadero.

Suelo

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, aunque los más indicados son los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno y capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes. El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 para garantizar la máxima disponibilidad de nutrientes (figura 55), debe estar libre de piedras y malas hierbas y, sobre todo, ser uniforme.

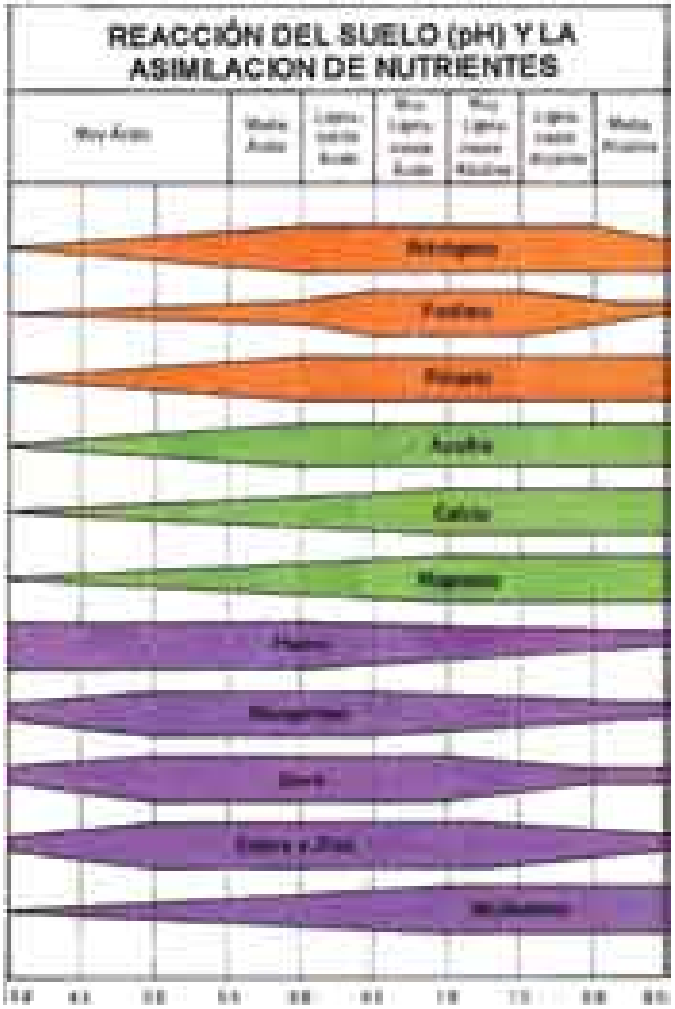


Figura 55. Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo

Manejo del clima dentro del invernadero

El manejo del clima al interior del invernadero es uno de los pasos fundamentales para alcanzar altas productividades.

El tomate es una planta sensible a cambios extremos de altas y bajas temperaturas y altas o bajas humedades relativas, por tanto es necesario mantener éstas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo.

Cuando las temperaturas son mayores de 25° C y menores de 12° C la fecundación es defectuosa o nula, porque se disminuye la cantidad y calidad del polen, lo que produce caída de flores y deformación de frutos. Con temperaturas menores de 12° C se producen ramificaciones en las inflorescencias. En cuanto al fruto, éste se puede amarillear si se presentan temperaturas mayores de 30° C y menores de 10° C. En general, la diferencia de temperatura entre el día y la noche no debe ser mayor de 10° C.

El manejo del clima al interior del invernadero es uno de los pasos fundamentales para alcanzar altas productividades.

Las consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas son:

- Reducción de la cantidad y la viabilidad del polen.
- Reducción de la cantidad de flores y frutos por inflorescencia (figura 56).
- Distorsión de las anteras, lo que impide una adecuada polinización.
- Elongación del estilo por encima de las anteras, lo que dificulta la polinización.
- Asimetría en la forma de la inflorescencia.
- Cambios morfológicos dados principalmente por la elongación y escasez de los entrenudos.
- Apariencia de debilidad en las inflorescencias.
- Retraso en la aparición de la primera inflorescencia sobre el tallo principal.
- Mala fecundación de frutos y mal llenado de frutos.

Figura 56. Reducción de flores y frutos por altas temperaturas

Las consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas son:

- Reducción de la viabilidad y cantidad del polen.
- Distorsión y elongación del ovario y deformación de fruto.
- Distorsión de los estambres y, por lo tanto, mala polinización.
- Elongación de frutos.
- Entrenudos cortos, densos y plantas compactas (figura 57).
- Reducción de la cantidad de flores y frutos por inflorescencia.

Figura 57. Entrenudos cortos por bajas temperaturas

Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades como *Phytophthora infestans, Botritys cinerea y Erwinia carotovora*, y se presentan desórdenes que afectan los frutos, como son: manchado, que produce una maduración por parches asociada también a una deficiencia de potasio; grietas o rajaduras radiales o concéntricas; cara de gato o malformación,

y frutos huecos. Además, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y las flores pueden caerse.

Cuando la humedad relativa es baja y la temperatura es alta se debe ventilar para facilitar la circulación del aire. Esta situación, además, origina mayor tasa de transpiración, y puede causar estrés hídrico, mayor actividad radicular y cierre estomático, lo que reduce la actividad fotosintética de la planta y la absorción de agua y nutrientes. Bajo estas condiciones, se ve favorecida la aparición del desorden fisiológico conocido como podredumbre apical o culillo, causado por la deficiencia de calcio. La humedad relativa baja también seca el polen y genera anomalías en la fecundación, produce igualmente frutos pequeños, deformes y huecos.

En el caso contrario, cuando la humedad dentro del invernadero es excesiva, se reduce la transpiración de las hojas, lo que lleva a la planta a desplazar el agua absorbida hacia los frutos, lo cual ocurre con tanta presión que puede provocar que los frutos se rajen.

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

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

La producción y su calidad se ven severamente afectadas por la sombra artificial o por la acumulación de polvo sobre la superficie externa de los plásticos (figura 58), lo cual reduce la cantidad e intensidad de la luz dentro del invernadero. La luminosidad también se ve afectada cuando se utilizan altas densidades de siembra, ya que las mismas plantas se producen sombra entre sí. Igualmente, el exceso de estructuras dentro del invernadero, principalmente en el tutorado, reduce la cantidad de luz.

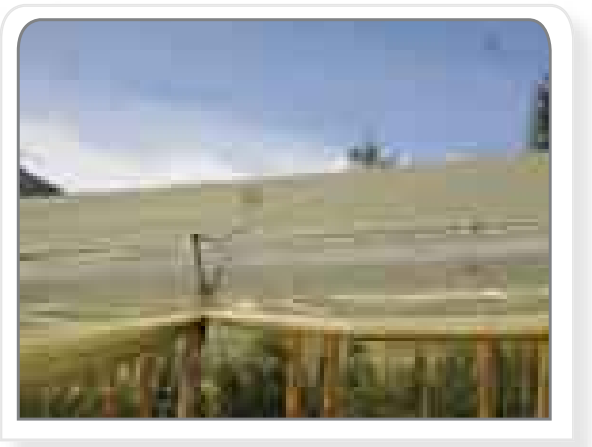


Figura 58. Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero

Los invernaderos deben tener la mayor ventilación posible para evitar la aparición de desordenes fisiológicos en las plantas.

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

Cuando la luminosidad es escasa dentro del invernadero, las plantas tienden a un aislamiento buscando la luz, los tallos a ser débiles, y disminuye la producción. La baja luminosidad también incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, ya que reduce la viabilidad del polen, limita la evapotranspiración, y disminuye la absorción de agua y nutrientes llevando la planta a una posible deficiencia de calcio, lo que se conoce comúnmente como podredumbre apical del fruto.

Los principales propósitos para la ventilación dentro del invernadero son: enriquecer el interior con Co_2, y remover la humedad, el exceso de calor, y los gases tóxicos.

En un invernadero el ambiente es cerrado, la circulación del aire es limitada y la temperatura es más alta que en el exterior, en el día alcanza niveles máximos y en las horas de la noche baja a niveles mínimos. La humedad relativa generalmente se incrementa en las horas de la noche, alcanza sus niveles máximos hacia la madrugada y sus niveles más bajos en las horas de medio día. Estos cambios extremos de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero son la principal causa de bajas en la productividad, porque se incrementa la incidencia de enfermedades, disminuye la polinización y el cuajamiento del fruto y éste se deforma. Este problema es más frecuente en zonas donde predomina la humedad relativa alta.

Durante el día se debe proporcionar la máxima ventilación al cultivo mediante la apertura de cortinas laterales y frontales, especialmente si las temperaturas sobrepasan los 28^{o} C.

En la noche, en el invernadero baja la temperatura de la cubierta, del aire y de las superficies (estructura del invernadero, plantas y el suelo); por lo tanto, se debe evitar al máximo el escape del aire caliente acumulado en el día cerrando las cortinas, lo cual debe hacerse en promedio alrededor de las 3 o 4 de la tarde. Generalmente la cubierta es la superficie más fría sobre la que se deposita la condensación de la humedad del ambiente, y si la cubierta no tiene aditivos anticondensación, la humedad se sitúa sobre el follaje de las plantas en forma de rocío (figura 59), el cual es uno de los factores que más predisponen para el ataque de enfermedades como gotera (*Phytopthora infestans*) y mancha gris (*Botrytis cinerea*). Otra alternativa en las horas de la noche, cuando más baja la temperatura, es encender leña o carbón dentro del invernadero, formando brasa y no llamarada, en un recipiente metálico colocado en un sitio estratégico, cuidando de no causar ningún tipo de incendio; el recipiente debe ser tapado dejando una pequeña abertura para la entrada de oxígeno a fin de mantener las brasas prendidas por más tiempo. Al día siguiente se debe abrir el invernadero para permitir la salida del gas carbónico.

Figura 59. Rocío depositado sobre las plantas por alta humedad relativa

Por el contrario, en la madrugada la humedad relativa puede alcanzar el 100%, por lo tanto se deben abrir las cortinas lo más temprano posible en las horas de la mañana para bajar el exceso de humedad dentro del invernadero (figura 60).

Figura 60. Apertura de cortinas

En los invernaderos no climatizados es importante la instalación de termómetros que midan temperaturas máximas y mínimas (figura 61) y equipos que tomen datos de humedad (higrómetros) que permitan conocer el comportamiento del clima dentro del invernadero, para tomar medidas acerca del manejo de la ventilación y así disminuir el impacto de estos cambios extremos.

Figura 61. Termómetro para tomar temperaturas máximas y mínimas en el invernadero

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

El tomate es una planta sensible a cambios extremos de altas y bajas temperaturas y altas o bajas humedades relativas, por tanto es necesario mantener éstas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo.

A medida que la temperatura se incrementa en un invernadero, se calienta el aire dentro de él, y es atrapado en la parte más alta, por lo tanto debe existir una apertura fija en la cumbrera, de 30 a 40 cm, que permita la liberación de calor; igualmente, ventanas laterales y ventanas en las fachadas frontal y posterior (figura 62).

En invernaderos con un grado mayor de tecnología se pueden utilizar ventiladores que permitan la liberación de calor (figura 63).

Figura 62. Invernadero con apertura fija en la cumbrera

Figura 63. Ventilador para la liberación de calor en invernaderos climatizados

Alternativas para la reducción de temperaturas máximas

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

Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas

- Cierre de cortinas para evitar la entrada de aire frío que desplace el aire caliente.
- Pantallas térmicas (aluminizadas son más eficientes, pero son de alto costo, con instalación complicada y deben ser móviles).
- Cubiertas dobles (polietileno de escaso espesor 50 a 100 micras), 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 alta temperatura (30 a 40^{o} C) a través de tubería galvanizada.

Alternativas para la reducción de la condensación

- Utilización de plástico con aditivo antigoteo.
- Empleo de sistemas de calefacción.
- Uso de pantallas térmicas.
- Utilización de doble pared en el invernadero.
- Reducción de los aportes de agua por técnicas de riego localizado.
- Uso de materiales termoaislantes para cubierta.
- Empleo de acochados plásticos.
- Poda y deshoje de las partes bajas e internas de las plantas.

Alternativas para el aumento de la humedad relativa

- Descender temperatura con sombreado o encalado.
- Nebulización de agua.
- Aumento de la circulación del aire.
- Aplicación de riego en las calles dentro del invernadero.
- Aumento en la frecuencia de riego sin crear desequilibrios de agua entre el suelo y la planta.
- Se han obtenido buenos resultados ubicando vasijas con agua en determinados sitios del invernadero; el agua de la vasija se evapora y contribuye 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, en este caso, no deben ser abiertas bajo estas condiciones, pues la humedad del aire dentro del invernadero está más adecuada a las exigencias de las plantas que la humedad del aire en el exterior; además, no se permitiría mantener adentro el calor suficiente debido a la baja radiación.
- Las plantas cultivadas en un invernadero transpiran menos que las que se cultivan a campo abierto, por lo tanto necesitan un menor número de riegos. La irrigación debe ser hecha solamente cuando sea necesario a fin de evitar que la evaporación del agua aumente la humedad relativa.
- El productor debe escoger los momentos más adecuados para regar las plantas: en las horas de la mañana o en los periodos de menos humedad.
- La utilización de coberturas plásticas en el suelo evita la evaporación de la humedad contenida en él.
- Mantener el cultivo libre de malezas, las cuales, con su transpiración, contribuyen al aumento de la humedad relativa.

Los principales propósitos para la ventilación dentro del invernadero son: enriquecer el interior con CO_2, y remover la humedad, el exceso de calor, y los gases tóxicos.

Manejo del cultivo

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

Preparación de semilleros

En los cultivos de hortalizas existe la tendencia a adquirir las plántulas donde productores especializados en propagación, con un costo muy similar al que tendría el cultivador si produjera sus propios semilleros, ya que, igual, tendría que adecuar una infraestructura para ello; además, esto evita las pérdidas ocasionadas por un desconocimiento en el manejo y la preparación de los semilleros.

En el caso de producir sus propias plántulas, es importante recordar que el semillero es el lugar de inicio de la vida productiva y reproductiva de una planta. El semillero se debe realizar en recipientes (vasos, bandejas) debidamente adecuados para depositar las semillas y poder brindarles las condiciones óptimas de luz, temperatura, fertilidad y humedad, a fin de obtener la mejor emergencia durante sus primeros estados de desarrollo, hasta el trasplante al campo. La producción de plántulas es un procedimiento de vital importancia para lograr éxito en el cultivo, ya que el futuro de la planta, su crecimiento y producción de fruto es afectado por la calidad de la planta que se lleve a campo.

Como en los semilleros viven plantas jóvenes, cuyos tejidos tiernos efectúan una gran actividad fotosintética y son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura y humedad, deben estar ubicados donde se les puedan brindar los máximos cuidados, ya que las plántulas crecen con rapidez y cualquier alteración de las condiciones ambientales puede incidir en su desarrollo. Por lo tanto, lo más conveniente es ubicar el semillero bajo una cobertura plástica o invernadero (figura 64), donde sea posible controlar los cambios de temperatura, la humedad relativa, el agua lluvia, los insectos plagas, las enfermedades y la entrada de animales; debe estar cerca a fuentes de agua, debido a que las semillas y plántulas requieren riegos cortos, pero frecuentes, realizados preferiblemente por aspersión.

La zona de los semilleros debe ser iluminada y libre de sombras, no debe estar cerca o debajo de árboles que impidan la entrada de la luz y que ocasionen daños por descargas fuertes de agua. Así mismo, hay que protegerlos de vientos fuertes que puedan perjudicar las plántulas, tumbándolas, torciéndolas o hiriéndolas con polvo o arenilla. El viento (excesivamente seco) puede producir daños importantes por intensificar la transpiración hasta el extremo de producir quemaduras o marchitamiento.

Figura 64. Semillero bajo invernadero

Los semilleros de producción comercial intensiva deben ubicarse de oriente a occidente para que las plantas reciban la máxima iluminación solar, y no sean afectadas por los cambios bruscos de temperatura que se producen entre el día y la noche.

Teniendo en cuenta el alto costo de la semilla de hortalizas, en especial la semilla híbrida de tomate, cuya alta calidad es hoy exigida por el consumidor, el método más utilizado para obtener plantas sanas y vigorosas es mediante germinación de la semilla en bandejas plásticas de confinamiento. En el mercado de bandejas para semilleros, existe una amplia gama de recipientes para la producción de plántulas; en la actualidad, las más utilizadas son las de polipropileno, en las cuales el tamaño y número de las celdas varía de acuerdo al fabricante. En general, se utilizan bandejas de 53 a 200 conos o celdas.

Para la producción de plántulas de tomate se recomiendan bandejas de 53 a 128 conos, con un volumen por celda de 37 a 28 cm^3. Las bandejas de 53 orificios (figura 65) permiten mayor desarrollo radicular y del follaje, sin embargo incrementan los costos por plántula, porque requieren mayores cantidades de sustrato por celda. La selección del tipo de bandeja dependerá del tamaño y la calidad finales deseados de las plantas, del costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato.

Figura 65. Bandejas para semilleros de 53 orificios

Ventajas de la siembra de semilleros en bandejas de confinamiento

Ahorro de semillas
En un semillero tradicional se requiere utilizar aproximadamente un 30% más de semilla de la que se va a sembrar en campo para obviar las pérdidas causadas por mala germinación y calidad de las plántulas.

Mejor planificación de siembras
Conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar, permite una mayor planificación de las siembras en campo.

Desarrollo uniforme
Debido a que la densidad de siembra es constante, se obtiene un desarrollo uniforme de la plántula para su siembra en el campo. Generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de tierra, agua, luz y nutrientes y su raíz sólo puede crecer hasta el final del cono.

Calidad de plántulas
Cada planta puede alcanzar un excelente desarrollo de raíces principales y secundarias ya que cada una tiene su propio espacio de crecimiento sin necesidad de estar compitiendo con las demás (figura 66).

Figura 66. Plántulas de tomate en semillero

Desarrollo radicular dirigido
Las cinco (5) venas verticales en cada cono permiten un excelente desarrollo radicular con bastantes raicillas secundarias sin espirulamiento. Las raíces, al chocar con las venas del cono, se dirigen hacia abajo siguiendo paralelamente la vena hasta el final de cono o tubete. Este comportamiento de la raíz evita que la plántula se ahorque entre sus raíces. Esta raíz con desarrollo vertical, sujeta y ancla muy bien la plántula al trasplantarse a campo (figura 67).

Para todas las labores que involucren manejo del cultivo, es recomendable la asesoría de un asistente técnico profesional que complemente y adecue las recomendaciones dadas

Figura 67. Plántula de tomate con un correcto desarrollo de raíces

Poda natural de raíces y control de malezas
Al colocar los semilleros sobre una cama de alambres, se evita que los conos toquen el suelo y las raíces se peguen a él; al no encontrar suelo las raíces sufren una poda natural y se concentran en el interior del cono. Así mismo, se tiene un excelente drenaje del cono cuando la bandeja está levantada. De esta manera, se tiene disponibilidad permanente del material de siembra y se incrementa la vida útil de las plántulas, las cuales pueden permanecer almacenadas en los semilleros por un periodo prolongado hasta el momento indicado del trasplante. Por otro lado, la presencia de malezas en la bandeja es menor, siempre y cuando el sustrato esté bien desinfectado.

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

Ahorro de área de vivero
Con la utilización de bandejas se emplea menos área de vivero y se reducen los costos de riego, porque las plántulas se organizan más fácilmente en los surcos y caben más por metro cuadrado.

Ahorro de sustrato
La cantidad de sustrato para llenar las bandejas es muy inferior comparado con el requerido en los semilleros tradicionales. Igualmente, la cantidad de sustrato que hay que desinfectar es menor. El llenado es fácil y rápido por su diseño compacto y rígido.

Fácil remoción
Por su diseño en cono, es muy fácil extraer la plántula al momento del trasplante o siembra final, sin destrucción de raíces, lo que disminuye el porcentaje de mortalidad de plantas en el campo.

Higiénicos y esterilizables
Las bandejas pueden ser desinfectadas con una solución diluida de hipoclorito de sodio o yodo agrícola al 5% para evitar el contagio de hongos y bacterias.

Aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo
Teniendo en cuenta la calidad y el excelente desarrollo de las plántulas, y la conservación de las raíces al momento del trasplante, la plántula se desarrolla más rápidamente en campo porque no tiene que restituir sus raíces perdidas, lo que acelera su crecimiento y disminuye su ciclo vegetativo en campo, esto se traduce en mayor utilidad y productividad y ahorro de energía y nutrientes del cultivo.

Tipos de sustratos

Bajo invernadero, los semilleros se pueden hacer con suelo, con sustratos orgánicos, con sustratos artificiales o con una mezcla apropiada de éstos. Siempre se debe lograr un sustrato con características físicas, químicas y biológicas propicias, que faciliten la germinación.

Teniendo en cuenta que el tamaño de las semillas de tomate es generalmente reducido, las cualidades del suelo o del sustrato son definitivas para garantizar un adecuado contacto entre éste y las semillas y, por lo tanto, una buena absorción de agua y nutrientes. Cuando el suelo para la producción de plántulas presenta condiciones impropias, como deficiencias de nutrientes, mal drenaje, poca retención de humedad, textura poco favorable para el desarrollo y funcionamiento de las raíces o presencia de plagas o enfermedades, es frecuente reemplazarlo por sustratos de origen diverso, que en alguna o en todas las fases de un cultivo permiten superar condiciones limitantes y acercar el sistema radicular de la planta completa a una situación óptima para satisfacer sus requerimientos hídricos y nutricionales.

Los sustratos son materiales orgánicos o inorgánicos usados como soporte en semilleros o en cultivos; pueden ser de origen industrial, mineral o agropecuario. Generalmente se emplean mezclados y buscan reemplazar el suelo para evitar los problemas físicos, químicos y biológicos (sanitarios) que éste pueda presentar para la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas. Pueden estar compuestos por elementos naturales o modificados por reacciones físicas y químicas, ser totalmente inertes o tener actividad química.

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

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

Características de los sustratos

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

- La disponibilidad del material en el mercado.
- La posibilidad de manipularlo y de mantener características adecuadas al humedecerse.
- Su precio y el de la preparación.
- Su descomposición a lo largo del tiempo y la posibilidad de reutilización (en cultivos).

La selección del tipo de bandeja para los semilleros dependerá del tamaño y la calidad final de las plantas, del costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato.

- Las características físicas: el tamaño de partículas, la porosidad y la retención de humedad.
- Las características químicas: el pH, la capacidad de intercambio de cationes, la salinidad, la relación carbono/nitrógeno y el contenido de nutrientes.
- Que esté libres de enfermedades, insectos y malezas.
- Que tenga baja densidad aparente, es decir, que sea un material liviano con alto porcentaje de espacio poroso (>80%) y un volumen de aire a capacidad de campo mayor al 20%.
- Que mantenga un volumen de agua fácilmente disponible mayor a 20%.
- Que tenga un buen drenaje y capacidad de infiltración.
- Que tenga buena cohesión entre partículas.
- Que no tenga tendencia a la compactación.
- Que alcance buen estado nutricional tanto de microelementos como de elementos mayores y tenga una acidez óptima.
- Los programas de nutrición y de sanidad vegetal.
- En caso de su utilización en mezcla, que sea(n) fáciles de mezclar.
- Que resista los cambios del ambiente, tanto físicos como químicos.

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

Igualmente, para favorecer un adecuado desarrollo de raíces, se recomienda la aplicación de un fertilizante rico en fósforo tipo roca fosfórica (Fosforita Huila) o superfosfato triple, el cual debe incorporarse homogéneamente a la mezcla antes de iniciar el proceso de desinfección del suelo, por el método de la solarización; de esta manera, se garantiza un adecuado nivel de fertilidad durante el proceso de enraizamiento.

Sustratos más utilizados

Compost

Son residuos orgánicos de estructura fina y descompuesta. Se usan excrementos animales, residuos de plantas, etc. (figura 68). Físicamente aumentan la aireación y el contenido de humedad y, químicamente, absorben los nutrientes evitando su lavado (nitrógeno y potasio) y liberando lentamente la solución en forma de nutrientes. El compost debe contener entre 35 y 50% de materia orgánica con relación al peso volumétrico, se emplea en mezcla con sustratos inactivos o inorgánicos como la turba, la perlita, la fibra de coco o la cascarilla de arroz.

Figura 68. Compostaje de residuos de cultivo

El compost adicionado a la turba proporciona mayor aireación y reduce la retención de agua de la misma. Además, se ha comprobado que tiene efectos supresores a través de los organismos antagonistas que se desarrollan en él. Las altas temperaturas que

se alcanzan durante el proceso del compostaje eliminan la mayor parte de las malas hierbas y microorganismos dañinos.

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

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

Humus

Resulta de los excrementos de lombrices (*Eisenia foetida*), después de digerir residuos vegetales o excrementos animales fermentados, luego se seca y se pasa a través de un tamiz para obtener una buena textura. Sirve de fertilizante y reemplaza el compost, además ofrece muy buenas características químicas (figura 69).

Figura 69. Lombrices descomponedoras de residuos

Cascarilla de arroz

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

El sustrato a utilizar para los semilleros debe ser la mejor combinación de los elementos que lo componen en las proporciones adecuadas.

Fibra de coco

Su contenido de nitrógeno es bajo y alto el de potasio; contiene cerca de 2 ppm de boro y debe llevarse hasta 0,2 ppm para utilizarlo en hortalizas, que son muy sensibles al exceso de boro. Adecuándolo, es una buena alternativa para países como el nuestro, donde abunda esta planta (especialmente en la Costa Atlántica) y por los altos costos de otros sustratos importados como la turba.

Aserrín

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

Turba

Las turbas son los sustratos orgánicos naturales de uso más general en horticultura (figura 70). Es el resultado de la descomposición completa de árboles (especialmente del género *Sphagnum*) y se produce en países de las zonas templadas como Canadá, Alemania, Finlandia, Suiza, Irlanda, Rusia, etc.

Se encuentran dos tipos de turbas: las poco descompuestas, que son materiales de reacción ácida, pobres en minerales por estar muy lavados, debido a su origen de zonas altas de precipitaciones abundantes, y que conservan parcialmente su estructura y un buen equilibrio entre agua y aire después del riego.

Figura 70. Turba para sustrato de semilleros

Otras, muy descompuestas, llamadas turbas negras, sin estructura, son con frecuencia muy salinas y presentan menor aireación que las anteriores. Son apropiadas para mezclas con materiales que mejoren sus propiedades deficientes.

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

El conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas (presencia de hormonas y sustancias húmicas) de las turbas es la causa de su amplia difusión en el cultivo de plantas en sustrato. Su empleo se extiende

tanto a la producción de plántulas en semilleros como al cultivo de plántulas en contenedores y, así mismo, al cultivo sin suelo en general. Su uso está siendo revaluado debido al impacto medioambiental que implica su utilización, ya que éste es un material natural no renovable, además por ser importado tiene un alto costo.

Manejo de semilleros

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

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

En el caso de no usar turba, es recomendable la desinfección del sustrato. El método de desinfección de suelo sugerido es la solarización húmeda, método físico en el cual se utiliza la energía calórica irradiada por el sol. Para ello se cubre el suelo húmedo con coberturas plásticas, esto hace que su temperatura aumente hasta el punto que controle organismos patógenos como hongos, bacterias, nematodos, malezas e insectos. La humedad del sustrato tiene un papel importante, pues en las horas de menor temperatura (durante la noche) se condensa el agua evaporada en el día, lo que ocasiona un proceso de pasteurización continua durante todo el tiempo que dure el tratamiento. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche rompen fácilmente el ciclo biológico de los fitopatógenos presentes en el sustrato. La cobertura plástica del suelo debe estar bien sellada para impedir el escape de agua.

Para construir una cama para la solarización del suelo, se procede de la siguiente manera: una vez hecha la mezcla del sustrato (tierra, materia orgánica y arena) se realiza la nivelación del suelo y se construyen eras de 1,20 m de ancho con una altura máxima de 20 cm. Posteriormente se humedece el suelo a capacidad de campo y se cubre con plástico transparente de 6 mm de espesor, procurando que quede lo más sellado posible. El tratamiento debe durar, como mínimo, 40 días en zonas de clima frío y 20 días en zonas de clima cálido (figura 71).

Es una BPA utilizar la solarización húmeda como método de desinfección de sustratos.

Figura 71. Cama de solarización cubierta con plástico transparente

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

Errores frecuentes en el manejo de la solarización

- No proporcionar la humedad suficiente al suelo para hacer efectiva la solarización, antes del proceso ni durante él (figura 72).
- No cubrir adecuadamente el suelo para evitar la pérdida de humedad, lo que facilita la dispersión del calor y disminuye la efectividad del tratamiento de solarización.
- Utilizar plástico en malas condiciones o cubrir la era con retazos; esta actividad hace que se pierda eficiencia en el proceso (figura 73).
- No remover ni airear la mezcla, una vez finalice el proceso de solarización.

Figuras 72 y 73. Fallas en la solarización

Errores más comunes en el manejo de semilleros

- Inadecuada preparación de la mezcla del sustrato.
- Deficiente tratamiento de desinfección (solarización).
- Llenado desigual de bandejas.
- Siembra de la semilla muy superficial o profunda, lo cual afecta la germinación. La profundidad de siembra de una semilla hortícola no debe ser más de dos veces su tamaño.
- No resembrar a tiempo (en semilleros tradicionales).
- Aplicación de riego en exceso o en forma deficiente.
- No supervisar constantemente la sanidad de plántulas.
- Baja fertilidad del sustrato utilizado.
- No se reduce la aplicación de riego una semana antes del trasplante (endurecimiento) para disminuir el estrés a que son sometidas las plántulas, después de su trasplante en campo.

Desinfección

Antes de llenar las bandejas se deben retirar los residuos de sustrato de la producción anterior, golpeándolas suavemente con la mano y lavándolas con agua a presión. Para prevenir el contagio de las plántulas por hongos y bacterias, se deben desinfectar las bandejas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio o yodo agrícola a razón de 5 a 10 ml por litro de agua y agitándolas por unos 30 segundos (figura 74).

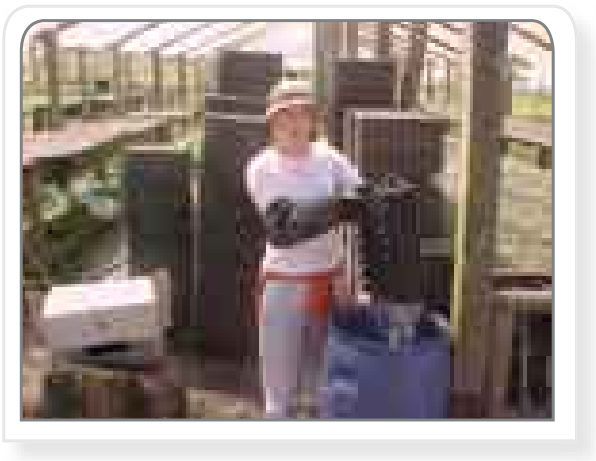


Figura 74. Desinfección de bandejas de semilleros

Siembra

Se debe llenar con el sustrato el mayor número de bandejas al mismo tiempo, para evitar diferencias de humedad. Si el llenado es manual, las bandejas se colocan sobre una estructura para facilitar la labor del operario, luego se llenan con la mezcla de sustrato distribuyéndolo de manera uniforme en toda la bandeja (figura 75). Se debe golpear suavemente la bandeja contra una superficie dura, para que

Las bandejas para semilleros se deben desinfectar para evitar la contaminación de las plántulas por hongos y bacterias

no queden cámaras de aire dentro de los alvéolos sino que, por el contrario, el sustrato se distribuya uniformemente por todas las cavidades, luego se pasa una regla de madera por encima a fin de retirar los excesos de sustrato. Para ubicar la semilla es necesario hacer en todo el centro del cono un orificio de 0,5 cm de diámetro y de 2 o 3 mm de profundidad, poniendo un marcador y ejerciendo una leve presión (figura 76). Se coloca una semilla por sitio, se tapa con una capa fina del sustrato (figura 77) y se pasa una regla de madera para retirar los sobrantes. En los sistemas más avanzados de siembra mecanizada, el llenado se hace por medio de una máquina sembradora. No es conveniente llenar bandejas con mucha anticipación a la siembra porque se compacta el sustrato por pérdida de humedad. Al momento de la siembra, todos los conos de las bandejas deben tener la misma uniformidad, tanto en la mezcla del sustrato como en los niveles de llenado y de fertilidad y en el contenido de humedad. Es importante recordar que la profundidad de siembra está dada por la regla según la cual una semilla de hortaliza no se profundiza más de dos veces su tamaño.

Figuras 75 y 76. Proceso de llenado de bandeja para semilleros

Figura 77. Proceso de siembra en semilleros

Coberturas

Una vez sembradas las semillas, se recomienda cubrir las bandejas con tela polisombra (30% de sombra) (figura 78). Las ventajas de la colocación de esta malla son las siguientes:

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

Figura 78. Protección de semilleros con tela polisombra

Riego

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

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

El riego de los semilleros debe realizarse de forma adecuada para no producir daños en las plántulas ni acumulación de agua en las bandejas

El riego que se les realiza a los semilleros debe hacerse en forma suave para evitar el daño a las plantas con la presión del agua, lo más recomendable es utilizar una poma (figura 79) que simule gotas suaves como en forma de lluvia.

Figura 79. Riego efectuado a semilleros

Fertilización

En el caso de utilizar sustratos inertes como turba, fibra de coco o cascarilla de arroz se requiere un plan de fertilización tanto edáfica como foliar mediante fertirriego. En el sistema de producción de plántulas en confinamiento, para corregir deficiencias nutricionales, se recomienda diluir en agua un fertilizante completo tipo 10-30-10 o 15-15-15 en dosis de 10 gramos por litro de agua, y aplicarlo al semillero tratando de humedecer el suelo, preferiblemente en horas de la tarde.

La deficiencia más común es la de fósforo, cuyos síntomas son plantas enanas, con raíces escasas y hojas de color púrpura. Para contrarrestar dicha deficiencia se aconseja la aplicación de un fertilizante soluble rico en fósforo, como es el caso de fosfato diamonio, en dosis de 40 gramos disueltos en ocho litros de agua, cantidad suficiente para humedecer un metro cuadrado de semillero.

Cuando se presentan plantas enanas acompañadas con amarillamiento de las hojas, se debe a deficiencia de nitrógeno, lo cual se corrige con la aplicación de nitrato de potasio en dosis de 30 g en 10 litros de agua, o urea en dosis de 50 g por 10 litros de agua por metro cuadrado.

Si se dispone de sistema de riego, la fertilización se realiza mediante fertirriego, el cual se hace utilizando una poma que asperja suavemente las plantas. Es recomendable fertilizar en cada riego. En el mercado se consiguen fertilizantes en presentación líquida con nutrientes mayores y menores, que se disuelven en el agua de riego y se aplican a partir de los ocho días después de siembra, hasta el último riego antes de trasplantar las plantas.

Endurecimiento de las plantas

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

estrés en el campo. Así mismo, se logra que las raíces inicien una exploración más acelerada en busca de agua y de esta forma se consigue que se desarrollen más rápidamente.

Cuando las plántulas han crecido en condiciones muy favorables de humedad, sus tejidos son muy acuosos y débiles; con la disminución del riego antes del trasplante se busca endurecer los tejidos para que sean más resistentes bajo condiciones de campo.

Cuando las plantas han sufrido deficiencia de humedad se presenta un endurecimiento de los tejidos, y los tallos se observan gruesos y leñosos. Se recomienda, antes del trasplante, aplicar a las plantas una solución iniciadora rica en fósforo. Se utiliza como base fosfato de amonio en dosis de 6 gramos por litro de agua, se aplican de 4 a 6 litros por metro cuadrado, 3 o 4 días antes del trasplante.

Germinación

Se requieren entre seis y ocho días en promedio para que las semillas de tomate germinen plenamente. Fuera de la buena calidad de la semilla, la velocidad de germinación está influenciada por la temperatura óptima y la humedad del suelo, el cual debe estar a capacidad de campo. La temperatura óptima para la germinación está entre 16 y 28° C; temperaturas menores de 10° C y superiores a 35° C inhiben la germinación, a 15° C se presenta una germinación del 75% y a 35° C germina un 70% de la semilla. Respecto al porcentaje de germinación de las semillas, es importante tener en cuenta su longevidad, la cual depende de las condiciones de conservación que se les proporcionen (figura 80).

Es importante mencionar que las casas distribuidoras de semillas garantizan un porcentaje de germinación que está entre un 85 a un 95%, el cual se indica en la etiqueta del empaque.

Figura 80. Germinación uniforme de plántulas en semillero

La temperatura incide en la germinación y en el desarrollo de las plántulas, por lo que se debe mantener dentro de sus rangos óptimos

Factores que inhiben la germinación

Factores endógenos

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

Factores exógenos

- Temperatura.
- Humedad.
- Luz.

Claves para obtener una buena germinación

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

Adecuación y preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción del invernadero, y para facilitar esta labor, es recomendable, si el terreno no ha sido sembrado antes o está en descanso, arar y rastrillar el lote (figura 81) con el fin de mejorar las condiciones físicas del suelo y controlar las malezas, principalmente gramíneas o ciperáceas. La arada y la rastrillada deben realizarse a 30 cm de profundidad.

Cuando el invernadero ya ha sido sembrado, para la preparación del suelo para próximas siembras es recomendable aplicar labranza mínima únicamente en el sitio donde van los surcos.

Figura 81. Terreno arado

Es importante revisar las condiciones de drenaje dentro y fuera del invernadero para evitar excesos de humedad en el suelo, que puedan ocasionar problemas de productividad y enfermedades al cultivo. Por lo cual se recomienda la construcción de drenajes fuera del invernadero (figura 82).

Figura 82. Drenajes en el exterior del invernadero para evitar excesos de humedad

Finalmente, se realiza el trazado de los surcos (figura 83), es decir formar la cama o surcos donde se trasplantará el tomate. La actividad consiste en levantarlos por lo menos de 25 a 40 cm. Los surcos altos tienen grandes ventajas, entre ellas mejor drenaje y mejor aireación y desarrollo de las raíces.

Figura 83. Preparación de surcos para la siembra

Toma de muestras e interpretación para análisis de suelos

El análisis de suelos es una herramienta que se utiliza como referencia para el manejo de la fertilidad, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización,

La preparación del terreno para la siembra debe realizarse en forma oportuna y con anticipación, evitando la erosión y la compactación

así como para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El análisis permite un uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos como de enmiendas.

Esta práctica aún no es usada ampliamente por los productores, en parte por el desconocimiento que existe sobre la manera correcta de tomar las muestras para el análisis y por la falta de información sobre la disponibilidad de laboratorios y su costo.

En el campo es primordial realizar un correcto muestreo del suelo, para que sea representativo del área o lote homogéneo del que se desea la información.

El análisis de suelos será tan bueno como la calidad de las muestras tomadas, pues la muestra enviada al laboratorio, de 0,5 a 1 kg, representa millones de kilogramos de suelo. Estos son los pasos que se deben seguir para el muestreo:

- No tome muestras cuando el suelo esté muy húmedo.
- Recorra el lote en zigzag y cada 15 o 30 pasos tome una submuestra. La recolección se hace con pala o barreno.
- En cada sitio limpie la superficie del terreno (los dos primeros cm de tierra), luego tome la submuestra y deposítela en un balde.
- No tome muestras en áreas recién fertilizadas.
- Las submuestras deben ser tomadas entre los 25 y 30 cm de profundidad para el cultivo de tomate (figura 84).
- Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por invernadero) se mezclan homogéneamente y se toma 1 kg aproximadamente.
- Se empaca en una bolsa limpia, que no haya sido usada con abonos o sustancias químicas, y se envía al laboratorio lo antes posible.
- Evite fumar o dejar caer cenizas de cigarrillo al manipular las muestras.

Figura 84. Toma de muestras de suelo

Para identificar la muestra se debe poner el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, número de muestra y lote, superficie que representa y algunas informaciones complementarias, como son: 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 encaló anteriormente, forma y época de aplicación.

Idealmente, la frecuencia de muestreo debe hacerse cada ciclo o cada año como mínimo. La muestra se toma con dos o tres meses de anticipación a la siembra.

Antes de hacer un plan de fertilización se debe contar con un análisis de suelo, con el fin de determinar las necesidades de elementos nutricionales, y así hacer los ajustes necesarios que garanticen una adecuada nutrición del cultivo de acuerdo con sus requerimientos nutricionales (tabla 5).

Tabla 5. Interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de tomate

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

* Con $NaHCO_3$ + EDTA a pH 8,5
** Por agua caliente
Fuente: Muñoz A., R. (1995)

Antes del trasplante, y según las recomendaciones del análisis de suelo, es conveniente la aplicación, en forma localizada, de materia orgánica (gallinaza), correctivos y nutrientes. La materia orgánica debe ser totalmente compostada y humedecerse antes del trasplante, para evitar que su descomposición queme las plantas.

Igualmente, de acuerdo con el análisis, es importante la aplicación de cal para hacer las correcciones de pH.

El análisis de suelos es una herramienta que se utiliza como referencia para determinar deficiencias y necesidades de fertilización así como para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Recomendaciones de cal

La cal se aplica a los suelos para neutralizar el hidrógeno (H+) y el aluminio intercambiable (Al) y para proporcionar calcio.

Los principales factores que se deben tener presentes al agregar cal a los suelos, además de la planta que se va a cultivar, son el pH y el aluminio intercambiable, la textura, el contenido de la materia orgánica y la relación Ca/Mg.

La importancia del pH está relacionada con la tolerancia de las plantas al manganeso y al aluminio, contenidos en la solución del suelo. Las correcciones adecuadas de pH, mediante aplicaciones de cal, permiten que algunos nutrientes pasen a ser aprovechables por los cultivos, lo que disminuye la cantidad de fertilizantes y su costo.

El tipo de suelo y el contenido de materia orgánica también influyen en la cantidad de cal que se debe agregar. Los suelos con alto contenido de materia orgánica o arcilla requieren más cal que los arenosos para elevar el pH en una unidad.

Como la cal reacciona lentamente en el suelo, debe aplicarse de cuatro a seis semanas antes de la siembra, pero mezclada uniformemente con el suelo.

Las recomendaciones de cal, por parte del ICA, se basan especialmente en el contenido de aluminio intercambiable de los suelos. En suelos con menos del 10% de materia orgánica y un pH inferior a 5,5, y en aquellos con más de 10% de materia orgánica y un pH inferior a 5, se recomienda aplicar una tonelada y media de cal agrícola por hectárea, que contenga por lo menos el equivalente al 80% de $CaCo_3$ por cada miliequivalente (meq) de aluminio intercambiable. Cuando se utilizan Escorias Thomas (subproducto de la industria del acero que posee un contenido alto de fósforo y mediano de carbonato de calcio, también son fuente de magnesio), es posible disminuir la cantidad de cal en suelos con un pH menor de 5,5.

En algunos suelos de Colombia el contenido de aluminio intercambiable es muy alto, por tanto la cantidad de cal para su corrección sería exagerada. Aplicaciones superiores y aun menores de tres toneladas por hectárea pueden resultar antieconómicas. Se puede pensar también en aplicar cal por ciclo agrícola, hasta llegar a las condiciones adecuadas de acidez del suelo.

En muchos suelos del país que requieren cal, se encuentra una relación Ca/Mg muy amplia, es decir que la cantidad de magnesio en relación con la del calcio es muy pequeña. Al agregar a los suelos cal agrícola, o sea aquella que contiene solamente CaCo3, se agrava el desequilibrio entre calcio y magnesio y se pueden inducir deficiencias de éste en los cultivos. Por esta razón es importante que las aplicaciones de cal se hagan con base en cal dolomítica, que contiene, además de carbonato de calcio, carbonato de magnesio.

Uso de micorrizas

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

Las micorrizas aumentan la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz, por el hecho de que el micelio fúngico (tejido micorrizal), al constituirse en una extensión de raicillas, explora mucho más volumen del suelo que la raíz sola. Pero las ventajas de la micorriza no se limitan a la nutrición vegetal, las plantas reciben beneficios adicionales como tolerancia a épocas secas (estrés hídrico), exclusión de patógenos del suelo y adaptación a metales pesados.

Muchas veces las poblaciones naturales de micorrizas son insuficientes o ineficientes para establecer una buena simbiosis, lo cual afecta el desarrollo de una comunidad vegetal. En estos casos, se pueden aumentar las eficiencias simbióticas con la inoculación de hongos eficientes y competitivos.

El uso práctico de las micorrizas es considerado como una buena práctica agrícola, son aceptadas como biofertilizante por ser un producto natural, que encaja dentro de una gestión biológica en la fertilidad del suelo dirigida a obtener una productividad sostenida respetuosa del entorno.

Beneficios de las micorrizas

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

Para el uso del producto, éste debe quedar en contacto con el sistema radical de la planta, por eso se aplica al momento de la siembra o del trasplante en dosis de 20 a 30 g por sitio o planta, dependiendo de la concentración del inóculo de micorrizas que tenga el producto comercial.

Distancias de siembra

La distancia entre surcos de tomate más apropiada es aquella que permita una adecuada ejecución de las labores y que evite el exceso de humedad alrededor de las plantas. Para aquellas zonas donde se genera una alta humedad relativa, no es recomendable la siembra en surcos dobles ya que se crean las condiciones para la incidencia de enfermedades.

Dentro de las BPA se deben considerar las distancias de siembra adecuadas entre plantas y entre surcos, considerando la pendiente del terreno

En general, los espaciamientos menores, con altas densidades de siembra, aumentan la competitividad por nutrientes, agua y luz y exigen mayor atención en relación con el manejo del cultivo, principalmente con la protección fitosanitaria, la fertilización, el amarre y las podas de las plantas. Se debe tener en cuenta que no necesariamente a mayor número de plantas por m^2 habrá incremento de la

producción, ya que la competencia entre plantas por nutrientes y luminosidad produce frutos más pequeños y huecos con pobre coloración; igualmente, se incrementa la alta humedad relativa dentro del invernadero favoreciendo la incidencia de enfermedades.

La densidad de siembra que se utilice depende de la variedad elegida, el tipo de poda, el arreglo espacial (surco sencillo o doble), el tutorado y la fertilidad del suelo, las condiciones agroecológicas de la zona, la disposición y el tipo de riego.

La siembra del tomate puede realizarse en surcos sencillos o dobles. En surco sencillo (figura 85), se realiza con una distancia entre surcos de 1,10 a 1,30 m y una distancia entre plantas de 30 a 40 cm, lo que da una densidad de 1,9 a 3 plantas por m^2 con podas a un solo tallo (tabla 6 y tabla 7).

Figura 85. Siembra en surco sencillo

En zonas frías, donde hay alta nubosidad y alta humedad relativa, lo recomendable es la siembra en surcos sencillos, para facilitar la luminosidad y la ventilación de las plantas; al contrario, en zonas con alta radiación, es recomendable la siembra en surcos dobles para evitar daños a los frutos por golpe de sol.

Tabla 6. Distancias de siembra del tomate, para el manejo de un solo tallo de producción.

	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre surcos (m)	Población de plantas/ ha
A un solo tallo	0,30	1,1	30.303
	0,30	1,2	27.777
	0,30	1,3	25.641
	0,35	1,1	25.974
	0,35	1,2	23.809
	0,35	1,3	21.978
	0,40	1,1	22.727
	0,40	1,2	20.833
	0,40	1,3	19.230

Tabla 7. Distancias de siembra en la producción de tomate según el tipo de poda

Tipo de ramificación	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre surcos (m)	Población de plantas/ha
A dos tallos	0,50	1,2	16.666
	0,50	1,5	13.333
	0,50	1,7	11.764
A cuatro tallos	0,50	1,5	13.333
	0,60	1,5	11.106

En la siembra del tomate en surcos dobles (figura 86) se trabaja con una distancia de cama de 50-60 cm entre los dos surcos y 50-60 cm entre plantas; la distancia entre centros de cama puede variar de 1,40 a 1,60 m, con caminos de 0,8 a 1 m de ancho.

La siembra en surco doble es más recomendada en zonas donde la humedad relativa no es tan alta y donde la radiación solar es muy fuerte, por lo que se debe buscar un ambiente más favorable de aireación a la planta.

Figura 86. Siembra en surco doble

Cuando se cultiva con surco doble es necesario utilizar doble cinta de riego (figura 87), una para cada surco, para garantizar que cada planta reciba la cantidad de agua apropiada.

La distancia entre surcos de tomate más apropiada, es aquella que permita una adecuada ejecución de las labores y que evite el exceso de humedad alrededor de las plantas.

Trasplante

Es el paso de las plántulas del semillero al sitio definitivo (figura 88), el cual se realiza aproximadamente entre 30 y 35 días después de sembrado el semillero, de acuerdo a la calidad y el vigor de la planta, para lo cual es necesario tener en cuenta algunas consideraciones que se describen a continuación:

Figura 87. Doble cinta de riego para siembras en surco doble

Figura 88. Plántula recientemente trasplantada

- Previo al trasplante disminuya el riego para endurecer las plantas; trasplante plántulas con cuatro hojas verdaderas, de altura entre 10 y 15 cm (figura 89).
- Realizar el trasplante en horas de la mañana (con menos sol).
- Regar abundantemente el semillero, dos o tres horas antes del trasplante, para facilitar el arranque sin dañar las raíces y para que las plantas lleguen con suficiente humedad al sitio definitivo.
- Trasplantar plantas uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, de color verde, y erectas.
- No trasplantar plantas con coloración púrpura en las hojas, ya que esto indica una deficiencia de fósforo.
- Las plantas listas para el trasplante deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato y que éste no se desmorone en el momento en que la plántula es sacada de la bandeja, para que cuando la planta sea trasplantada a campo, el medio de crecimiento se mantenga alrededor de las raíces.
- Las plantas listas para el trasplante deben tener raíces blancas y delgadas que llenen toda la celda de arriba abajo. Las raíces con un color marrón y que no se extiendan hacia la parte inferior del contenedor son síntomas de que han estado creciendo bajo un estrés de humedad o tienen problemas de pudriciones radicales o de destrucción, lo cual puede retardar el enraizamiento en campo.

Figura 89. Tamaño adecuado de las plántulas para trasplante a campo

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

Una vez trazados los surcos, se marcan los sitios en los cuales irán ubicadas las plantas. En estos sitios se hace un hueco de tamaño ligeramente mayor al volumen ocupado por el recipiente que contiene la planta que se va a trasplantar (figura 90). Una vez trasplantadas, es necesario regarlas para evitar estrés por agua.

Figura 90. Trasplante a campo

Las plantas listas para el trasplante deben reunir una serie de condiciones sanitarias y de calidad que las hagan aptas para el paso al sitio definitivo

Fertilización

Las extracciones de macronutrientes que realiza la planta de tomate están relacionadas con las condiciones de desarrollo del cultivo (suelo, clima y técnicas de cultivo), con el destino de la producción, la variedad sembrada y el rendimiento agrícola.

La necesidad de fertilizantes del cultivo va a depender de la disponibilidad de nutrientes del suelo de acuerdo al pH (ver figura 55, Capítulo 3), el contenido de materia orgánica, la humedad, la variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo. Por eso las aplicaciones de fertilizantes estarán sujetas al resultado del análisis químico del suelo, el análisis foliar, las observaciones de campo y las recomendaciones del asistente técnico.

Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no solamente implica aplicar el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta. El programa de fertilización debe considerar los siguientes puntos:

- Tipo de cultivo.
- Necesidades nutricionales del cultivo.
- Características y aportes de nutrientes del terreno.
- Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
- Solubilidad del producto.
- Efecto sobre el suelo y sobre las capas freáticas.
- Dosis y momento de aplicación.

Se debe tener en cuenta que el tomate es una planta exigente en nutrientes; requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S, y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B, Zn. Aunque la exigencia de N es alta, un exceso de este elemento puede llegar a un exagerado desarrollo vegetativo con bajo porcentaje de formación de frutos. Desde el momento del trasplante hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser 1:1; cuando comienza el llenado de fruto, se requiere una cantidad mayor de potasio, ya que este elemento contribuye con la maduración y el llenado de frutos; la relación de estos nutrientes debe ser 1:2 o 1:3 (tabla 8).

Tabla 8. Relaciones de nutrientes en el suelo para el cultivo de tomate

Relación	Rango/unidades	Efecto
K/Ca+Mg	Menor 0,5 meq	Falta de color en el fruto
	0,5 a 1 meq	Óptimo
	Mayor de 1 meq	Pudrición apical del fruto (deficiencia de calcio)
Ca/Mg	Menor de 2 meq	Deficiencia de calcio
	4 a 5 meq	Óptimo
	Mayor de 10 meq	Deficiencia de magnesio
Mg/K	Menor 0,1 meq	Deficiencia de magnesio
	0,2 a 0,4 meq	Óptimo
	Mayor 0,5 meq	Deficiencia de potasio
K/N	Menor 1 meq	Frutos blandos y maduración manchada
	1,2 a 1,8 meq	Óptimo
	Mayor 2 meq	Hombros verdes

En el mercado existen varias fuentes de fertilizantes; entre los más utilizados están: 18-46-0, 10-20-20, 10-30-10, 15-15-15, 17-6-18-5 o fuentes simples de nitrógeno como urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio; de fósforo, como superfosfato triple o fosfato de amonio, y de potasio, como el cloruro de potasio (tabla 9). No debe olvidarse aplicar fuentes de elementos menores, en forma edáfica o foliar.

En general, para el cultivo de tomate bajo invernadero se recomiendan las siguientes cantidades: nitrógeno: 300-600 kg/ha; fósforo: 400-800 kg/ha, y potasio: 600-1.100 kg/ha.

Tabla 9. Aporte de nutrientes de algunos fertilizantes

	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S
Nitrato de amonio	33 (26)	-	-	-	-	0,1
Sulfato de amonio	21	-	-	-	-	24
Nitrato de calcio	15,5	-	-	26,5	-	-
Nitrato de calcio magnésico	13,5	-	-	17	6	-
Nitrato de potasio	13,6	-	45-46	-	-	-
Urea	46	-	-	-	-	-
Ácido nítrico	9	-	-	-	-	-
Fosfato diamónico sol	18	46	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	11	50	-	14	-	0,3
Superfosfato triple	-	46	-	-	-	-
Fosfato monopotásico	-	52	34			0,2
Ácido fosfórico		40				1-2
Sulfato de potasio crist			50			16
Sulfato de magnesio heptahi					26	13
Nitrato de magnesio	11,5			1	15	

La extracción y acumulación de nutrientes por el cultivo de tomate aumenta conforme se incrementa el crecimiento de la planta; la floración y fructificación son las etapas en las que se producen los cambios más acentuados en la absorción de los 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 los 90 días, y es el potasio el elemento que toma la planta en mayor proporción, ya que aproximadamente el 73,8% lo absorbe en el proceso de fructificación.

Por otra parte, estudios realizados acerca de la composición mineral del cultivo en diferentes estadios de crecimiento, encontraron que en el momento de la cosecha (105 días) los frutos habían acumulado 60%, 70% y 75% de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en épocas precisas para el cultivo

Uso de abonos orgánicos

La utilización de abonos orgánicos puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, pues al incrementarle la materia orgánica, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes y se reduce la erosión (figura 91).

Figura 91. Uso de abonos orgánicos antes de la siembra

Sin embargo, se debe tener presente que, potencialmente, son también fuente de contaminación microbiológica, por lo cual es necesario tomar todas las medidas posibles para controlar su uso y eliminar o reducir los riesgos de contaminación: en nuestro país el abono orgánico más utilizado en tomate es con base en estiércol de gallina (gallinaza). Por tanto, hay algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en la utilización de materia orgánica:

- Usar sólo abonos orgánicos que hayan sido sometidos a tratamientos de compostaje, para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en las aplicaciones superficiales.
- La aplicación del abono orgánico se debe hacer por lo menos dos semanas antes de la fecha de siembra o trasplante, para evitar la toxicidad o problemas de inocuidad en la planta o en sus frutos; las dosis varían entre 1 a 5 ton/ha, de acuerdo con el contenido de nitrógeno y materia orgánica según el análisis de suelo.
- Una vez incorporada la materia orgánica compostada, es conveniente humedecer el suelo antes del trasplante para facilitar la liberación de ácidos y calor que pueden quemar las raíces y la base del tallo de la planta.
- Deben transcurrir más de 120 días desde la aplicación hasta la primera cosecha.
- Se debe realizar una buena preparación del suelo para que la incorporación del abono al suelo sea provechosa; de esta manera se evitan riesgos de contaminación microbiológica.
- Sólo se deben utilizar abonos de origen conocido cuyas técnicas de tratamiento estén garantizadas.

Si los abonos se producen en la propia finca, su preparación se debe realizar en un lugar retirado de las instalaciones de la finca y de fuentes de agua que puedan resultar contaminadas, y siguiendo adecuadamente las técnicas para preparar abonos orgánicos.

El compost

El compost es otra fuente importante de nutrientes. Es el resultado de la fermentación aeróbica de la mezcla de residuos animales y vegetales, desechos agrícolas y otros materiales orgánicos.

Por lo general, en tomate se utilizan residuos de podas, residuos de cosecha, y plantas que hayan terminado producción.

Durante el proceso de fermentación se produce una sucesión de cambios de temperatura y pH. Este proceso puede ser dividido en cuatro fases, conocidas como: mesofílica, termofílica, enfriamiento y madurez.

Para formar el compost generalmente es necesario poner una base de residuos vegetales sobre el suelo, a la cual se le adiciona una capa de estiércol y luego una de cal. El proceso anterior se repite sucesivamente hasta alcanzar un espesor de 90 a 120 cm. Los materiales formadores del compost deben guardar una relación aproximada de 60% de material vegetal (primera capa), 30% de estiércol (segunda capa), 10% de cal apagada (tercera capa) y agua.

Durante su elaboración se debe tener en cuenta el suministro de material vegetal, la aireación, la humedad y el nitrógeno existente en la mezcla, todo lo cual condiciona un medio ideal para el desarrollo de microorganismos que aceleran la descomposición (hongos y bacterias). El aire se suministra dando la vuelta a la mezcla y utilizando materiales que faciliten la circulación del mismo en las paredes; la humedad se logra con la lluvia o regando el compost, y el nitrógeno se obtiene mediante la adición de estiércol, orina u otra fuente natural de este elemento. Los nutrientes en el compost dependerán de los materiales utilizados en el proceso.

El compost se puede fabricar sobre o bajo el suelo, sin embargo, dada la facilidad de manejo y de aireación, se recomienda hacerlo en una estructura de ladrillo o madera sobre la superficie del suelo. No se debe hacer compost con material vegetal que presente problemas de enfermedades vegetales, restos de comida con grasa o material con semillas, ya que esto puede incrementar y facilitar la propagación de enfermedades o de plantas no deseadas.

La duración del proceso de descomposición de la materia orgánica y la producción de abono ocurre entre 60 y 90 días, dependiendo de la temperatura que se obtenga: 45^{o} C en los primeros dos a seis días (etapa mesófila), para subir hasta 70^{o} C como temperatura máxima (etapa termófila) y descender luego, en forma gradual, hasta la temperatura ambiente. No se debe permitir que durante la etapa termófila la temperatura supere los 70^{o} C, pues empobrece las condiciones química y biológica de la materia orgánica.

En el comercio existen varios productos, con combinaciones de diferentes microorganismos, cuya función principal es la de acelerar el proceso de descomposición de residuos de cosecha para la producción de materia orgánica en el suelo e incrementar su comunidad de organismos benéficos.

Una vez finalizado el proceso, se extiende la pila a la sombra y protegida del agua lluvia durante 2-3 días para bajar la humedad (35-40%). Finalmente, el abono

La utilización de abonos orgánicos puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, pues al incrementarle la materia orgánica, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes y se reduce la erosión

obtenido se pasa por una zaranda o tamiz para mejorar la granulometría y facilitar su aplicación uniforme al suelo.

Beneficios del abono orgánico compostado:

- Aporta materia orgánica que ha perdido el suelo por la extracción de los cultivos.
- Suministra nutrientes fácilmente asimilables por las plantas.
- Convierte elementos que están fijados en el suelo, en sustancias solubles para que la raíz pueda absorberlas.
- Optimiza la absorción de los fertilizantes químicos.
- Mejora la estructura del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- Enriquece el suelo con microorganismos benéficos, responsables de los procesos químicos para la nutrición y el desarrollo de las plantas.
- Ayuda a regular la temperatura y el pH del suelo.
- Actúa como acondicionador de suelo.

Fertilización edáfica

Se entiende por fertilización edáfica o radicular la aplicación al suelo de abonos químicos u orgánicos en estado sólido o líquido a fin de que las plantas los absorban a través de sus raíces (figura 92). Para que este método de fertilización sea efectivo, es clave la correcta ubicación del fertilizante puesto que, en gran parte, la baja productividad de los suelos se debe a una inadecuada aplicación de los mismos. En lo posible, deben seguirse dos normas generales con respecto a la ubicación y época de aplicación de los fertilizantes: uno, que sean incorporados y, dos, aplicados antes o al momento de la siembra.

Figura 92. Fertilización edáfica en corona

La incorporación de fertilizantes al suelo evita pérdidas por volatilización; por inmovilización, como en el caso de los fertilizantes fosfatados, cuya movilidad en el suelo es casi nula, y si se ponen en la superficie quedan entonces afuera de la zona radicular del cultivo, y por desnitrificación, pues en suelos inundados, los fertilizantes amoniacales mal incorporados pasan a sus formas gaseosas y se pierden en la atmósfera.

En invernadero, se aprovecha el sistema de riego para aplicar la fertilización disuelta en el agua, lo cual le permite a la planta obtener de manera oportuna los nutrientes para su desarrollo. Si no se dispone de este sistema, se recomienda realizar fertilizaciones edáficas, iniciando con una fertilización de establecimiento y continuando a partir de los 20 días después del trasplante, con intervalos de aplicación de 20 días hasta la formación del último racimo por cosechar. En general, se recomienda aplicar hasta 200 gramos de un fertilizante simple o completo de acuerdo a las necesidades de nutrientes que vaya manifestando la planta. La aplicación de la primera fertilización debe ser lo más cerca posible al momento del trasplante, ya que las pérdidas por lixiviación, volatilización, fijación o por paso a formas menos asimilables, están en relación directa con el tiempo, por lo tanto, entre más tiempo transcurra habrá mayores pérdidas, además, una aplicación anticipada favorece más a las malezas que al cultivo.

No se debe esperar a que aparezcan síntomas de deficiencias de nutrientes en el cultivo, porque el daño es ocasionado antes de su aparición. Por eso es fundamental aplicar los fertilizantes al momento de la siembra de acuerdo con la necesidad según el análisis de suelo. La aplicación debe realizarse en corona o media corona, alrededor del tallo, y luego se hace un aporque.

Análisis foliar

Es útil para determinar las causas de crecimiento retardado de enfermedades abióticas que se observan en el campo. Es necesario que las plantas evaluadas estén al menos en floración, aunque la etapa más utilizada es el estado de formación de frutos (diámetro de 1 a 3 cm). Si el análisis se hace en etapas iniciales de crecimiento (inicio de floración) es posible corregir deficiencias mediante aspersiones foliares. Por otra parte, el análisis foliar es una herramienta que ayuda a la planificación de los programas de fertilización para cosechas posteriores.

La muestra para el análisis foliar en plantas de tomate se toma de las láminas de los foliolos o en los pecíolos de las hojas, antes o al momento de la primera floración, en la tercera, cuarta o quinta hojas desarrolladas a partir de la yema terminal en los tallos principales. No se deben utilizar hojas dañadas por insectos, enfermedades, herbicidas, etc., ni incluir hojas secas con deformaciones, manchas necróticas o presencia de insectos.

Para poder interpretar los análisis foliares, se debe muestrear el tejido indicativo en la época indicada para cada cultivo, de esta manera se pueden comparar los datos obtenidos con los rangos obtenidos o niveles críticos. Se debe tener en cuenta que estos niveles pueden cambiar con las variaciones en clima, la tasa de crecimiento de la planta o con la presencia o ausencia de otros elementos.

La tabla 10 muestra los contenidos propuestos como valores apropiados, en general, para las plantas de tomate.

Es una Buena Practica Agrícola tener un programa de aplicación de fertilizantes en la finca, de acuerdo con las necesidades del cultivo y el análisis de suelo

Tabla 10. Contenidos apropiados de nutrientes en un análisis foliar para el cultivo de tomate

(%)					(ppm)				
N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Cu	Zn
3-5	0,4	6	1,25	0,5	40-60	30-50	70-150	5-10	20-40

Fuente: Muñoz A. R (1995)

Fertilización foliar

Se define como la aplicación de fertilizantes líquidos o polvos solubles en agua, a las partes aéreas de las plantas. Las hojas tienen la capacidad de asimilar sustancias nutritivas, y lo hacen en tres pasos: penetración, absorción y traslocación. La fertilización foliar es efectiva cuando existen deficiencias de algunos elementos. Lo más común y frecuente es hacer aplicaciones foliares de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio y algunos elementos menores.

Ventajas de la fertilización foliar

- Es un buen recurso en situaciones de emergencia.
- Se aplican cantidades menores de fertilizante al follaje que al suelo, para alcanzar un nivel deseable de nutrientes.
- De gran importancia en cultivos sometidos a estrés por la acción adversa del medio en que se desarrollan, o por efectos fitosanitarios negativos como: salinidad, altos contenidos de arcilla, y altos contenidos de materia orgánica.
- Los síntomas visuales de respuesta a un elemento son más rápidos en el caso de la fertilización foliar. Es probable, por lo tanto, que en caso de aplicaciones tardías de fertilizantes sea mejor recurrir a las aplicaciones foliares que a las edáficas.
- Ayuda a las plantas a recuperarse de los efectos fitotóxicos producidos por herbicidas, inundaciones, podas y después de altas producciones.
- Por su alta solubilidad, la aplicación al follaje de fertilizantes foliares es ideal en áreas de semilleros y trasplantes. A la planta hay que alimentarla bien desde que nace. Requerirá los abonos aplicados al suelo a partir del momento en que necesita absorber nutrientes, hasta cuando tiene suficiente masa en su parte aérea para que se pueda aplicar la fertilización foliar.

Fertirrigación

La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego (figura 93). La fertirrigación realizada en un sistema de riego por goteo ofrece las siguientes ventajas con respecto a la fertilización edáfica:

- Mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los fertilizantes, pues se localizan en la zona donde se desarrollan las raíces.
- Los fertilizantes se suministran a la planta conforme a sus necesidades en las distintas etapas de desarrollo.

Figura 93. Sistema, para la aplicación de fertirriego

- En la fertilización edáfica se hacen aportaciones nitrogenadas cuantiosas, lo que puede dar lugar a pérdidas importantes por lavado y volatilización, sobre todo en suelos arenosos. En fertirrigación mediante riego por goteo no existe este inconveniente.
- Ahorro de fertilizantes.
- La asimilación de los nutrientes es mayor, por la uniformidad horizontal y vertical en la aplicación, porque la penetración al suelo es más rápida y uniforme y porque se aplican fuentes altamente solubles y con suficiente volumen de agua para que las plantas las puedan absorber eficientemente.
- Adecuada nutrición. Se facilita la aplicación balanceada de acuerdo a las necesidades momentáneas de nutrición de las plantas.
- Corrección rápida de deficiencias específicas.
- Aplicación eficiente de microelementos, los cuales son costosos y se requieren en pequeñas cantidades.
- Aplicación de cantidades exactas de fertilizantes a través de sistemas de control automático.
- Reducción de costos operativos de aplicación de fertilizantes: energía, mano de obra, otros.
- Evita el taponamiento de equipos de inyección, goteros, mangueras, etc.

Sin embargo, cuando no se tiene un conocimiento profundo del manejo del fertirriego, de los tipos y mezclas de fertilizantes, las preparaciones de los mismos, y las cantidades y frecuencia de aplicación de acuerdo al estado nutricional de las plantas, es más recomendable acudir a la fertilización edáfica. Por otro lado, la utilización de la fertirrigación tiene las siguientes limitaciones:

- Exige la utilización de fertilizantes líquidos o sólidos solubles.
- El agua que contiene fertilizantes químicos no debe ser utilizada en ninguna otra actividad, no puede ser bebida por seres humanos ni animales.
- Todas las sustancias que se van a inyectar en el sistema de riego

La fetirrigación permite Mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los fertilizantes

deben ser evaluadas para determinar su compatibilidad o si causarán alguna reacción química indeseada.
- Si no se tienen sistemas exactos de monitoreo del riego, se puede llegar a contaminar aguas subterráneas debido al exceso de agua con sustancias químicas.
- Todas las partes que entran en contacto con soluciones concentradas o con sustancias químicas inyectadas, deben estar hechas de materiales resistentes a la corrosión con el fin de reducir ésta al mínimo.
- Se requiere un correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema.
- La Inversión inicial alta.
- Para lograr la máxima eficiencia, se requiere conocimiento sobre preparación de soluciones, deficiencias nutricionales, requerimientos nutricionales del cultivo, etc.

Características de los fertilizantes utilizados en fertirrigación

Para el empleo correcto de los fertilizantes hay que tener en cuenta aquellas características que pueden influir sobre el suelo de cultivo o sobre el manejo de la instalación:

Solubilidad

Todos los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un grado de solubilidad que impida las obturaciones con partículas sólidas sin disolver. Es importante conocer el grado de solubilidad del fertilizante, con el fin de saber la cantidad máxima del mismo que se puede añadir a una determinada cantidad de agua. La solubilidad depende de la temperatura del agua: a mayor temperatura mayor solubilidad.

Salinidad

Con excepción de la urea, todos los fertilizantes líquidos son soluciones salinas, en consecuencia, aumentan la salinidad del agua de riego. La concentración de sales solubles es uno de los criterios más influyentes para juzgar la calidad de las aguas de riego, puesto que la mayor o menor concentración de la solución en el suelo afecta el esfuerzo de succión que la planta tiene que hacer para absorber el agua, y esto lleva a que se reduzca el tamaño de las células y el tamaño del fruto, y, por ende, la cantidad de la producción. Cuando el agua es de buena calidad se pueden utilizar concentraciones altas en el abonado sin peligro grave; pero cuando el agua es de mala calidad, resulta indispensable utilizar concentraciones bajas, lo que requiere aplicaciones frecuentes.

Se considera que las plantas de tomate son tolerantes a la salinidad y capaces de crecer y producir comercialmente cuando son cultivadas en suelos salinos, y aunque sean regadas con aguas salinas. Sin embargo, cuando la salinidad es incontrolada, se pueden crear situaciones que tienen un efecto negativo sobre la planta y el suelo, como un resultado de la acumulación de sales en este último.

En ciertas situaciones, cuando hay un aumento de ciertos elementos dañinos en el suelo, como el sodio y el cloro, que son absorbidos por la planta, se produce toxicidad en el follaje. El indicador de salinidad en el suelo es la conductividad eléctrica (CE), que se mide en unidades de deciSiemens por metro (dS/m). La CE expresa el nivel de conductividad, el cual está dado a partir de todas las sales en la solución. Algunas sales son elementos benéficos que la planta absorbe y requiere, como el potasio, el fósforo y el nitrógeno, y algunas son elementos dañinos, como el cloro y el sodio, que no son absorbidos por la planta pero pueden incrementar la CE y aun cambiar la textura del suelo. El análisis de suelo permite conocer la composición de cada uno de los iones que requieren las plantas, y aprender la composición específica de las sales en la solución del suelo y cuáles factores influencian el incremento de los valores de la CE. Los principales factores que promueven la acumulación de sales son:

- La concentración de sales en el agua, la cual es un indicador de su calidad.
- Los tipos y la calidad de los fertilizantes.
- La nutrición incontrolada (aplicación de grandes cantidades de fertilizantes).
- El volumen y la frecuencia de aplicación del agua de riego.

Una combinación de déficit de agua y condiciones de salinidad conduce a una disminución significativa en el nivel de producción, en tanto que la repentina deficiencia de agua favorece la aparición de la pudrición apical del fruto.

En suelos con alto contenido de arcilla (suelos pesados) hay mayor riesgo de acumulación de sales, principalmente sodio (Na), y el lavado de las mismas en este tipo de suelos es difícil.

Acidez

Lo más conveniente es mantener una reacción ácida, lo que facilita la solubilización de los compuestos de calcio y evita, por tanto, las precipitaciones calcáreas en las conducciones. Muchos fertilizantes incrementan el pH del agua de riego, lo que aumenta el riesgo de las precipitaciones.

Los fertilizantes tienen un efecto considerable sobre el pH del agua de irrigación, en la que se disuelven. El pH óptimo de la solución del suelo está entre 5,5 y 7. Valores demasiado altos de pH (<7,5) disminuyen la disponibilidad de fósforo, zinc y hierro para las plantas, y se pueden formar precipitados de carbonatos y ortofosfatos de calcio y magnesio en tuberías y emisores.

Cuando aumenta el pH en la solución de fertirriego, las opciones para reducirlo son el ácido nítrico (HNO_3) o ácido fosfórico (H_3PO_4), con la ventaja que proveen, respectivamente, nitrógeno y fósforo a las plantas.

Grado de pureza

Los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un alto grado de pureza, para evitar sedimentos o precipitaciones que obstruyen la instalación. Hay que prevenir la incorporación de elementos tóxicos o no deseables, como Cl, Na o exceso de Mg que, añadidos a los ya existentes en el agua de riego, pueden alcanzar dosis perjudiciales.

Compatibilidad de las mezclas

Todas las sustancias que se vayan a inyectar en el sistema de riego deben ser evaluadas para determinar si causarán alguna reacción química indeseada. Hay que evitar las reacciones químicas en donde se originen productos sólidos insolubles. Por ejemplo, se debe evitar la mezcla de productos que contienen sulfatos (sulfato amónico, sulfato potásico, sulfato magnésico, etc.), o fosfatos (fosfato amónico, superfosfato, etc.) con los que contienen calcio (nitrato cálcico, cloruro cálcico, etc.) (tabla 11). Las fuentes comunes de cloro son agentes oxidantes, lo que causa la precipitación de carbonato de calcio y de magnesio, al igual que la de óxidos de hierro (herrombre).

En el caso de productores que cuenten con sistema de riego tecnificado, se podrán hacer las aplicaciones a través del riego, teniendo especial cuidado en las características de solubilidad del producto, la dosificación de este y las necesidades del cultivo

Tabla 11. Compatibilidad de algunos fertilizantes

	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Solución nitrogenada	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato Monoam	Ácido Fosfórico
Nitrato amónico		+	(+)	(+)	×	(+)	(+)	(+)
Sulfato amónico	+		+	(+)	×		×	(+)
Solución nitrogenada	(+)	(+)		×	(+)	(+)	(+)	(+)
Urea	(+)	(+)	×		(+)	(+)	(+)	(+)
Nitrato cálcico	×	×	(+)	(+)		+	×	×
Nitrato potásico	+	+	+	(+)	+		+	+
Fosfato monoamo	(+)	×	(+)	(+)	×	×		+
Ácido fosfórico	(+)	×	(+)	(+)	×	×	+	

+ Fertilizantes que se pueden mezclar
(+) Fertilizantes que se pueden mezclar al momento de aplicarlos
× Fertilizantes que no se pueden mezclar

Se pueden usar fertilizantes compuestos, o se puede preparar solución de fertilizantes, a partir de la mezcla de diferentes tipos de fertilizantes; se deben utilizar uno o dos tanques con un tamaño que sea compatible con el tamaño del área por fertilizar. Si se dispone de un solo tanque, se debe garantizar su lavado correcto. Además, el uso de más de un tanque facilita la aplicación de fertilizantes que no se pueden mezclar o que se sedimentan, y que producen taponamiento del sistema de riego o desintegración de alguno de los elementos nutritivos (tabla 12).

Tabla 12. Composición de los fertilizantes recomendados en dos tanques (una bomba por tanque)

Tanque A	Tanque B
Nitrato de calcio	Nitrato de potasio
Nitrato de magnesio	Ácido fosfórico
Nitrato de potasio	Ácido nítrico
Mezcla de microelementos (con boro si es requerido)	Ácido sulfúrico (si es requerido)
Quelato de hierro	Sulfato de amonio
	Amonio líquido (si es requerido)

La preparación de las soluciones nutritivas concentradas es una tarea que requiere mucha atención y conocimiento, especialmente en los puntos críticos: la calidad del agua, la concentración de los iones, la solubilidad de las diferentes fuentes utilizadas, el aporte salino y el nivel de acidez. Dada esta complejidad, se necesita un especialista en la formulación y estabilización de concentrados solubles que se utilicen en fertirrigación. Por lo tanto, si no se tienen dichos conocimiento y experiencia, lo más aconsejable es nutrir el cultivo mediante fertilizaciones edáficas hasta que se adquieran.

La aplicación de fertilizantes en terrenos cultivables debe estar orientada a su uso racional, con vistas a disminuir el impacto económico y sobre el medio ambiente. El manejo de la fertilización debe ser cuidadoso para evitar la contaminación del suelo y el agua.

Los cuidados en el uso de fertilizantes abarcan desde el manejo en bodegas, la calibración de los equipos, hasta la aplicación de fertilizantes en sí. En las Buenas Prácticas Agrícolas existen normas para su aplicación y almacenamiento.

Recomendaciones técnicas para la aplicación y manejo de fertilizantes

- Se debe tener un programa de aplicación de fertilizantes, realizado por personal capacitado, que apunte a lograr el máximo beneficio productivo, disminuir las pérdidas del productor y evitar la contaminación ambiental, así como la presencia de sustancias dañinas para el consumidor.
- Adquirir las cantidades de fertilizantes que se demandarán durante la temporada, para reducir el riesgo de pérdidas y de contaminación durante su almacenamiento.
- En el programa de fertilización se deben considerar los siguientes puntos:
  - Tipo de cultivo.
  - Necesidades nutricionales del cultivo.
  - Características y aporte de nutrientes del terreno.
  - Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
  - Solubilidad del producto.
  - Efecto sobre el suelo.
  - Dosis y momento de aplicación.
- Para cumplir con los puntos del programa de fertilización, se debe realizar un análisis del suelo o el sustrato por medio de un laboratorio especializado, antes de la plantación o del inicio de la temporada, o bien anualmente. Además, se debe conocer el historial de manejo del terreno.
- Las cantidades de fertilizante que se van a aplicar son un punto crítico; por esto la dosificación, el pesaje de los productos y la preparación de las mezclas las debe hacer un técnico capacitado para ello.
- Se debe aplicar una fertilización balanceada para evitar el desarrollo de enfermedades tanto infecciosas como fisiológicas en las plantas, y, además, prevenir la generación y acumulación de sustancias dañinas para los consumidores.
- Igualmente, evitar la aplicación de fertilizantes con alta solubilidad donde exista riesgo de contaminación de aguas, ya sean superficiales o profundas.
- Se deben considerar las condiciones climáticas para la aplicación del fertilizante y posterior a ella, con vistas a prevenir las pérdidas por escorrentía, y, por lo tanto, la posible contaminación de aguas y suelo.
- Los riegos se deben realizar minimizando las posibilidades de pérdidas de fertilizantes por escorrentía.

Los cuidados en el uso de fertilizantes abarcan desde el manejo en las bodegas, la calibración y mantenimiento de los equipos, hasta la aplicación de fertilizantes en si.

- En el caso de productores que cuenten con sistema de riego tecnificado, se podrán hacer las aplicaciones a través del riego, teniendo especial cuidado en las características de solubilidad del producto, su dosificación y las necesidades del cultivo.
- Las maquinarias usadas para la aplicación de fertilizantes se deben mantener limpias y en buen estado, chequear su correcto funcionamiento cada vez que se usen, y hacerles mantenimiento por lo menos una vez al año.

Almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos

- El área de almacenamiento de los fertilizantes y abonos orgánicos debe ser techada, estar limpia y seca, con adecuada ventilación y debidamente señalizada.
- Los fertilizantes deben almacenarse separados de otros productos, especialmente de los fitosanitarios. Se recomienda que sea sobre estibas o tarimas, con el fin de evitar que se humedezcan, y estar alejados de paredes para evitar la proliferación de plagas y roedores y facilitar la aireación.
- Los fertilizantes y los abonos orgánicos se deben almacenar separadamente.
- Los fertilizantes se deben almacenar en sus envases originales, o en un lugar debidamente identificado, si se encuentran a granel.
- El área de almacenamiento de fertilizantes debe incluirse en el programa de control de roedores del predio.
- Se debe mantener, en el área de almacenamiento, un registro actualizado de las existencias de fertilizantes.

Importancia de los macronutrientes en la producción de tomate

Nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente que más afecta el crecimiento y la producción del tomate. Es un nutriente fácilmente asimilable, fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento. Este elemento promueve la formación de flores, frutos y regula la maduración de la planta. Un adecuado nivel de nitrógeno contribuye a un fuerte crecimiento de la planta, mejora el color y tamaño del fruto y disminuye la aparición de hombros verdes.

La deficiencia de nitrógeno (figura 94) se manifiesta en un alargamiento de las plantas, los tallos se vuelven delgados, las hojas también son delgadas y erguidas, y las hojas inferiores presentan un color verde pálido hasta el amarillo. Cuando la deficiencia es severa, toda la planta presenta un color pálido, los foliolos se tornan pequeños, la nervadura principal de las hojas se vuelve de color púrpura antes de caerse, las flores se pueden caer prematuramente y el fruto que se forma se queda pequeño.

Figura 94. Deficiencia de nitrógeno

Por su parte, el exceso de nitrógeno produce un crecimiento vegetativo exagerado y hojas de color verde oscuro, se retrasa la floración y hay menos flores por racimo; el cuajado de los frutos es escaso, éstos adquieren un color verde pálido, se disminuye el contenido de sólidos en el jugo y se aumenta la acidez; la maduración se retrasa, los tallos se vuelven gruesos y los entrenudos largos. Además, aumenta la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades como gotera y botritis. Un síntoma común de exceso de nitrógeno es la presencia de hojas en el racimo floral (figura 95).

Para controlar la deficiencia de este elemento se recomienda la aplicación de urea, ya sea en forma edáfica, foliar o por fertirriego.

Figura 95. Presencia de vegetación en la inflorescencia por un exceso de nitrógeno

Fósforo

Al igual que el nitrógeno, es un elemento móvil en la planta, en la que actúan ligados fisiológicamente. El fósforo actúa en la fotosíntesis, la respiración, la transferencia de energía y la división y el alargamiento celulares. Es fundamental en la fotosíntesis y en la respiración celular, necesaria para el desarrollo de estructuras reproductivas y del sistema radical; promueve el crecimiento y el desarrollo de las raíces y mejora la calidad del cultivo; es vital para la formación de semillas, y ayuda a aumentar la resistencia a enfermedades.

La deficiencia de fósforo disminuye drásticamente la floración, la producción y la calidad del fruto; produce raquitismo en la planta, los tallos son delgados y fibrosos con una coloración púrpura opaca; las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulado, acompañada de tintes bronceados o púrpuras (figura 96), síntoma muy común en la etapa de semillero; la floración es poca, al igual que el cuajado de los frutos. Cuando la deficiencia es muy severa, se retarda la floración, se produce caída de hojas, flores y frutos, y la maduración es tardía.

Las cantidades de fertilizante a aplicar son un punto critico , por esto la dosificación, pesaje de los productos y preparación de las mezclas deben ser efectuados por un técnico capacitado para ello.

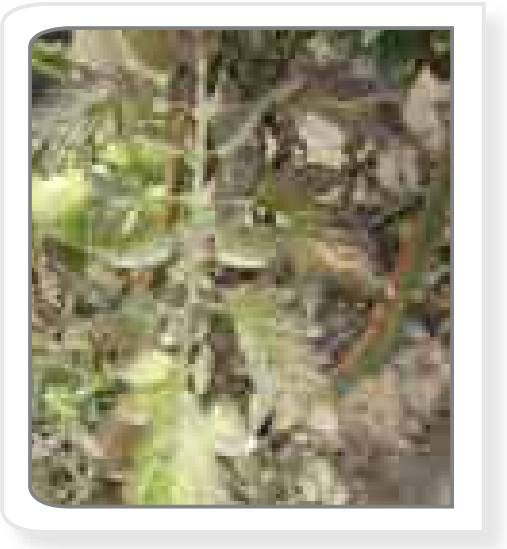


Figura 96. Presencia de coloración púrpura en las hojas por deficiencia de fósforo

El exceso de este elemento genera deficiencias de micronutrientes, principalmente de hierro y zinc (tabla 13). Existen en el mercado fuentes foliares de fósforo que pueden ayudar a corregir su deficiencia.

Potasio

El potasio es vital para la fotosíntesis y esencial en la síntesis de proteína; ayuda a que la planta haga un uso más eficiente del agua, por su efecto osmorregulador. Aumenta la tolerancia a heladas, es importante en la formación y la calidad de los frutos y en la activación de enzimas, y aumenta la resistencia a enfermedades; además, ayuda a las plantas a soportar el estrés causado por nematodos y, sobre todo, mejora considerablemente la calidad de los cultivos y sus cosechas. Este elemento tiene importancia preponderante en el llenado, la firmeza y la calidad organoléptica del fruto, interfiere en la uniformidad de la maduración e incrementa la vida en estante.

Las aplicaciones de K en tomate generalmente son más altas que para cualquier otra hortaliza. Por cada tonelada de fruto de tomate producido, se requiere que el cultivo haya removido 4,5 kg de K disponible en el suelo. Del total de K absorbido por la planta, la mayor parte se acumula en el fruto (57%). Pero un exceso de este elemento causa deficiencias de magnesio y calcio por desbalance.

La deficiencia de potasio puede ser similar a una deficiencia de magnesio, ambas se manifiestan primero en las hojas viejas. Sin embargo, la deficiencia de potasio se caracteriza por una clorosis entre las nervaduras, las cuales rápidamente se tornan de color bronce y luego necrosan (figuras 97 y 98), los entrenudos se acortan y hay pérdidas en el rendimiento y falta de vigor en las plantas. Los frutos presentan una maduración irregular, reducen su tamaño y su calidad (pocos sólidos solubles, manchas amarillas con áreas verduscas), se produce lo que comúnmente se conoce como maduración manchada (Blotchy ripening), y disminuyen su larga vida. La deficiencia de potasio trae como consecuencia reducciones en el potencial hídrico y en la capacidad fotosintética en la planta de tomate.

Para corregir la deficiencia de este elemento existen algunas fuentes de potasio, como son el nitrato de potasio y el fosfato de potasio, aplicadas ya sea por vía foliar, edáfica o fertirrigación.

Figuras 97 y 98. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas

Azufre

El azufre es esencial en la formación de proteínas, ya que forma parte de algunos aminoácidos; hace parte de las enzimas y vitaminas y es necesario en la formación de clorofila, por tanto ayuda a mantener el color verde, y estimula el crecimiento vigoroso y la producción de semilla.

El azufre está en la planta en proporción de 1 parte por cada 10 o 12 partes de nitrógeno. Si no hay azufre, la planta no puede usar el nitrógeno.

Aproximadamente el 90% del azufre disponible para la planta proviene de la materia orgánica, y puede decirse que entre más alto sea el contenido de materia orgánica del suelo menor será la posibilidad de una deficiencia de azufre.

En consecuencia, los suelos arenosos bajos en materia orgánica van a responder mucho más a las aplicaciones de azufre que los suelos orgánicos.

La deficiencia de azufre en tomate es escasa bajo condiciones de invernadero. Las plantas son pequeñas, los tallos son delgados, leñosos y alargados, con hojas rígidas y curvadas hacia abajo. Se desarrolla una clorosis intervenal verde amarilla a amarilla, los tallos, las venas y los pecíolos adquieren una coloración púrpura, las manchas necróticas pueden aparecer en las márgenes y puntas de hojas más viejas y sobre el tallo, y los frutos son de baja calidad con maduración incompleta. Esta deficiencia es similar a la de nitrógeno, pero, para la de azufre, los síntomas se manifiestan en las hojas más jóvenes, por la poca movilidad de este elemento. En algunas ocasiones las aplicaciones de fungicidas con base en azufre para el control de enfermedades satisfacen los requerimientos de la planta.

El monitoreo periódico del cultivo para observar posibles deficiencias o excesos de nutrientes es una Buena Práctica Agrícola para el manejo de los fertilizantes

Con el exceso de este elemento en la planta puede ocurrir una prematura senescencia de hojas.

Calcio

El calcio ayuda a los rendimientos en forma indirecta, porque mejora las condiciones de crecimiento de las raíces y, al estimular la actividad microbiana, la disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes. Estimula la producción de granos y semillas y es necesario para el crecimiento de los meristemos apicales. Por ser un elemento poco móvil, su transporte es lento y su deficiencia se aprecia rápidamente en las zonas meristemáticas.

Muchas veces surge la pregunta: ¿por qué se presentan deficiencias de calcio en suelos que tienen un contenido alto de este elemento? La respuesta es simple: la planta, durante todo su crecimiento, necesita un suministro constante de calcio; no lo acumula, lo toma y lo lleva hasta las hojas. Durante períodos de sequía con noches de baja humedad y días cálidos, hay excesiva evaporación. El calcio del suelo es absorbido por las raíces y llevado a las hojas donde ocurre la evaporación. ¿Qué pasa entonces en las hojas bajeras? Serán deficientes en calcio y, por esto, es allí donde se observan los mayores problemas. Y aun cuando haya abundancia de calcio en el suelo, no se distribuye uniformemente en la planta. Si hubiera alta humedad y menor evaporación, el calcio alcanzaría a redistribuirse.

En las plantas de tomate inicialmente aparece un amarillamiento de los bordes en hojas superiores, y se observa una coloración parda oscura en el envés, las hojas en formación manifiestan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba, y el punto de crecimiento presenta necrosis. Los tallos son delgados, débiles y quebradizos; las raíces son cortas, poco ramificadas y gruesas. En los frutos ocurre una pudrición en el extremo apical (figura 99); lo que comúnmente se conoce como "culillo", se manifiesta tanto en frutos verdes como maduros.

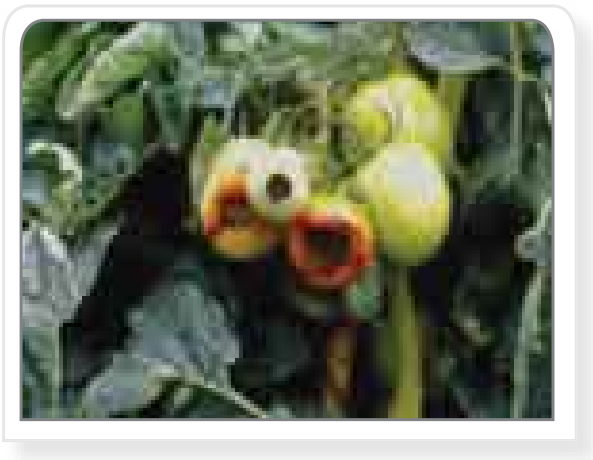


Figura 99. Pudrición apical del fruto producida por una deficiencia de calcio en la planta

Cuando la conductividad eléctrica (CE) en la solución del suelo está por encima de 3 dS/m^{-1}, y la concentración de calcio está por debajo de 100 ppm, la planta es más sensible a la pudrición apical o culillo.

Si hay un exceso de calcio en la planta pueden ocurrir deficiencias de potasio y magnesio por desbalance catiónico.

Factores que promueven la deficiencia de calcio en la planta

- Suelos con deficiencia de calcio o cultivos en sustrato.
- Inesperadas condiciones de estrés por exceso o falta de agua en el suelo.
- Estrés por salinidad como resultado de la acumulación de sales en el suelo.
- Competencia con otros elementos en el suelo o en el sustrato, un exceso de K y Mg ocasiona deficiencia de Ca (tabla 13).
- Condiciones de humedad relativa baja y viento con aire caliente.
- Altas temperaturas acompañadas por humedades relativas altas.
- Sistema de raíces pobremente desarrollado.
- Variedades sensibles.
- Altos niveles de amonio (NH_4).

Técnicas para controlar la deficiencia de calcio

- Aplicación suficiente de calcio en el agua de riego o al suelo.
- Riego regular y prevención de estrés de agua.
- Prevención de la acumulación de fertilizantes en el suelo o en el sustrato para evitar la acumulación de sales.
- Evitar altas concentraciones de Mg y K, elementos que inhiben la absorción de Ca en el suelo.
- Aplicaciones de K y Mg de acuerdo a los requerimientos de la planta.
- Mantenimiento de la humedad relativa adecuada en el invernadero.
- Favorecer un desarrollo radicular amplio y profundo que permita a la planta soportar condiciones adversas.
- Evitar el exceso de amonio.

Tanto el calcio como el boro son elementos poco móviles, y es más eficiente aplicar pequeñas dosis en forma repetida por vía foliar que una sola aplicación grande. Es recomendable aplicar fuentes de calcio como nitrato de calcio, quelato de calcio, entre otras.

Magnesio

Es un mineral constituyente de la clorofila, de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis. Ayuda en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de la planta y la activación de numerosas enzimas. Es necesario para la formación de azúcares, y propicia la formación de aceites y grasas. Interviene en la traslocación del almidón; por lo tanto, cumple un papel importante en el llenado de los frutos.

La deficiencia de magnesio se manifiesta en las hojas más viejas de la planta, las cuales presentan clorosis marginales, que van progresando hacia el centro como una clorosis intervenal (figura 100), las venas permanecen verdes y aparece un moteado necrótico en las hojas cloróticas (amarillas). Estas hojas se curvan hacia el haz, se necrosan y caen prematuramente. La deficiencia también puede observarse en la parte media de la planta cuando el cultivo está en máxima producción. En casos severos, se da la muerte de las hojas viejas, toda la planta se vuelve amarilla y se reduce la producción.

Se debe aplicar una fertilización balanceada, para evitar el desarrollo de enfermedades tanto de tipo infecciosas, como fisiológicas en las plantas.

La deficiencia de magnesio también es común cuando hay conductividades eléctricas altas como resultado de altas concentraciones de potasio. La corrección de este elemento se hace con aplicaciones en forma edáfica con sulfato de magnesio y óxido de magnesio, y vía foliar con productos a base de nitrato de magnesio.

Un suministro adecuado depende no sólo de la cantidad absoluta de magnesio, sino también de la relación Ca-Mg. Un exceso de calcio con relación al magnesio puede inducir una deficiencia de este último.

Cuando el magnesio se disuelve en la solución del suelo, es absorbido a través del sistema radicular por difusión o intercambio iónico. La competencia de nitrógeno, calcio y, particularmente, potasio, interfiere con la toma y absorción del magnesio.

La toma rápida de fertilizantes nitrogenados, cuando están en mayor proporción que el magnesio disponible, produce deficiencia. Al igual que con los otros nutrientes no móviles, el periodo crítico de utilización del magnesio es en los primeros cuarenta días de crecimiento.

Figura 100. Síntoma típico de deficiencia de magnesio

Importancia de los micronutrientes en la producción de tomate

Hierro

Figura 101. Clorosis en hojas terminales producido por una deficiencia de hierro

El hierro participa en el proceso respiratorio y en la fotosíntesis, interviene en la formación de la clorofila y, por tanto, es indispensable en la formación de alimentos en la planta. Asociado al cobre, el manganeso y el boro, aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de organismos causantes de enfermedades.

La deficiencia de hierro se manifiesta en las hojas terminales (figura 101), con una clorosis uniforme en las márgenes, que se extiende por toda la hoja, las venas también se vuelven cloróticas y, con el tiempo, la clorosis puede pasar a las hojas más viejas. Se disminuye el crecimiento de la planta, con hojas más pequeñas de lo normal, y las flores se caen (aborto de la planta).

Por exceso de hierro, se puede producir toxicidad en la planta, generalmente cuando se dan condiciones reductoras en el suelo, como en el caso de suelos inundados.

Las deficiencias extremas de hierro y manganeso aparecen en suelos ricos en limo y en suelos mal aireados, porque el exceso de agua y el encharcamiento causan pérdida de oxígeno.

Suelos con pH alto, y la presencia de carbonato de Ca (cal), inducen la clorosis de hierro, aun cuando los niveles de hierro en la planta sean altos. El hierro se encuentra en abundancia en la mayoría de los suelos, pero principalmente en forma no disponible para la planta, cuyo crecimiento se afecta en forma adversa Por la deficiencia de hierro disponible.

Las bajas temperaturas en el suelo pueden retardar la velocidad de crecimiento del sistema radicular, lo cual restringe la toma de hierro del suelo. Como norma, las deficiencias de hierro en el campo tienden a disminuir a medida que la temperatura aumenta y la humedad del suelo disminuye. El mejoramiento de la aireación fomenta la actividad microbiológica, hay mayor crecimiento de raíces y contacto de las mismas con el hierro.

En caso de una deficiencia severa de hierro, se recomienda aplicar producto a base de quelatos de hierro al 6% en el agua de riego; la dosis debe ser recomendada por la casa productora.

Generalmente la aplicación foliar es mejor que la aplicación al suelo, debido a que no es necesario meterse en la química del suelo y los consecuentes problemas de fijación del hierro por fosfatos, magnesio y otros nutrientes.

Manganeso

El manganeso hace parte de las enzimas que participan en la respiración y síntesis de proteína. En general, sirve como un activador para una variedad de reacciones enzimáticas, tales como oxidación, reducción e hidrólisis.

Es particularmente importante en relación con la fotosíntesis. Puede tener influencia directa o indirecta sobre cloroplastos, sitio donde la energía lumínica del sol se convierte en energía química.

La deficiencia de manganeso ocurre en suelos arenosos, turbosos, alcalinos y, particularmente, en suelos calcáreos o subreencalados. También en suelos con bajo contenido de materia orgánica.

La deficiencia de manganeso aparece también en los brotes terminales de la planta; como sucede con la deficiencia dehierro, se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas sobre la hoja las cuales se unen y forman una clorosis general conservando las venas verdes.

Para contrarrestar esta deficiencia se recomienda aplicar quelatos de manganeso al 13% en el agua de riego.

Las bajas temperaturas en el suelo pueden retardar la velocidad de crecimiento del sistema radicular, lo cual restringe la toma de hierro del suelo.

Zinc

Este elemento es indispensable en la formación de clorofila y es componente de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento. Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes, y les da a las plantas de tomate resistencia a las bajas temperaturas (heladas). El zinc, asociado al magnesio, el boro y el calcio, aumenta la fortaleza de la membrana celular de las raíces, al actuar como obstáculo ante la penetración de organismos patógenos.

Cuando hay deficiencia de este elemento, la planta presenta entrenudos delgados y cortos y adquiere una apariencia de roseta, las hojas son pequeñas y gruesas, con manchas cloróticas irregulares de color verde amarillo y áreas necróticas.

Los pecíolos de las hojas se rizan hacia abajo y éstas se enrollan completamente; las hojas basales muestran clorosis café anaranjada, se produce aborto de flores, y los frutos que se desarrollan permanecen pequeños y maduran prematuramente.

El exceso de fósforo puede inducir deficiencias de zinc, ya sea que la interacción entre el zinc y el fósforo ocurra en el suelo o en el proceso metabólico en la planta. Las aplicaciones altas de fosfatos restringen la absorción del zinc, que se combinará con los fosfatos solubles para formar fosfatos de zinc que no son rápidamente solubles.

Los suelos calcáreos, orgánicos o inundados propician con frecuencia la deficiencia de zinc. El bajo contenido de materia orgánica en el suelo es un factor que puede contribuir a la deficiencia. El hierro o el manganeso, tanto en exceso como en deficiencia, pueden ser factores que contribuyan a la deficiencia de zinc (tabla 13).

Un síntoma de toxicidad por zinc es la reducción del crecimiento de la raíz.

Boro

El boro actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas, interviene en la germinación y el crecimiento del tubo polínico y en el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación.

Si bien es cierto que la cantidad de boro necesaria para el metabolismo es mínima, su carencia es muy frecuente debido, entre otros factores, a su escasa movilidad dentro de la planta, aun bajo condiciones de suficiente disponibilidad edáfica del elemento. Su mayor concentración se encuentra en las hojas inferiores, en donde parece quedar fijado; a medida que la planta crece la concentración disminuye en las hojas jóvenes, puntos de crecimiento y frutos. Por lo tanto, la deficiencia se manifiesta generalmente en las hojas jóvenes, las cuales permanecen pequeñas y se deforman enroscándose hacia adentro, con manchas cloróticas de color amarillo naranja y venas amarillas, hay proliferación de rebrotes en forma de rosetas, se afecta el punto de crecimiento, el cual se necrosa y muere, y se detiene completamente el crecimiento. Se presentan tallos cortos, gruesos y rígidos, también caída de flores y frutos con áreas corchosas alrededor del punto de abscisión (figura 102). El sistema radicular es muy pobre, grueso y poco ramificado, de color amarillento o café.

Figura 102. Síntoma en frutos de deficiencia de boro

Con niveles ligeramente por encima de los necesarios para el desarrollo normal, se puede producir toxicidad en la planta. Los síntomas comienzan con amarillamiento de la punta de las hojas y luego se produce necrosis desde la punta superior de una hoja y bordes hasta el centro de la misma.

Factores que afectan la disponibilidad de boro en el suelo

La disponibilidad de boro para la planta se ve afectada tanto por los factores que favorecen su fijación como por aquellos relacionados con el clima, el material parental, las interacciones con otros elementos, la materia orgánica y la textura del suelo. La relación entre el boro y los factores mencionados es la siguiente:

- La escasa movilidad del boro en las plantas.
- Su tendencia a la lixiviación.
- Su adsorción a los coloides.
- La no disponibilidad en épocas de sequía.
- PH y nivel de cal: el encalado disminuye la disponibilidad de boro por fijación de los hidróxidos de hierro y aluminio recién precipitados.
- Interacción con otros elementos: en suelos con alto contenido de calcio generalmente se presentan deficiencias de boro, las cuales también se han inducido al aplicar tasas elevadas de potasio y nitrógeno.
- Clima: cuando el suelo está demasiado seco se produce una retención de boro, se cree que el secamiento favorece la sustitución de boro por aluminio. Por otra parte, la falta de agua reduce la mineralización de la materia orgánica y, por lo tanto, el suministro de boro.
- Textura: los suelos arenosos son generalmente más bajos en boro.

Teniendo en cuenta estas situaciones, investigadores de muchas partes del mundo desarrollaron las formulaciones y metodologías adecuadas para hacer altamente eficiente la aplicación foliar de boro. Esta práctica, como medio para prevenir

En el cultivo de tomate se reportan incrementos de 16% en el rendimiento, así como aumentos en los contenidos de azúcares, materia seca, vitamina C y nitrógeno proteico, como resultado de aplicaciones periódicas de boro.

o corregir su deficiencia, ha resultado ser la mejor alternativa; por ello su uso se está extendiendo en, prácticamente, todos los cultivos de las principales zonas agrícolas del mundo.

Las ventajas de la aplicación foliar de boro son múltiples, veamos:

El boro en formulación líquida puede aplicarse indistintamente con equipos aéreos o terrestres mediante sistemas de riego. Además, es compatible con la mayoría de plaguicidas, coadyuvantes de uso agrícola o con otros nutrientes de aplicación foliar, lo cual permite el aprovechamiento de las aplicaciones convencionales necesarias en los cultivos. Se requieren cantidades mucho menores por unidades de superficie en comparación con la aplicación edáfica.

Debido a la velocidad y eficiencia de absorción por vía foliar, se garantiza la eliminación de factores de pérdida como son la lixiviación, precipitación y adsorción, y se pueden corregir en forma inmediata los síntomas de carencia tanto en plantas anuales como perennes. Igualmente, se puede garantizar un suministro oportuno del nutriente a los cultivos en fase de activo crecimiento, aun bajo condiciones de estrés.

En el cultivo de tomate se reportan incrementos de 16% en el rendimiento, así como aumentos en los contenidos de azúcares, materia seca, vitamina C y nitrógeno proteico, como resultado de aplicaciones periódicas de boro.

Cobre

El cobre está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción. Estimula la formación del polen viable, por ello su más alta demanda se presenta en la floración; actúa conjuntamente con el manganeso y el zinc en la utilización y movilización de otros nutrientes, y ayuda al desarrollo de las raíces y a la formación de proteínas y enzimas. El cobre cumple, además, las funciones de aumentar el sabor en los frutos, el contenido de azúcares, la capacidad de almacenamiento y la resistencia al transporte.

Cuando hay deficiencia de cobre, las márgenes de las hojas jóvenes de la planta son pequeñas, pálidas y distorsionadas, se enroscan hacia arriba y los brotes son atrofiados, y hay un desarrollo muy deficiente de la raíz. Se producen lesiones necróticas oscuras sobre la vena principal, no hay producción de flores o es mínima; en casos severos, la planta puede presentar enanismo y clorosis.

El exceso de este elemento reduce el desarrollo de la raíz y se observa clorosis similar a la falta de hierro, probablemente como consecuencia de una deficiencia inducida de este último al reducirse por competencia la absorción de hierro.

Las deficiencias de cobre pueden corregirse utilizando varios compuestos, como los sulfatos cúpricos, el óxido cuproso, los quelatos de cobre, entre otros, los cuales pueden aplicarse al suelo por vía foliar o por fertirrigación.

Molibdeno:

El molibdeno es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico en la hormona ABA, reguladora del crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico; además, induce efectos positivos en la formación del polen viable al momento de la floración y la fecundación.

La deficiencia de este elemento se manifiesta en las hojas más viejas, que muestran una clorosis entre las nervaduras, las márgenes de las hojas se enroscan hacia arriba y sus venas también son cloróticas; en casos severos, se presenta necrosis de las hojas. El molibdeno es el único nutriente que muestra mayores problemas de deficiencia en suelos ácidos que en suelos alcalinos, en otras palabras, entre más ácido sea el suelo más necesario es el molibdeno.

Cloro

El cloro está involucrado en la apertura de los estomas, por esa razón interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros, por tanto casi nunca es necesario hacer aplicaciones de este elemento. A causa de los bajos requerimientos de cloro, es prácticamente imposible que se produzca deficiencia en la planta en condiciones normales.

Más importante es el exceso de contenido de cloro en la planta, que se produce por un nivel muy alto de salinidad en el suelo. Los síntomas son: quemadura de ápices y de borde de la hoja, bronceado, amarillamiento progresivo y caída de flores.

Tabla 13. Antagonismos comunes que se presentan por exceso de algunos nutrientes

Nutriente en exceso	Deficiencia inducida
Nitrógeno	Potasio, magnesio
Potasio	Nitrógeno, calcio, magnesio
Cloro	Nitrógeno
Azufre	Molibdeno
Sodio	Potasio, calcio, magnesio
Calcio	Potasio, magnesio, boro, manganeso, zinc
Magnesio	Calcio
Manganeso, cobre, hierro	Zinc
Hierro	Manganeso, zinc
Manganeso, zinc	Hierro
Fósforo	Hierro, zinc

Podas

En materiales de tomate de crecimiento indeterminado, se requiere realizar la poda de diferentes partes de la planta, como tallos, chupones, hojas, flores y frutos, con el fin de permitir mejores condiciones para aquellas partes que quedan y que tienen que ver con la producción; a la vez, se busca eliminar aquellas partes que no tienen incidencia con la cosecha y que pueden consumir energía necesaria para lograr frutos de mayor tamaño y calidad.

Las podas se realizan con el fin de brindar mejores condiciones a las plantas y buscar el aumento de la producción

Desinfección de herramientas

Para asegurar la salud del cultivo al realizar cualquier tipo de poda se recomienda hacer una desinfección periódica de las herramientas con una solución de yodo agrícola o hipoclorito de sodio al 5% (figura 103), al pasar de planta a planta y aplicar productos con base de cobre al cultivo, para evitar la entrada de microorganismos patógenos a través de las heridas causadas por la poda, principalmente enfermedades de tipo bacterial o fungosas como el hongo *botrytis* causante del moho gris. Además, se debe recoger y sacar del invernadero, lo más pronto posible, todos los residuos de la poda, ya que pueden ser fuente de inóculo de enfermedades y plagas (figura 104).

Figura 103. Desinfección de herramientas

Figura 104. Método adecuado de recolectar los residuos de poda

Las principales ventajas de las podas son:

- Reducir la competencia entre órganos en crecimiento.
- Mejorar la ocupación del volumen aéreo.
- Facilitar la aireación de la planta.
- Mejorar la penetración de la luz.
- Facilitar la recolección.
- Balancear la nutrición en la planta.

Tipos de podas

Poda de formación

Ésta es la primera poda que se le realiza a la planta en los primeros 25 a 30 días después del trasplante, y que define el número de tallos que se van a desarrollar. Se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos. La decisión del número de tallos debe depender de la calidad del suelo, la distancia de

siembra, el material utilizado y el tipo de tutorado empleado. Sin embargo, lo más recomendable en invernadero es trabajar la planta a un solo tallo (figura 105), para facilitar su tutorado y manejo.

La primera deschuponada se realiza aproximadamente entre los 25 y 30 días después del trasplante, en el momento de la poda de formación, y en ella se eliminan los brotes o chupones que se desarrollan en la base del tallo y que están por debajo del primer racimo floral (figura 106), los cuales generalmente florecen muy poco; se eliminan, además, las hojas bajeras amarillentas ya senescentes.

Figura 105. Planta de un solo tallo

Figura 106. Planta de un solo tallo con proliferación de brotes que deben eliminarse

Para asegurar la salud del cultivo al realizar cualquier tipo de poda se recomienda hacer una desinfección periódica de las herramientas

Poda de yemas o chupones

Una vez se define el número de tallos que se van a dejar en la planta, se eliminan todos los brotes que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas (figura 107); éstos se deben eliminar antes de que tengan un tamaño menor de 2 a 3 cm, para que no absorban los nutrientes que se requieren para la formación y llenado del fruto. Es conveniente dejar un pedazo de tallo al cortar el chupón de 1 a 3 cm para favorecer la cicatrización y evitar que la herida llegue al tallo principal (figura 108).

Figura 107. Chupones o brotes desarrollados en las axilas del tallo principal

Figura 108. Largo adecuado para cuando se realice un corte de chupones

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

Poda de hojas

Cuando el follaje es muy intenso, conviene hacer una poda de hojas para mejorar la ventilación e iluminación del cultivo. Las hojas viejas y amarillentas deben ser removidas (figura 109) después de que han completado su función fotosintética en la planta; su remoción permite mejorar la entrada de la luz para lograr mayor floración y cuajado de frutos y homogeneidad en su tamaño, calidad y maduración, aumentar la ventilación y bajar la humedad relativa en la base de las plantas, que favorece el desarrollo de enfermedades. Además, es importante extirpar las hojas enfermas que sean fuente de inóculo de plagas y enfermedades. La eliminación de las hojas bajeras se debe comenzar cuando haya terminado la recolección de los frutos del primer racimo, eliminando aquellas que estén por debajo de éste, y así sucesivamente a medida que se cosechan los demás racimos.

En plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres (hojas A, B, C) (figura 110) seguidas de un racimo floral: la hoja A se localiza inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral y es la responsable del 75% del llenado del fruto; la hoja B se ubica en posición intermedia a las hojas A y C y colabora con cerca del 8% del llenado del fruto, y la hoja C aporta el 15%, repartiendo sus fotosintatos

en forma bilateral para los racimos anterior y posterior. Los anteriores porcentajes muestran la importancia de las hojas en el llenado del fruto y su influencia cuando se poda en forma drástica la planta; por lo tanto, las hojas A, B y C no deben ser removidas sin un llenado óptimo del racimo.

Figura 109. Poda de hojas bajeras

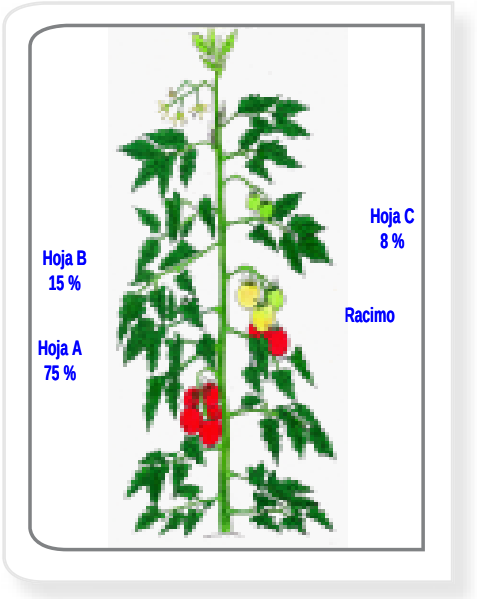


Figura 110. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado

En el caso extremo de que se presente un exceso de follaje que impida la penetración de la luz o favorezca la presencia de enfermedades por el exceso de humedad relativa, se recomienda eliminar únicamente la hoja B. Una defoliación intensa y precoz en la planta retarda y reduce la producción. Las hojas, además de proveer nutrientes al fruto, en épocas de verano intenso proporcionan sombra a los frutos y previenen el golpe de sol o la presencia de hombros verdes. En invierno, las hojas protegen el fruto del enfriamiento, ya que actúan como una barrera para el escape del calor acumulado en el fruto hacia la atmósfera del invernadero.

Poda de flores y frutos

El objetivo de este tipo de poda es balancear el crecimiento vegetativo y generativo de la planta, y homogenizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad.

La poda de flores y frutos va a depender del tipo de mercado que tenga el productor. Si el mercado exige frutos de un tamaño y calibre uniformes, se recomienda la realización de esta labor. También depende de la variedad utilizada. Algunas variedades producen un gran número de flores por inflorescencia, los frutos no se desarrollan bien y son de calibres muy pequeños (figura 111), que no satisfacen la demanda del mercado. En este caso, se recomienda eliminar flores antes de que sean polinizadas.

La eliminación de hojas debe hacerse para mejorar las condiciones de humedad dentro de los invernaderos como para disminuir los riesgos sanitarios del cultivo.

Lo ideal en tomates tipo chonto es dejar por racimo de 8 a 10 frutos, dependiendo del vigor de la planta, y en tomates tipo milano, de 6 a 8 frutos por racimo. Se deben eliminar los frutos deformes, enfermos y los más pequeños (figura 112).

Figura 111. Poda de frutos

Figura 112. Poda de frutos con daño fisiológico

La poda del fruto debe realizarse lo más pronto posible para evitar que aumente de tamaño y haya pérdida de nutrientes y asimilados que podrían ser utilizados por la planta para llenar otros frutos de mayor calidad. Lo ideal sería la poda de flores, sin embargo debe haber seguridad de que las flores que van a quedar en el racimo estén debidamente polinizadas.

Poda de yema terminal o despunte

Consiste en cortar la yema principal de la planta (figura 113), teniendo en cuenta que el racimo que esté por debajo de esta yema esté totalmente formado; además, se deben dejar dos hojas por encima del último racimo.

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

Figura 113. Poda de yema terminal o despunte

Usualmente, la poda de yema terminal incrementa el diámetro de los frutos en las tres últimas inflorescencias.

Polinización y métodos para mejorarla bajo invernadero

En la mayoría de los casos, las flores de tomate se autopolinizan ya que cada flor contiene tanto estructuras masculinas (estambres y granos de polen) como estructuras femeninas (ovarios, óvulos, estilo, estigma). Algunas veces ocurre la polinización cruzada especialmente por insectos. En condiciones de campo abierto y bajo óptimas condiciones de crecimiento, se produce tanto polinización cruzada como autopolinización en las flores de tomate, el viento natural, los insectos y el hombre promueven el proceso de polinización en campo abierto.

La dificultad del cuajado de los frutos se debe, en la mayoría de los casos, a una deficiente fecundación de las flores originada por humedad relativa baja o exceso de humedad, extremos de temperaturas, principalmente temperaturas muy bajas y mala iluminación dentro del invernadero, así como a la falta de viento o insectos polinizadores que favorezcan la fecundación.

En condiciones de invernadero, generalmente la polinización es parcial e insuficiente para producir una buena producción de frutos, ya que la acción del viento está limitada. Para mejorar el proceso de polinización existen varios métodos, además del manejo de las condiciones climáticas al interior del invernadero:

Vibrador (Abeja eléctrica): consiste en un aparato operado por batería, el cual tiene una varilla que vibra y que se pone sobre cada inflorescencia para facilitar la liberación del polen al estigma y favorecer la fecundación (figura 114).

Figura 114. Vibrador eléctrico operado por batería

En producciones donde las condiciones no sean las adecuadas para una buena polinización, por ejemplo cuando existen bajas temperaturas, se hace necesario la utilización de diversos métodos que favorezcan la polinización.

Expulsor de aire: es un dispositivo que lanza corrientes de aire sobre las inflorescencias, agitándolas, y así libera el polen de las anteras al ovario para fecundar el óvulo.

Polinización por insectos: generalmente son utilizados los abejorros, los cuales son atraídos por las flores para colectar granos de polen; en cambio, las abejas no son atraídas por las flores de tomate ya que éstas no producen néctar (figura 115).

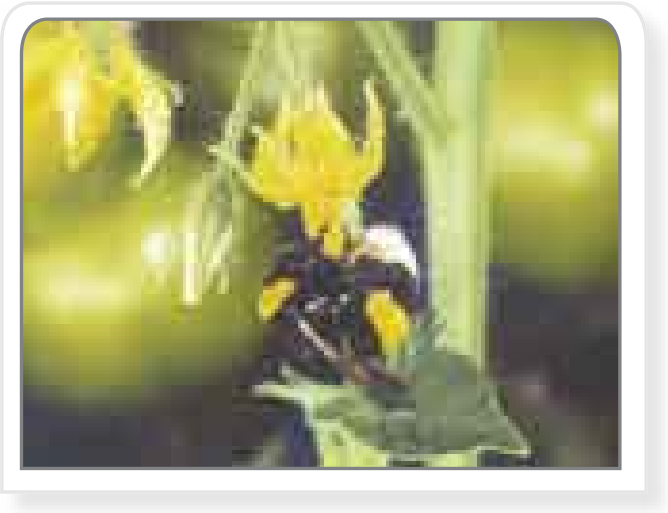


Figura 115. Polinización de flores por insectos

Vibración mecánica: consiste en agitar las flores a través de la vibración producida por golpes repetidos al alambre del tutorado, mediante la utilización de una vara (figura 116).

Figura 116. Polinización mecánica mediante golpes producidos al sistema de tutorado

Uso de hormonas de crecimiento: en condiciones extremas de temperatura, ya sea de mucho calor o de mucho frío, donde la polinización es defectuosa, la vibración no es efectiva, por lo tanto es recomendable el uso de hormonas, las cuales se deben esparcir sobre la inflorescencia y no sobre la planta. Su utilización y concentración deben ser directamente recomendadas por el fabricante, ya que una mala utilización puede producir toxicidad en la planta, deformación de frutos y frutos huecos.

La utilización del vibrador eléctrico, el expulsador de aire y la vibración mecánica debe hacerse diariamente o, como mínimo, día de por medio, al final de la mañana, después de que la humedad relativa dentro del invernadero se haya reducido y las flores estén más secas, pues, cuando las flores húmedas son sacudidas, el polen no es liberado apropiadamente porque está compacto por la humedad, y resulta una fecundación defectuosa. En el caso de los vibradores eléctricos, la punta debe ser puesta sobre el tallo de la inflorescencia y operado por uno o dos segundos, así toda la inflorescencia es sacudida y las flores son polinizadas, esta labor debe ser realizada desde el primer racimo hasta el último racimo de la planta; como todas las flores en la inflorescencia no abren al mismo tiempo, el proceso debe ser repetido una vez haya nuevas flores abiertas en la inflorescencia.

Tutorado y amarre

El tutorado consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda, permite un crecimiento vertical de las plantas evitando que las hojas y, sobre todo, los frutos tengan contacto con el suelo, y facilita las labores del cultivo. Entre las ventajas de la instalación de un adecuado tutorado se tienen: evitar daños mecánicos a la planta, tantota sea por el peso de los frutos o durante las prácticas culturales; obtener frutos de mejor calidad, ya que éstos no tienen contacto con el suelo; mejorar la aireación general de la planta, factor importante para la mayor sanidad del follaje; facilitar el control fitosanitario y la cosecha de los frutos, y favorecer el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. Todo esto repercute en la producción final, la calidad del fruto y el control de las enfermedades.

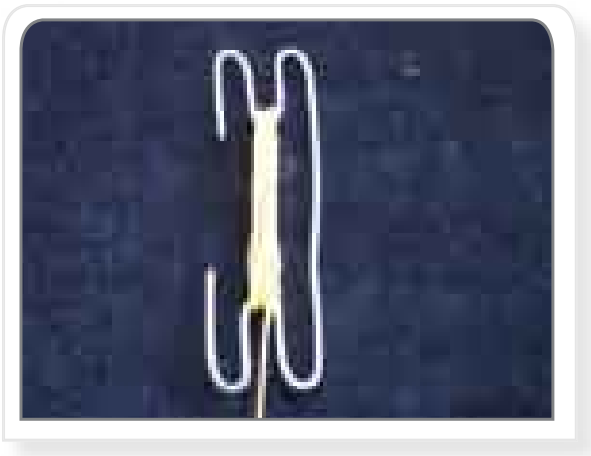
El tutorado puede hacerse con estacones de madera o guadua, y ser diseñado usando el menor número posible para evitar el sombrío sobre las plantas. Sin embargo, el tutorado más empleado para tomate bajo invernadero es el tutorado fijo vertical sencillo, utilizando una sola línea de alambre para la siembra a surco sencillo, aunque también se puede utilizar doble, cuando se siembra a doble surco, y donde se utilizan dos líneas de alambre a una distancia de 20 cm. La altura del tutorado depende de la variedad, el número de racimos al que se va a llevar la planta, y si las plantas se van a descolgar o se van a llevar a un amarre fijo.

El tutorado se construye poniendo en cada extremo del surco un poste de madera a una altura mínima de 2,5 metros (figuras 117 y 118), en ambos extremos se extiende una línea de alambre galvanizado calibre 8, del cual se cuelga un gancho de alambre que lleva enrollada la fibra de polietileno que, mediante argollas o abrazaderas de plástico (clips), va a sostener la planta; las abrazaderas se anillan al tallo por debajo del pecíolo de una hoja completamente desarrollada (figura 119). La ventaja de este sistema es que no causa maltrato a las flores, hojas, tallos y

El tutorado consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda, permite un crecimiento vertical de las plantas evitando que las hojas y, sobre todo, los frutos tengan contacto con el suelo, y facilita las labores del cultivo.

frutos, evita la proliferación de hongos en el contacto de la fibra o trapo en el tallo, y es de fácil manejo (se requieren aproximadamente 3 o 4 argollas por planta durante todo el ciclo).

A los postes utilizados en el tutorado se les debe aplicar un impermeabilizante tipo brea en la parte inferior, que va enterrada, para retardar su descomposición, incrementar la vida útil del poste y evitar pérdidas económicas cuando el tutorado se pudre y caen las plantas. Una vez termine cada ciclo es necesario revisar el estado de los postes.



Figuras 117 y 118. Sistema de tutorado mediante ganchos de alambre

Figura 119. Argollas o abrazaderas de plástico para el amarre de las plantas

Este sistema de tutorado permite descolgar las plantas en el momento en que se han cosechado los primeros tres o cuatro racimos. El descuelgue se realiza sobre el surco, y comúnmente se denomina "poner a caminar las plantas" (figura 120), y facilita las labores sanitarias y de cosecha. Antes de empezar a descolgar las plantas sobre el surco, se deben remover todas las hojas que estén por debajo de los racimos ya cosechados.

Figura 120. Descuelgue de plantas

Otra manera de amarrar las plantas al tutorado es mediante cuerdas de plástico o de tela de licra, que van desde la base de la planta y la enrollan en sentido del reloj cada dos o tres hojas, o con una vuelta por cada racimo hasta el alambre (figura 121). Lo que limita este sistema es que la fibra causa daños mecánicos a las plantas por ahorcamientos y estrangulamientos de hojas, tallos, flores y frutos, y que la licra utilizada puede almacenar humedad y convertirse en una fuente de inóculo para la propagación de enfermedades fungosas, bacterianas o virales, es por eso recomendable reemplazar la licra cada que se renueva el cultivo. Por otra parte, este sistema no permite descolgar las plantas, lo cual dificulta las labores de cosecha y control fitosanitario.

Figura 121. Sistema de amarre mediante tela de licra

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

La frecuencia de la labor de amarre de plantas depende de la variedad, el clima, el estado nutricional del cultivo y la programación de las labores.

Es recomendable que el tutorado sea independiente y no vaya fijado a la estructura del invernadero para que no se vea afectada su resistencia.

Riego

El riego agrícola como técnica o práctica de producción se puede definir como la aplicación suficiente, oportuna, eficiente y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer el agua que las plantas han consumido durante un tiempo determinado. El propósito del riego es crear un ambiente adecuado en la zona radical para que las plantas rindan la máxima producción.

Se considera que un buen riego no es el que "moja" uniformemente la superficie del suelo, sino aquel que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces de una planta (figura 122). Un buen riego es el que se aplica cuando la planta lo requiera, de acuerdo con el periodo en días que se deja entre dos riegos sucesivos y el agotamiento del agua en el suelo.

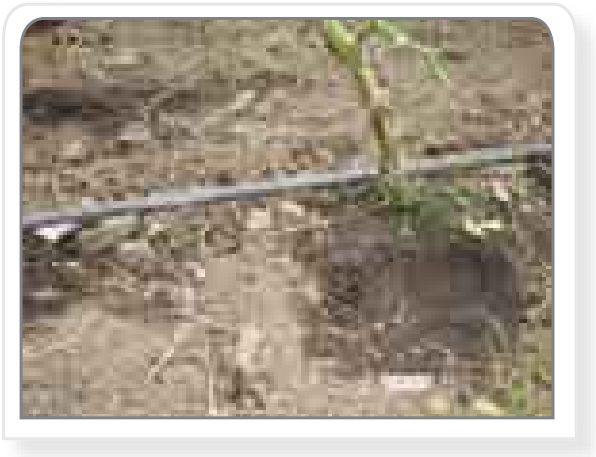


Figura 122. Agua de riego alrededor de la planta

Las plantas consumen agua debido al efecto de las condiciones climáticas (temperatura, radiación solar, velocidad del viento, entre otros factores) que hacen que se esté liberando permanentemente vapor de agua desde el suelo hasta la atmósfera, desde la planta por el proceso de transpiración y desde el suelo por el proceso de evaporación. Estas pérdidas de agua en conjunto, desde la planta y el suelo, se conocen con el nombre de evapotranspiración.

La aplicación oportuna de agua se refiere, a los días e intervalos que transcurren entre dos riegos, es decir, a la aplicación de agua en el día apropiado. Porque si se dejan muchos días entre riegos, se corre el riesgo de que el agua almacenada en el suelo se acabe y, por lo tanto, la planta se pueda marchitar. Si el riego es muy frecuente el agua se pierde por escorrentía, se puede presentar encharcamiento, disminuye el contenido de oxígeno en el suelo, se limita el desarrollo de raíces y la toma de nutrientes, y aumenta la humedad relativa del invernadero por la evapotranspiración del agua de suelo, lo que favorece el desarrollo de enfermedades y aumenta los costos.

La aplicación eficiente de agua hace referencia a su aplicación con las mínimas pérdidas posibles por percolación o escurrimiento; por lo tanto, la cantidad de agua que se aplique en cada riego tiene que ser

suficiente para cubrir el agua consumida por la planta en el periodo entre riegos y, además, cubrir las pérdidas inevitables.

La aplicación uniforme del agua indica que la cantidad de agua que reciben las primeras plantas de la hilera o del surco tiene que ser igual a la que reciben las que están al final de la hilera o del surco.

Es importante mencionar que, cuando se construye un invernadero, se requiere tener un tanque de reserva de agua para cualquier emergencia que pueda ocurrir (figura 123).

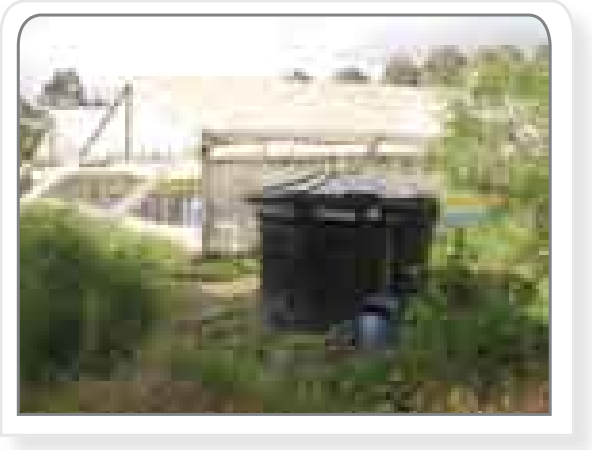


Figura 123. Tanque de reserva de agua

Requerimientos de agua del cultivo

La cantidad de agua que se aplique al cultivo de tomate dependerá de factores como: las condiciones climáticas del lugar (temperatura, humedad relativa, radiación y vientos), tipo de suelo, estado de desarrollo del cultivo y pendiente del terreno. El primer riego debe hacerse inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas, y luego deben realizarse riegos periódicos para mantener un adecuado nivel de humedad durante todo el ciclo de desarrollo de la planta. Los riegos no se deben llevar a cabo en las horas de la tarde, porque la evaporación del agua aumenta la humedad relativa dentro del invernadero en las horas de la noche y la madrugada, lo que implica problemas de enfermedades en las plantas; lo ideal es regar el cultivo en horas de la mañana.

La frecuencia de irrigación varía de acuerdo al tipo de suelo: en suelos arenosos la irrigación se aplica una o dos veces por día; en suelos medianamente pesados, el intervalo de riegos es más largo de acuerdo al contenido de humedad en la zona de raíces, y en suelos medianos, la frecuencia de irrigación puede ser de tres a cinco días. En general, los intervalos de irrigación no deben ser muy cortos, porque así no facilitan el desarrollo de un sistema de raíces bien profundo y ramificado, como respuesta de la planta a la búsqueda de agua.

Se considera que un buen riego no es el que "moja" uniformemente la superficie del suelo, sino aquel que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces de una planta

La parte aérea de la planta nunca debe ser humedecida, para prevenir la proliferación de enfermedades y preservar su sanidad; por lo tanto, se debe evitar la irrigación por aspersión.

El exceso de agua provoca un crecimiento acelerado en las plantas, retarda la maduración de los frutos, e incrementa la humedad relativa en el invernadero, lo cual favorece la caída de flores, la aparición de disturbios fisiológicos en los frutos, y la presencia de enfermedades radiculares y del follaje.

En el cultivo de tomate bajo invernadero, lo ideal es implementar la tecnología de riego por goteo, la cual es más eficiente, hay menos pérdida de agua y se evita humedecer el follaje. Es importante implementar el uso de tensiómetros para determinar el momento oportuno del riego.

Durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de la formación de frutos, el riego debe ser en periodos cortos pero frecuentes, con el objetivo de mantener la humedad del suelo, para la formación y el llenado de frutos. Si hay deficiencia de agua durante esta época, habrá dificultad para la absorción de nutrientes, en especial de calcio, aborto floral, caída de frutos pequeños, malformación de frutos, reducción del número de racimos florales y, en general, disminución de la productividad de la planta y de su vida productiva. Cuando la planta inicia el cuajado de frutos el consumo de agua se incrementa, esta alta demanda de agua se mantiene hasta la época de mayor carga de frutos, y poco a poco va disminuyendo hasta el final del cultivo.

La mayor necesidad de agua por parte del cultivo ocurre cuando se realiza el trasplante, también cuando la planta está en período de floración y continúa hasta el llenado de los últimos racimos (tabla 14).

La literatura menciona que una planta de tomate consume diariamente de 1 a 1,5 litros de agua, dependiendo de la variedad y del estado de desarrollo de la planta.

Nunca se debe dejar que el suelo se seque demasiado y luego, repentinamente, aplicar grandes cantidades de agua, pues esto ocasiona daños en las plantas, por ejemplo el agrietamientos en los frutos.

Tabla 14. Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero

Semana de trasplante	Estado de desarrollo	Mínimo*	Máximo*
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2-5	1.^{ero} a 4.^{o} racimo floral	1,5	3,0
6	5.^{o} racimo floral	3,5	3,5
7-9	6.^{o} racimo floral	3,5	4,0
10-11	7.^{o}-8.^{o} 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

*Necesidad diaria (litros/m^2/día)
Fuente: Escobar y Lee, 2001

Estimación de las necesidades de agua: Existen diversos aparatos para estimar la necesidad de aplicar riego; el más utilizado en nuestro medio es el tensiómetro.

Tensiómetro: el tensiómetro (figura 124) mide la mayor o menor fuerza de succión que tienen que ejercer las raíces para absorber el agua del suelo. Consta esencialmente de un tubo lleno de agua, con una cápsula de cerámica porosa en un extremo y con un manómetro o medidor de vacío en el otro extremo. El tubo se instala en el suelo, colocando la punta de cerámica a la profundidad cuya humedad se desea medir; lo ideal es ubicarlo a una profundidad de 25 a 50 cm, y a una distancia de 10 cm después de los goteros y de la planta; el manómetro va por encima de la superficie.

Figura 124. Ubicación del tensiómetro en campo

A medida que el suelo se seca, el agua del tubo pasa hacia el suelo a través de la cápsula de cerámica, cuanto más seco está el suelo, mayor cantidad de agua sale del tubo, con lo cual se crea un vacío dentro de éste que es registrado por el manómetro.

El tensiómetro lleva una escala dividida de 1 a 100 centibares. Las lecturas indican el vacío creado en el tubo, que es indirectamente proporcional al contenido de humedad: las lecturas altas indican un suelo con poca humedad, mientras que las lecturas bajas indican un suelo con mucha humedad.

Los tensiómetros deben ser leídos diariamente en una hora fija, preferentemente en la mañana, y llevar un registro que permita sacar conclusiones para el manejo de la irrigación. La interpretación de las lecturas del tensiómetro es la siguiente:

- De 0 a 10 indica suelo saturado. Esta lectura se da después de un riego.
- De 10 a 20 indica que el suelo está a la capacidad de campo. Es la lectura que se debe mantener en riego por goteo.
- De 30 a 60 es humedad útil, pero es escasa para el riego por goteo.
- Superior a 70, las plantas no disponen de toda el agua necesaria para su crecimiento.

Sin embargo, es necesario conocer el funcionamiento del modelo del tensiómetro que se vaya a adquirir, ya que con base en su lectura y en el tipo de suelo se

La mayor necesidad de agua por parte del cultivo ocurre cuando se realiza el trasplante, también cuando la planta está en período de floración y continúa hasta el llenado de los últimos racimos

determina la necesidad de regar o no. Cuando el productor no dispone de tecnología para estimar las necesidades de riego, debe basarse en la experiencia adquirida acerca del desarrollo del cultivo, y en la observación del tipo de suelo y de las climáticas al interior del invernadero.

Manejo del agua

Disponibilidad y calidad del recurso agua

El suministro de recursos de agua de fácilmente acceso está limitado actualmente en el mundo. Considerando que no toda el agua puede ser utilizada sino que una parte de las aguas superficiales se debe dejar en los ríos para salvaguardar el medio ambiente, más de la mitad de la escorrentía accesible está ya comprometida. En las regiones áridas y semiáridas, en países densamente poblados y en la mayoría del mundo industrializado, existe una competencia por los escasos recursos de agua.

La calidad del agua de uso agrícola varía, especialmente entre las aguas superficiales que pueden estar expuestas a contaminación temporal e intermitente, por ejemplo por descargas de aguas de desagües contaminados procedentes de la crianza de ganado en terrenos situados en la parte alta de la corriente. El agua subterránea también puede estar expuesta a contaminación afectada por el agua superficial, como la de los pozos viejos con grietas en su revestimiento.

Entre las fuentes típicas de agua para la agricultura se encuentran: el agua de corrientes superficiales, (los ríos, riachuelos, acequias, y canales descubiertos); el agua de reserva (pantanos, estanques y lagos); el agua subterránea procedente de pozos, y el agua de suministro municipal.

Una vez que se haya identificado la fuente de agua de riego, se deben identificar las posibles causas de contaminación, con el fin de tomar medidas preventivas para evitarlas, o de utilizar algún tipo de tratamiento para mejorar la calidad de agua. Entre las posibles fuentes de contaminación podemos mencionar las siguientes:

- Desechos orgánicos de seres humanos o animales que habitan en los alrededores de la fuente de agua y a lo largo de la misma.
- El mal drenaje de las letrinas que llega a contaminar la fuente de agua
- La cercanía de crianza de ganado, cerdos, aves u otros tipos de animales a lo largo de la fuente de agua.

No todos los agricultores cuentan con la suerte de tener agua de riego de buena calidad. Muchas veces no se pueden controlar los factores externos que contaminan el agua de riego, por lo que es necesario buscar otras fuentes, cambiar las prácticas de riego, o tratar el agua para poder lavar el producto cosechado con un agua de mejor calidad. Algunas opciones en el caso de no tener agua de buena calidad son:

- *Utilizar agua de pozos profundos:* los pozos manuales o mecánicos deben estar cubiertos, con sello hermético, ser impermeables y tener un brocal para evitar la infiltración, y un ribete que evite charcos o agua estancada alrededor del pozo.
- *Cambiar las prácticas de riego:* adoptar prácticas de riego que minimicen el contacto entre el agua y la parte comestible de la planta, como el riego por goteo, surcos, mangueras bajo tierra y aspersores de bajo volumen.
- *Utilizar agua tratada para lavar los productos:* almacenar el agua en tanques para que pueda ser tratada, ya sea con filtros o cloro, dejando el agua con una concentración de 0,5 a 1 ppm de cloro.

Aspectos legales del uso del agua

En Colombia existen dos decretos importantes acerca del uso del agua: el Decreto 1594 y el Decreto1541 del Ministerio de Justicia.

El Decreto 1594, en el Artículo 40 básicamente, se refiere a los criterios admisibles que debe tener el agua para uso agrícola, a la cantidad de coliformes fecales admitidas y de los análisis que se le deben realizar al agua para uso agrícola.

A continuación se describen los criterios admisibles para la destinación del recurso agua para uso agrícola.

Tabla 15. Criterios admisibles para la destinación del recurso agua para uso agrícola

Referencia	Expresada como	Valor mg/Lt
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0,1
Berílio	Be	0,1
Cadmio	Cd	0,01
Zinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0,05
Cobre	Cu	0,2
Cromo	Cr	0,1
Flúor	F	1.0
Hierro	Fé	5.0
Litio	Li	2,5
Manganeso	Mn	0,2
Molibdeno	Mo	0,01
Níquel	Ni	0,2
pH	Unidades	4,5-9
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0,02
Vanadio	V	0,1
Boro	B	0,3-0,4

El nivel máximo permitido de coliformes fecales no deberá exceder 1.000 unidades cuando se use para riego de cultivos.

Deberán hacerse mediciones al agua sobre las siguientes características:
a. Conductividad
b. Relación de absorción de sodio (RAS)
c. Porcentaje de sodio posible (PSP)
d. Salinidad efectiva y potencial
e. Carbonato de sodio residual
f. Radionucleídos

Además, el Artículo 71 del Decreto 1495 hace relación al control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos donde:
a. Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.

El agua se debe de manejar como un recurso escaso y de gran valor, por lo que todos los sistemas productivos deben apuntar a su conservación y buen uso.

b. Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
c. La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de la entidad encargada del manejo y la administración del recurso.

Finalmente, el Artículo 130 del Decreto 1495 menciona que todo usuario del recurso agua, para efectos de vertimientos, requiere autorización sanitaria de funcionamiento, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad encargada del manejo y la administración del recurso; y se cobrarán multas a quienes utilicen de forma directa o indirecta los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas.

Calidad del agua y su influencia en la fertirrigación

Cualquiera que sea la estructura de riego que tenga cada agricultor independiente, se deberá hacer el análisis microbiológico del agua de riego en forma periódica (cada 3 a 6 meses).

Un análisis típico de calidad del agua en el laboratorio (figura 125) incluye la determinación de la conductividad eléctrica -CE-, el total de sólidos disueltos -TSD-, recuento total de bacterias -RCT-, coliformes totales, y también se debe analizar la presencia de microorganismos (virus o parásitos) si se sospecha el brote de alguna enfermedad; igualmente, la concentración de cationes y aniones individuales, tales como calcio, magnesio, manganeso, sodio, carbonato, bicarbonato, nitrato, cloruro, hierro y sulfato, y, además, la concentración de boro, el pH y la tasa de absorción de sodio.

La evaluación del agua para microrriego debe incluir también el análisis de contaminantes biológicos, químicos y físicos que contribuyen a obstruir el orificio de los emisores.

Figura 125. Toma de muestra de aguas para evaluación de contaminantes biológicos, químicos y físicos

pH: el pH del agua es probablemente el indicador más importante de problemas potenciales. Expresa la concentración de los iones de hídrogeno y la acidez relativa del agua. Valores de pH del agua por encima de 7,8 generalmente indican problemas potenciales con los iones carbonato o bicarbonato que se precipitan dentro de los accesorios del sistema.

Conductividad eléctrica -CE -: la CE del agua de riego nos da una estimación de problemas potenciales de salinidad del suelo. La salinidad del suelo se expresa en términos de CE, medida en un extracto tomado en una pasta de suelo saturado. Debido a la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas, gran parte del agua aplicada al suelo se pierde, y quedan allí la mayoría de las sales solubles.

En regiones áridas y semiáridas es importante lavar con excesos de agua para mantener la productividad de buena parte de los suelos regados.

Sales disueltas: en una muestra típica de agua de riego existen muchas sales disueltas, y un análisis completo nos brindará la concentración de cada uno de los iones individuales.

Calcio y magnesio: el calcio y el magnesio son los cationes divalentes principales, tanto en el agua de riego como en la solución del suelo. Su concentración afectará enormemente la estructura y la tasa de infiltración del suelo.

La concentración de calcio cumple un rol preponderante en la formación de precipitados del agua aplicada sobre el follaje de las plantas.

Sodio: el efecto principal del sodio es su influencia negativa sobre la estructura del suelo. Puede también tener un efecto negativo sobre las plantas cuando la absorción es excesiva.

Potasio: no es común que se presenten altos niveles de potasio en el agua de riego. En algunas regiones se usa para regar agua con una concentración muy baja de sal. En estos casos, el potasio monovalente puede comportarse como el sodio, causando la descomposición de la estructura del suelo y el sellado de su superficie.

Azufre y nitrógeno: el azufre es analizado en el agua, tanto en estado de sulfuro como de sulfato. El sulfato es la forma de azufre absorbida por las plantas. El agua de riego puede aportar una cantidad significativa de los requerimientos de azufre de la planta.

El nitrato es la forma de nitrógeno que se analiza en el agua de riego, debido a que altos niveles de nitrato pueden contribuir en forma significativa a la cantidad de nitrógeno disponible para la planta.

Carbonato y bicarbonato: tanto los iones de carbonato como los de bicarbonato afectan en forma significativa el agua, el pH del suelo, y sobre todo la relación calcio/sodio. El agua de los canales porta una gran parte del flujo de retorno, mientras que pozos profundos pueden contener altos niveles de bicarbonato. La concentración

Es importante identificar los posibles riesgos de contaminación del agua para así destinarla a distintos usos.

relativa de carbono en forma de carbonato y del bicarbonato depende del pH del agua. A un pH de 10,5, las concentraciones de carbonato y bicarbonato serán aproximadamente iguales en la muestra de agua. A medida que el pH asciende, la proporción de bicarbonato aumenta continuamente hasta que todo el carbono se encuentra en esa forma. A un pH aproximado de 8,5, la totalidad del carbono se encuentra en forma de bicarbonato. El agua con una alta concentración de bicarbonato causa un incremento continuo del pH del suelo debido a que el carbonato de calcio ($CaCO_3$) se precipita. Un pH elevado puede causar deficiencias en micronutrientes, especialmente de hierro.

Boros y cloruros: en muchas regiones, el agua de riego contiene una elevada concentración de boro y de cloruros, lo que puede representar un peligro específico.

Manejo fitosanitario
Protección de cultivos

Manejo de arvenses

La época más crítica de competencia por arvenses o malezas en el cultivo de tomate está estimada entre los 35 y 70 días después del trasplante. Dentro del surco las malezas interfieren en el cultivo, compitiendo por luz, agua y nutrientes del suelo o mediante la producción y secreción de sustancias tóxicas para el cultivo (alelopatía); pueden ser hospederas alternas de patógenos o insectos plaga de cultivo, y favorecer el aumento de la humedad relativa dentro del invernadero, lo cual contribuye a la presencia de plagas y enfermedades.

Desyerbe

Las malezas deben ser eliminadas (figura 126), y se dejan en las calles para que mediante su descomposición se mejore el suelo, siempre y cuando se compruebe que no son fuente de inóculo de plagas y enfermedades. Por otro lado, si no afectan el cultivo por un exceso de humedad, o por ser albergue de plagas, se pueden dejar en las calles de los surcos para favorecer el refugio de enemigos naturales de las plagas.

Figura 126. Eliminación de malezas dentro del surco

Es importante tener en cuenta las condiciones climáticas dentro del invernadero al momento de desyerbar las calles, ya que si la humedad relativa es muy alta es aconsejable eliminar las malezas para tratar de bajar ésta; si, por el contrario, se presentan altas temperaturas, esto puede ocasionar una disminución severa de la humedad relativa, y en este caso sería aconsejable dejar las malezas en las calles para controlar esta situación, siempre y cuando no sean hospederas de plagas y enfermedades.

Los desyerbes se deben realizar periódicamente en forma manual o con azadones, teniendo cuidado de no causar daño a las raíces.

La aplicación de herbicidas dentro del invernadero no es aconsejable debido a la residualidad que pueden generar estos productos, y dentro del esquema de Buenas Prácticas Agrícolas no es muy conveniente su uso. Sin embargo, su uso se justifica cuando se inicia por primera vez el cultivo y el terreno donde se construye el invernadero está cubierto de malezas o pastos que no son fáciles de erradicar (figura 127).

Coberturas plásticas

Otra forma de controlar las malezas es mediante la utilización de coberturas plásticas sobre el surco (figura 128). Este sistema, además de impedir el brote de las malezas, reduce el consumo de agua al disminuir la evaporación, protege el suelo de la erosión, favorece el desarrollo radicular de manera horizontal, facilita la absorción óptima de los nutrientes y almacena calor en el suelo para el periodo nocturno, se convierte así en un medio de defensa de las plantas contra las bajas temperaturas, e influye en aumento de la producción y mayor precocidad en la cosecha de los frutos; además disminuye la lixiviación de nutrientes y la compactación del suelo, facilita la actividad microbiana y aumenta el nitrógeno disponible en el suelo al disminuir la evaporación de los compuestos nitrogenados. Igualmente, puede ayudar a disminuir el desarrollo de enfermedades foliares, ya que dentro del invernadero se mejora el microclima porque se reduce la evapotranspiración de la humedad del suelo

Figura 127. Control de malezas con herbicidas, práctica poco recomendable

Figura 128. Uso de coberturas plásticas para el control de malezas

Ventajas del uso de coberturas plásticas

Humedad del suelo: por ser un plástico impermeable al agua, la humedad retenida en el surco cubierto no se evapora y está siempre disponible para el desarrollo del cultivo, pues éste se beneficia de una alimentación constante y regular.

La distribución de la humedad uniforme dentro del surco permite mayor desarrollo de las raíces superficiales en forma horizontal, sin necesidad de profundizar, aprovechando más los nutrientes disponibles en el suelo.

Temperatura del suelo: durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol y, durante la noche, este calor es retenido por el plástico por un período más prolongado. Esto favorece el calentamiento del suelo, y, por ende, su actividad microbiana, principalmente de los microorganismos benéficos descomponedores de materia orgánica, lo que facilita la disponibilidad de nutrientes para la planta.

El calentamiento del suelo permite, además, eliminar aquellos patógenos del suelo que afectan las plantas como son, entre otros, hongos *Pythium, Rhizoctonia, Fusarium, y Phoma*, que no soportan altas temperaturas.

Estructura del suelo: el suelo, cuando está protegido con cobertura, no se compacta y permanece bien estructurado, poroso, con mayor capacidad de absorber oxígeno y retener humedad. Así mismo, el sistema radicular se desarrolla lateralmente, en vez de profundizar, con más raíces, lo que favorece la absorción de agua, sales minerales y demás fertilizantes que conducen a un considerable aumento de la producción.

Fertilidad del suelo: la película plástica que protege el suelo impide que el agua de riego se lave, lo que evita la lixiviación de los nutrientes. Igualmente, gracias a la impermeabilidad del plástico, se evita la volatilización del nitrógeno y se impide su pérdida.

Hierbas dañinas: el crecimiento y desarrollo de hierbas dañinas debajo de la cobertura plástica depende de la capacidad de la cobertura para impedir el paso de la luz. Los plásticos opacos, generalmente de coloración oscura, no permiten el paso de la luz, lo que impide la función de fotosíntesis, esto hace que la vegetación espontánea no tenga condiciones para desarrollarse; igualmente, el incremento de las temperaturas también evita el crecimiento de las malezas.

Protección de los frutos: la cobertura plástica actúa como una barrera de separación entre la tierra y la parte foliar de la planta, evita que los frutos tengan contacto directo con el suelo, y permite que éstos se desarrollen limpios y sanos, con lo cual se obtiene mejor calidad y valor comercial. Esta ventaja es muy importante para el cultivo de tomate, en el que las plantas producen frutos rastreros, porque las pérdidas por pudriciones se reducen.

Mayor precocidad de la cosecha: como la planta constantemente tiene disponibilidad de agua y fertilizantes y con temperaturas más favorables para sus necesidades, su ciclo tiende a ser más corto que los cultivos normales. Esto posibilita a los

La utilización de coberturas plásticas sobre los surcos impiden el desarrollo de malezas, protegen el suelo de la erosión disminuye la lixiviación de nutrientes y la compactación del suelo

agricultores llegar a los mercados antes y obtener mejores precios por sus productos, y liberar el terreno mucho más rápido para el cultivo siguiente.

Incremento de la productividad: todas las ventajas mencionadas anteriormente conducen a las plantas a una producción más voluminosa en un cultivo normal.

Desventajas del uso de coberturas plásticas

- Cuando se instalan coberturas plásticas, necesariamente se requiere que la fertilización se realice a través de un sistema de riego y no edáfica.
- La utilización de coberturas plásticas requiere la implementación de un plan de manejo de reciclaje de los mismos, una vez han cumplido su vida útil.
- Necesariamente hay que utilizar tensiómetros, ya que las coberturas plásticas no permiten observar los contenidos de humedad del suelo.

Manejo integrado de plagas -MIP

El diseño y desarrollo de un plan de manejo de plagas adecuado y eficiente en un cultivo requiere una vasta serie de conocimientos, no sólo acerca de las plagas y los aspectos agronómicos del cultivo, sino de toda las interacciones que surgen en la dinámica de las poblaciones de los organismos involucrados en el agroecosistema.

Los estudios biológicos permiten conocer aspectos básicos, tanto de las especies plagas como de sus enemigos naturales: la duración y las características de cada uno de los estados por los cuales pasan estos organismos en su desarrollo; el número de generaciones que ocurre durante un año o un ciclo de cultivo; los lugares donde transcurre cada fase; el tipo y la forma de alimentación, y la rata de reproducción, la fecundidad, la fertilidad y la proporción sexual.

Además, es necesario conocer los diferentes métodos de control existentes y disponibles, los niveles de advertencia, umbral y daño económico de las poblaciones, así como la metodología más adecuada para estimar o determinar esos niveles.

Por otra parte, al establecer un plan de manejo de plagas es necesario contemplar el estado específico del agroecosistema en el cual se va a aplicar. En el caso del tomate, la producción se caracteriza por un amplio consumo de plaguicidas, en la mayoría de los casos excesivo, lo cual, además de incrementar los costos de producción, muchas veces no logra el propósito buscado y, por el contrario, origina otros problemas secundarios graves.

Esta situación ha generado, en las últimas décadas, una amplia serie de problemas tales como: la aparición cada vez más frecuente de resistencia de las plagas a los insecticidas, la destrucción de los enemigos naturales de las plagas, la reducción cualitativa y cuantitativa de la fauna y flora silvestres, los desequilibrios ecológicos, la alta contaminación ambiental por acumulación de plaguicidas, sus residuos o metabolitos en el suelo, en las aguas, en el aire y en los productos agrícolas y pecuarios. Cada día son más frecuentes los casos de envenenamiento, tanto de animales domésticos como de humanos, e incluso se cree que la aparición de algunas enfermedades nuevas en los humanos es debida al uso exagerado e indiscriminado de plaguicidas.

Tales problemas adquieren mayor importancia en las zonas hortícolas, caracterizadas por una explotación intensiva del suelo y donde la mayoría de los productos son de consumo directo, y su calidad se rige

más por estándares cosméticos que de salubridad, con exigencias en cuanto a presentación, forma, color, tamaño y otros, pero ninguna atención a la presencia de residuos tóxicos o a la calidad nutricional del producto.

Ante esta situación, se impone la necesidad de desarrollar un plan de manejo de plagas en tomate, que contemple, como punto básico, la reducción y racionalización del uso de plaguicidas mediante la utilización de técnicas alternativas, como el control biológico, las prácticas culturales, el uso de trampas de feromonas, atrayentes, repelentes, o cualquier otro método que, sin deteriorar el ambiente, contribuyan a reducir las poblaciones de plaga a niveles no perjudiciales, teniendo en cuenta que éstas medidas se deben tomar antes, durante y después del cultivo, y no cuando aparezca la plaga.

El manejo integrado de plagas -MIP- (figura 129) es un sistema orientado ecológicamente, que incluye todos los métodos o técnicas disponibles, combinadas armónicamente para reducir las poblaciones de plagas por debajo del nivel de daño económico, o para evitar que las infestaciones alcancen dicho nivel. Está orientado hacia la convivencia con las plagas, no a su erradicación total sino, más bien, hacia el manejo de las poblaciones y, en el caso de invernaderos, al manejo de infestaciones localizadas.

Figura 129. Métodos o técnicas para un manejo integrado de plagas y enfermedades
Fuente: Adaptado de Tamayo, 1994.

El manejo integrado de plagas -MIP- es un sistema orientado ecológicamente, que incluye todos los métodos o técnicas disponibles, combinadas armónicamente para reducir las poblaciones de plagas por debajo del nivel de daño económico.

Adicionalmente, es importante también tener en cuenta una serie de estrategias básicas para el manejo integrado de plagas dentro del invernadero:

- Estructura adecuada que permita una correcta ventilación y manejo de las temperaturas.
- Plástico en buenas condiciones (sin agujeros, limpio).

- Mallas en laterales y aberturas cenitales que impidan la entrada de plagas y vectores.
- Red de riego en perfectas condiciones para conseguir uniformidad en el aporte de agua y nutrientes, evitando asfixia radicular o desequilibrios fisiológicos.
- Evitar asocio de cultivos como refugio de plagas, enfermedades e insectos vectores.
- Eliminar residuos de cosecha y malezas hospederas de plaga dentro y fuera del invernadero.
- Análisis físico-químico del suelo.
- Análisis de agua.
- Utilizar semillas de variedades registradas.
- Utilizar plántulas sanas.
- Distribución adecuada de la plantación.
- Poda oportuna de brotes y hojas y colgado de las plantas.
- Aplicación de un bactericida después de la poda.
- Fertilización equilibrada y oportuna de acuerdo al análisis de suelo.
- Eliminación de partes o plantas enfermas.
- Eliminar malezas hospederas de plagas o enfermedades.
- Limpieza y desinfección de herramientas.
- Desinfección de calzado para ingresar al invernadero (figura 130).
- Ventilar adecuadamente para evitar el exceso de humedad relativa dentro del invernadero, lo cual favorece el desarrollo de enfermedades.
- Evitar el goteo del agua de condensación del techo del invernadero.
- Favorecer la polinización: aves, abejorros, vibración, fitorreguladores.
- Favorecer la aplicación de productos biológicos.
- Realizar monitoreo constante del estado fitosanitario del cultivo (figura 131).
- Utilizar trampas adhesivas de color amarillo (para mosca blanca y minador) y azules (para trips).

Figura 130. Desinfección de calzado

Figura 131. Monitoreo de plagas

Las siembras escalonadas, la no rotación de cultivos, los residuos de cosecha no eliminados, el uso indiscriminado de agroquímicos, las múltiples labores que demanda el mantenimiento del cultivo no atendidas adecuadamente son, entre otras, las razones más importantes que inducen o provocan problemas fitosanitarios por plagas o enfermedades que muchas veces conllevan a la muerte total de la planta.

La tendencia predominante durante años ante el problema de plagas, ha sido utilizar con mayor énfasis un solo método de combate: el uso de plaguicidas. Un alto porcentaje de los costos de producción de esta hortaliza está relacionado con la compra y aplicación excesiva de agroquímicos por parte del productor, sin la recomendación de un asistente técnico. Esto encarece los costos y causa serios disturbios al medio ambiente y a la salud de los consumidores de esta hortaliza, la cual es llevada al mercado cubierta de residuos tóxicos.

Desde el punto de vista entomológico, el excesivo uso de plaguicidas y su aplicación tipo calendario, además de los altos riesgos humanos, causan destrucción de los insectos benéficos y rompen el equilibrio biológico, lo cual necesariamente se expresa en nuevas y continuas aspersiones de plaguicidas. Muchas de las especies dañinas de importancia secundaria se tornan primarias ante la presión permanente de venenos en estos cultivos.

El manejo integrado de plagas es una práctica que involucra los siguientes controles:

Control natural

Es el conjunto de factores que regula las poblaciones de las plagas y de organismos en general. Todas las poblaciones de insectos se autorregulan naturalmente. Ellas muestran, en general, una estabilidad considerable en un periodo definido en cualquier ecosistema. El control natural, que se da por la combinación de factores bióticos y abióticos naturales, es muy específico para cada especie de insecto, depende de condiciones climáticas favorables y es muy susceptible a las intervenciones del hombre, quien en muchas ocasiones es el responsable de su destrucción.

El método natural es indispensable para el control racional y rentable de los insectos dañinos, ayuda a reducir las poblaciones de plagas reales y es la base fundamental en la prevención de problemas potenciales. Los enemigos naturales de los insectos son uno de los factores más importantes para la protección de cultivos, dependen y se ven afectados por cambios en la densidad de la plaga o de los hospederos (plantas). La eficiencia del control depende de la capacidad controladora y de la cantidad de enemigos que se encuentren en el medio ambiente. Sin embargo, un enemigo natural altamente eficiente no requiere una densidad de población muy grande para mantener el control del insecto plaga.

Agentes de control natural

Factores bióticos
Son todos aquellos organismos presentes en el agroecosistema que actúan, bajo condiciones ambientales específicas, en forma natural sobre los insectos plaga, regulando sus poblaciones. Se clasifican en parásitos, depredadores y entomopatógenos.

Los parásitos son organismos que se desarrollan en un solo hospedero al cual matan al término de su desarrollo larvario, por lo que el grado de especificidad es

El manejo Integrado de plagas se basa en los diferentes métodos de control, que incluyen el control cultural, mecánico, físico, biológico y químico

el más alto y es, por ende, el más eficiente dentro de los controles naturales. Los insectos parasitoides en su estado adulto son muy móviles para localizar su presa y parasitarla al poner sus huevos dentro o sobre ella. Los predadores son organismos, generalmente insectos, artrópodos y vertebrados (pájaros), que consumen parte o todo el insecto plaga para alimentarse. Consumen varios organismos en el transcurso de su vida y son activos buscadores de su alimento.

Los entomopatógenos son microorganismos capaces de provocar epidemias en las plagas al matar a su hospedero, liberando posteriormente millones de individuos que son dispersados por el agua, el viento u otros insectos (figura 132). En algunos casos, el control por parte de los factores bióticos puede llegar casi a la totalidad, en tanto que otros generan un efecto de debilitamiento que hace que las plagas sean más susceptibles a factores de mortalidad. Entre los entomopatógenos se encuentran bacterias, hongos, virus y nematodos.

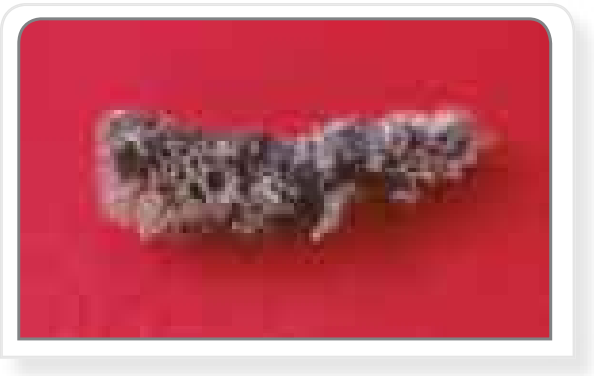


Figura 132. Larva afectada por hongos entomapatógenos

Los mas utilizados en la producción de tomate son: el hongo Beauveria bassiana, para el control de mosca blanca, trips y áfidos; *Lecanicillium lecanil*, para el control de mosca blanca y áfidos; *Metahrizium anisoplae*, para el control de chiza o mojojoy, y *Paecilomyces lilacinus*, para el control de hematodos.

Factores abióticos
Son todos los factores del clima que pueden intervenir directa o indirectamente sobre las poblaciones de los insectos plaga. Los factores abióticos provocan de manera directa cambios en el número de insectos, al influir sobre su longevidad, crecimiento, reproducción, dispersión y comportamiento; de manera indirecta, afectan las plantas hospederas (floración, crecimiento, fructificación) y a los enemigos naturales de los insectos plaga.

Control legal

Consiste en el establecimiento de leyes, normas o disposiciones legales, de carácter nacional, departamental y municipal (e incluso particular) encaminadas a evitar la introducción, establecimiento o diseminación de plagas en un país, región o cultivo.

Control cultural

El control cultural hace uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un agroecosistema adverso al desarrollo y a la supervivencia de las plagas o para hacer el cultivo menos susceptible a su ataque. Su uso se realiza generalmente de manera preventiva, tiene un efecto extendido en el tiempo, no implica el aumento de los costos de producción, no causa contaminación y es compatible con otros tipos de control.

Los principales métodos utilizados en este método de control son:

- Preparaciones tradicionales del suelo, con los cuales se ejerce un control sobre las plagas edáficas. Sin embargo, el sistema de labranza mínima tiene mayores efectos de control por conservar condiciones favorables de controladores naturales de las plagas.

- Uso de semilla y material de trasplante libre con el fin de evitar la introducción y la contaminación de los campos con nuevas plagas.
- Rotación de cultivos.
- Planificación de la fecha de siembra y cosecha para romper la sincronización que efectúan las plagas con el cultivo.
- Manejo de arvenses, uso de coberturas y destrucción de hospederos alternativos. Es conveniente advertir que algunas de las especies de arvenses son hospederas, atrayentes o repelentes, tanto de insectos benéficos como de plagas.
- Periodos libres de cultivo y destrucción de residuos de cosecha, con el fin de romper con estados de latencia y reposo de los insectos plaga desarrollados en el cultivo anterior.
- Cultivos asociados, e intercalados, rotación de cultivos y densidad de siembra para brindar diversidad al sistema, lo cual permite incrementar los enemigos naturales y confundir a las plagas dentro del cultivo.
- La alelopatía es una forma de control cultural que se fundamenta en las propiedades de algunas plantas que, al ser asociadas e intercaladas con los cultivos, atraen o repelen plagas.
- Remoción de riego y remoción de partes de plantas afectadas (figura 133).
- Distancias de siembras adecuadas.
- Fertilización balanceada.
- Podas sanitarias.

Figura 133. Remoción adecuada de plantas enfermas

Control mecánico

Es una serie de procedimientos para manejar las plagas, ya sea en el nivel preventivo o en el curativo. El control mecánico es compatible con otras técnicas de control,

El método natural es indispensable para el control racional y rentable de los insectos dañinos, ayuda a reducir las poblaciones de plagas reales y es la base fundamental en la prevención de problemas potenciales.

es sencillo y económico cuando no requiere de excesiva mano de obra. En él se recurre al uso de los siguientes métodos:

Remoción y destrucción manual
Es el procedimiento más antiguo de control de plagas en la agricultura; en la actualidad se utiliza con éxito para controlar mosca blanca en invernadero.

Barreras físicas
La mejor alternativa que hay para el control de plagas sería impedir su entrada al invernadero, lo que se logra con la instalación de mallas antiinsectos ubicadas en el exterior del mismo (figura 134), con orificios muy pequeños, entre 150 y 820 μm. Así se evita la entrada de las formas adultas de minadores, áfidos, mosca blanca y trips vectores de virus; el problema es que la alta densidad de trama de estos materiales acentúa la deficiencia de ventilación, que suele ser un problema en condiciones cálidas. Además, debido al minúsculo tamaño de los orificios de la malla, se van tapando por el polvo, lo que hace necesaria una limpieza frecuente. En el caso de usar mallas más densas, que son las de trips, la superficie de ventilación puede verse reducida a la cuarta parte disponible en el invernadero.

Barreras vivas
Se pueden utilizar alrededor de los cultivos para aislarlos de insectos, mamíferos y pájaros por medio de un elemento físico: plantas aromáticas, setos, etc.

Trampas
Son dispositivos que atraen a los insectos para capturarlos o destruirlos. Las trampas se utilizan principalmente para detectar la presencia de los insectos o para determinar su ocurrencia estacional o su abundancia, con miras a orientar otras formas de control. Ocasionalmente, las trampas pueden utilizarse como un método directo de destrucción de insectos. Las trampas de luz, son lámparas mediante las cuales se atrapan insectos que durante la noche son atraídos hacia ellas (figura 135), principalmente los lepidópteros, entre los que se encuentran los perforadores de fruto y el cogollero del tomate. Las trampas con cintas pegajosas azules son utilizadas para el control de trips (figura 136), y las trampas con cintas pegajosas amarillas son utilizadas para el control de mosca blanca y minador (figura 137).

Figura 134. Invernadero con mallas antiinsectos

Figura 135. Trampa de luz para la captura de insectos

Figuras 136. Trampa azul para la captura de trips

Figuras 137. Trampa amarilla para el control de mosca blanca y mirador

Temperaturas
Consiste en inducir cambios bruscos de temperatura para eliminar o reducir al máximo el metabolismo de los insectos. Se usa principalmente en el manejo poscosecha de los alimentos durante las etapas de lavado y almacenamiento.

Control etológico

Etología es el estudio del comportamiento de los animales en relación con el medio ambiente. Por control etológico se entiende la utilización de métodos de represión de plagas que, de alguna manera, se valen de las reacciones de comportamiento de los insectos. Estos métodos incluyen las feromonas sexuales (figura 138), atrayentes, cebos, repelentes y antiapetitivos o inhibidores de alimentación.

El control cultural hace uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un agroecosistema adverso al desarrollo y a la supervivencia de las plagas o para hacer el cultivo menos susceptible a su ataque

Figura 138. Trampa con feromonas

Control biológico

Es un control mediante el cual se introducen o aumentan los enemigos naturales de los insectos plaga para reducir su densidad de población. El control biológico se fundamenta en el hecho de que toda plaga en su lugar de origen tiene enemigos naturales, por lo que el hombre debe intervenir para restablecer nuevamente el equilibrio ecológico presente en los sitios de origen. Sin embargo, dadas las condiciones particulares de algunas regiones, la cantidad de población de las plagas en su posición de equilibrio supera ampliamente la de los enemigos naturales, siendo necesario recurrir a medidas complementarias que garanticen un control efectivo.

El control biológico es más barato, permanente y económicamente deseable, ya que no tiene efectos colaterales, no causa daños al medio ambiente, es eficiente en áreas relativamente grandes, eleva la diversidad de especies en el ecosistema y es compatible con otros tipos de control.

El éxito de este tipo de control depende de una rápida adaptación del organismo introducido a las condiciones climáticas locales, de una coordinación de ciclos con las plagas y de unas buenas prácticas agrícolas que permitan su conservación. Además, el método presenta limitaciones intrínsecas y extrínsecas, que obligan a combinarlo con otros tipos de controles para el manejo exitoso de las plagas.

El control biológico, al igual que el control natural, se vale de parásitos, depredadores y patógenos de una gran especificidad hacia las plagas que se pretende controlar. Para que un organismo sea un buen controlador debe poseer alta movilidad, alta capacidad reproductiva y estar adaptado a las condiciones ambientales del medio donde ha de ser liberado. Los organismos más usados en el control biológico de insectos plaga son hongos, bacterias, nemátodos y virus (figura 139). La bacteria *Bacillus thuringiensis* para el control del cogollero y defoliadores.

Figura 139. Parasitismo de huevos por *Trichogramma sp.*

La utilización de entomopatógenos es una excelente herramienta de control de plagas dentro de esquemas de Buenas Prácticas Agrícolas. Sin embargo, ante la proliferación de empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos biológicos, su uso debe estar acompañado de un análisis profundo acerca de la calidad del tipo de producto comercial que se va a utilizar, del soporte técnico que brinda la empresa para su uso, si el producto está soportado con estudios técnicos y científicos que avalen la especificidad y eficacia de las cepas que lo componen en una determinada plaga, cultivo y zona, y si la empresa tiene registro sanitario del Instituto Colombiano Agropecuario -ICA.

Otro método usado en este tipo de control lo constituyen los biopreparados, que pueden ser empleados también en el control de enfermedades o como estimulantes de crecimiento, para lo cual se utilizan 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, diente de león, etc.

Control químico

Es el uso de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, etc.). Es un método que, en ocasiones, genera abuso y dependencia por su alta eficacia y facilidad de uso. Además de su uso racional, y según los parámetros de BPA, se recomienda la utilización únicamente de productos químicos de baja toxicidad, categoría III y IV.

Cuando el control químico sea necesario, tener en cuenta:

- Elegir el producto más específico para la plaga que se va a controlar y su forma de aplicación, considerando el modo de acción, la clase toxicológica, el precio y el efecto sobre otras plagas.
- Identificar correctamente la plaga y la fase de su ciclo biológico de mayor daño.
- Las aplicaciones deben ser efectuadas en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde.
- Los insecticidas y acaricidas deben ser utilizados cuando la planta no tenga condiciones de estrés por agua, ya que éstos pueden ocasionar toxicidad.
- Elegir productos compatibles con el control biológico.
- Alternar productos con diferente ingrediente activo y grupo químico.
- Comprobar la compatibilidad cuando se aplican mezclas, para evitar problemas de precipitaciones, pérdida de eficacia y fito-toxicidad.
- Realizar tratamientos localizados.
- Mantener en buen estado el equipo de aplicación, bien calibrados, con buena presión de aspersión y utilizando boquillas adecuadas para la distribución uniforme de gotas finas.
- Seguir las recomendaciones de uso del producto:
  - Cultivo autorizado
  - Dosis
  - Plazo de seguridad

Los plaguicidas se deben usar de manera racional y según los parámetros de BPA, se recomienda la utilización únicamente de productos químicos de baja toxicidad, categoría III y IV.

- Forma de aplicación
- Toxicología
- Periodo de carencia (intervalo entre la última aplicación del producto y la cosecha)

El conocimiento de la fenología del cultivo es muy importante para el manejo integrado de plagas, ya que la susceptibilidad del cultivo al daño por plagas varía de acuerdo con su estado de desarrollo y, a su vez, la incidencia de las plagas es función de los factores ambientales y de la condición del cultivo.

El conocimiento de la presencia de las plagas, de acuerdo con el estado de desarrollo del tomate, puede servir al técnico o al agricultor para concentrar sus esfuerzos de detección, monitoreo y control. Se podrá, entonces, evaluar con mayor propiedad la importancia del ataque de una plaga en particular y las posibles medidas de manejo, conociendo la variedad del cultivo, la población de la plaga y sus umbrales de acción, en función de la etapa del desarrollo del tomate (figura 140).

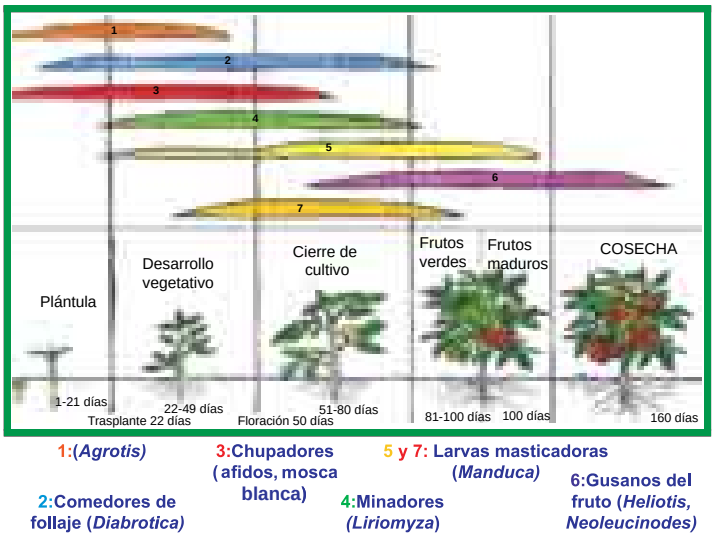


Figura 140. Ataque de plagas de acuerdo con el estado de desarrollo del cultivo
Fuente: Adaptado de CATIE (1990), Guía para el manejo integrado de plagas en tomate.

Muestreo y niveles críticos

La base para el uso racional de productos para la protección de cultivos es la vigilancia y el monitoreo (muestreo) constantes de los cultivos. La única manera de saber si vale la pena aplicar un agroquímico es ir al campo, observar y determinar cuál es el nivel de las poblaciones de organismos plaga. Para realizar un buen monitoreo, resulta esencial conocer la fenología de los cultivos, la biología y el comportamiento de los organismos plaga y sus factores de regulación natural, y conocer así la dinámica poblacional de éstos. Con base en el monitoreo se decide el momento oportuno para realizar una aplicación y elegir el principio activo que se va a utilizar.

El monitoreo tiene como finalidad conocer el estado sanitario del cultivo y la evolución de la población de plagas, y verificar la efectividad de las medidas adoptadas. Por otra parte, permite detectar problemas, como la mala calidad de una aplicación o la baja efectividad de un principio activo, y corregirlos a tiempo.

Después de cada monitoreo (muestreo), se cuenta con el criterio para decidir si se puede convivir con los organismos dañinos, o se decide por su manejo o por su supresión, utilizando un agroquímico para proteger los cultivos, lo cual debe realizarse únicamente si la población del organismo es tan abundante que pueda provocar pérdidas económicas (supera un nivel crítico). Esto significa que las pérdidas causadas por la población de organismos plaga deben tener un valor por lo menos igual al costo de comprar y aplicar un agroquímico. Si una población plaga no ha alcanzado su nivel crítico, probablemente no sería rentable comprar o aplicar un agroquímico.

Los productos para la protección de los cultivos seleccionados (agroquímicos o plaguicidas) deben tener el mínimo impacto ambiental sobre los enemigos naturales y ser utilizados en las dosis recomendadas en la etiqueta. Además del tipo de plaguicida, el método puede determinar la eficacia de la aplicación y su impacto sobre los enemigos naturales. Por lo tanto, es importante considerar el volumen total de mezcla que se va a aplicar por unidad de área, a qué parte de la planta se dirigirá, el momento oportuno (hora), y el uso de adherentes u otros productos que permitan incrementar la eficiencia de la aplicación.

El monitoreo de plagas (muestreo) en los cultivos es la base para tomar decisiones racionales de manejo y control de poblaciones plaga. Los productos para la protección de los cultivos, plaguicidas o agroquímicos deben ser utilizados únicamente cuando el muestreo indique que la densidad poblacional de la plaga ha alcanzado el nivel crítico.

Tres aspectos definen el monitoreo de una determinada plaga:

1. Criterio de muestreo: ¿cuántas plantas mirar? ¿De qué parte del cultivo?
2. El parámetro a determinar: el daño o el número de individuos de un cierto estadio o grupo de estadios de la plaga.
3. Localización de la plaga: ¿qué órgano mirar?, y ¿en qué parte de la planta?

Para el monitoreo no existen recetas, sino pautas en función de experiencias previas.

El número de plantas no debería ser inferior a 20 en 1.000 m^2, y no menor a 10 en superficies inferiores a los 500 m^2.

Se deben intensificar las observaciones en las áreas del invernáculo más críticas, como las cercanías a las aberturas y a cultivos más avanzados de la misma especie.

En el caso de plagas que suelen aparecer en focos aislados, como los pulgones, es conveniente poder detectar y marcar estos focos. Esta tarea puede asignárseles a los operarios que recorren frecuentemente el cultivo en las tareas de tutorado, desbrote o cosecha.

Para elegir el parámetro que se va a utilizar, se debe tener en cuenta la facilidad de conteo. En este sentido, son preferibles el daño, siempre y cuando pueda distinguirse el nuevo del viejo, y los estados de desarrollo inmóviles o poco móviles y visibles sin lupa.

El conocimiento de la presencia de las plagas, de acuerdo con el estado de desarrollo del tomate, puede servir al técnico o al agricultor para concentrar sus esfuerzos de detección, monitoreo y control.

La parte de la planta (basal, media o inferior) y el órgano o conjuntos de órganos a observar están definido por la preferencia de la plaga.

En el caso de trips en tomate, por ejemplo,. se observa el daño de adultos y la presencia de los mismos en el haz de los foliolos de las hojas de la mitad superior y ninfas, en el envés de foliolos con daño de adultos.

El muestreo no sólo cuantifica el daño económico, además permite evaluar los factores de mortalidad natural dentro de los cultivos y nos da la oportunidad de adoptar otras alternativas de manejo de plagas antes de que suceda el daño. Existen varias herramientas que influyen en la toma de muestras y que se estudian a continuación.

Herramientas de muestreo

Las herramientas de muestreo varían según la plaga que se quiere muestrear (ecología y biología) y las características del cultivo. Por ejemplo, al monitorear gusanos cogolleros en maíz se utiliza un muestreo visual, lo mismo ocurre para el muestreo de orugas o gusanos en hortalizas, mientras que en arroz, trigo y pastos se utiliza una red entomológica. Hay que tratar de utilizar herramientas que provean información de más de una plaga al momento de tomar la muestra. También es necesario que la herramienta utilizada para el muestreo pueda brindar información confiable, para poder efectuar las estimaciones de la densidad de población en todo el campo y, así, poder elegir las alternativas de control más acertadas.

Muestreo de plagas en el suelo. Para tomar muestras de plagas en el suelo se utiliza un azadón o pala para tomar el suelo de un agujero de 30x30x20 centímetros de profundidad. A continuación, este suelo se tamiza o se deshace sobre un pedazo de polietileno (plástico) de color blanco, con el propósito de descubrir orugas o gusanos (larvas) de polillas y escarabajos. Cuando se registra una densidad de población de 6 larvas grandes o bien 12 pequeñas en 25 agujeros por hectárea, se considera estar en el nivel crítico.

Camilla de muestreo. Consiste en una manta pesada, preferiblemente blanca o amarilla, a la cual se le pueden agregar dos bolas en el extremo más largo para facilitar su extensión. Las medidas de la manta varían según el distanciamiento de siembra del cultivo entre las hileras (surcos), pero por lo general es de un metro de 1 metro de largo x 0,90 metro de ancho. La manta se pone en la calle entre los surcos o hileras de las plantas del cultivo que se van a monitorear, luego se sacuden éstas vigorosamente con las manos para que los insectos caigan de las plantas a la manta y sean contados.

Red entomológica. La red entomológica es una de las herramientas más usadas para monitorear (muestrear) insectos en cultivos como pastos y granos menores. Esta herramienta recoge una gran información de la densidad de población de insectos con mínimo esfuerzo. Al igual que para las otras herramientas de muestreo, es importante anotar la etapa fenológica del cultivo, la hora, el día y las condiciones climáticas, ya que estos factores afectan la cantidad de insectos y otros artrópodos recolectados.

Al utilizar la red se recomienda estandarizar la forma de uso:

- Emplear un movimiento de 180 grados.
- En presencia de vegetación rastrera, el movimiento de la red tiene que realizarse lo más cerca del suelo sin agarrar parte de la tierra.
- Si la vegetación es más alta, el extremo superior de la abertura de la red debe quedar a nivel de la parte superior del follaje.
- No mantener el aro de la red en forma vertical; la parte superior de la abertura del aro debe quedar un poco detrás de la parte inferior.

- Realizar un golpe de red por uno o dos pasos mientras se camina a una velocidad regular.
- La red entomológica debe tener un diámetro de abertura de 38 centímetros y el mango un largo de 65 centímetros.

Aun siguiendo estas recomendaciones, varias personas pueden obtener diferentes resultados debido al tamaño de pasos, fuerza de golpear, etc. Por lo tanto, si diversas personas son encargadas del muestreo, es recomendable determinar qué tan diferentes son sus resultados. Todas las personas deben muestrear el mismo campo y comparar sus resultados. En este caso también debe existir un registro de datos.

Inspección visual. Quizá la herramienta de monitoreo de plagas más utilizada es la inspección visual, porque es simple de usar e involucra conteos directos de los organismos plaga por unidad de área o hábitat en el lugar o sitio de muestro. El conteo y registro de datos se realiza al observar la planta entera o sus estructuras vegetativas específicas (hojas, tallos, frutos, yemas terminales, etc.).

En ocasiones se necesita una lupa de mano (lente de aumento) para realizar este muestreo, especialmente si los insectos u otros artrópodos monitoreados son muy pequeños. En algunos casos, el método de inspección visual requiere la destrucción de las plantas; por ejemplo, si se trata de barrenadores del tallo o barrenadores de la vaina. Esta destrucción de plantas preocuparía sólo en el caso de que las plantas para muestrear sean de gran valor comercial.

Trampas con atrayentes. Este tipo de herramientas consiste en fabricar trampas con algún tipo de cebo (atrayente alimenticio, sexual o luminoso), el cual atraerá las plagas para luego determinar su densidad poblacional.

Número de sitios para muestrear

El número de sitios para llevar a cabo un muestreo en el campo varía según los siguientes factores:

Tamaño del campo. La literatura recomienda para la toma de muestras en cultivos extensivos, elegir 10 sitios por lote uniforme de 10 hectáreas. En el caso de cultivos hortícolas en los cuales los lotes de producción no son mayores de una hectárea, se recomienda tomar cinco sitios por lote.

Disposición espacial de la plaga en el campo. Para determinar el número de muestras y los sitios dentro del campo para tomarlas, debe conocerse la forma como la plaga se distribuye en el campo, es decir, si se encuentra distribuida al azar, uniforme o agregada. Por ejemplo, si la plaga que se va a monitorear se encuentra distribuida uniformemente, el muestreo requerirá menos muestras que si se encuentra distribuida agregadamente.

Precisión. La precisión en los monitoreos de plagas aumenta con el incremento del número de muestras, pero el número de éstas debe proporcionar datos que sean confiables y obtenidos en forma rápida y económica.

La base para el uso racional de productos para la protección de cultivos es la vigilancia y el monitoreo (muestreo) constantes de los cultivos.

Frecuencia de muestreo y etapas fenológicas del cultivo

La susceptibilidad de la planta al daño provocado por las plagas varía de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo. De tal manera que los muestreos deben ser más frecuentes en aquellas etapas fenológicas que son críticas, es decir, cuando son más susceptibles al ataque de plagas o cuando las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de estas últimas.

Niveles críticos (umbrales de acción)

La filosofía del MIP tiene como una de sus finalidades racionalizar el uso de los productos para la protección de cultivos (plaguicidas). Por tal motivo, se ha desarrollado la técnica del nivel crítico (umbrales de acción). Esta técnica es una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. La aplicación del control de la plaga se hace cuando la población de ésta sobrepasa el nivel crítico.

El concepto, en general, consiste en soportar la presencia de la plaga hasta el punto que cause suficiente daño para que se justifique el beneficio marginal de su control. El nivel crítico, entonces, será el nivel mínimo de la población en el que el beneficio marginal del control es igual al costo marginal de su control. Esta definición de nivel crítico se aproxima a lo que se llama niveles de daño económico. Los niveles críticos (umbrales de acción) son expresados como:

- Densidades absolutas: por ejemplo, un promedio de 25 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.

Es muy importante considerar que los niveles críticos no son estáticos, sino más bien cambiantes, y pueden variar por varios factores, dentro de ellos:

- Diferentes regiones.
- Valor económico de los insumos y productos que se comercializan.
- Etapas fenológicas de los cultivos.
- Variedades.
- Factores ecológicos.

En periodos susceptibles los niveles críticos son bajos, mientras que durante períodos resistentes suben: cultivos saludables, provistos con suficiente agua y nutrientes, soportan más daños que las siembras en condiciones marginales. Otros factores que influyen sobre los niveles críticos son: densidad de plantas, ataque de dos o más plagas simultáneamente, y la presencia de enemigos naturales. Los cultivos atacados simultáneamente por dos o más plagas pueden sostener daño aunque las poblaciones de las plagas no alcancen sus niveles críticos individuales.

Al momento de tomar la decisión de aplicar, es importante considerar la presencia de los enemigos naturales, ya sea porcentaje de parasitismo o depredadores presentes; igualmente, hay que examinar la etapa de desarrollo del insecto plaga.

Para obtener niveles críticos locales, es conveniente consultar con las agencias de extensión agrícola de la zona, personal técnico calificado o productores independientes que tengan experiencia en el cultivo, y así contar con información más precisa. También es necesario recordar que estos niveles críticos son calculados de manera individual para las especies; sin embargo, en muchas ocasiones pueden ocurrir situaciones en las cuales tenemos presencia de muchas especies dañando el mismo cultivo, para lo cual deben considerarse niveles críticos más estrictos.

Plagas del suelo, semillero y sitio de trasplante

Las plagas del suelo hacen daño a las raíces, los tallos y los tejidos tiernos y pueden causar pérdidas en la población de plántulas. Generalmente sus ataques se encuentran localizados o en focos en el semillero o en el campo.

Tierreros y trozadores

Lepidoptera: Noctuidae
Agrotis ipsilon (Hufnagel), gusano trozador negro, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), gusano cogollero del maíz.

Son mariposas nocturnas cuyo daño más importante lo hacen las larvas (figura 141), que generalmente atacan en focos o parches y se presentan en forma abundante durante periodos secos, con temperaturas altas y en presencia de malezas y gramíneas, pastos o residuos de cosechas anteriores. Las hembras adultas depositan alrededor de 1.800 huevos en el suelo o sobre las malezas, los cuales tardan de 4 a 14 días en eclosionar; las larvas se alimentan de las plantas en las primeras semanas después del trasplante, atacan sus cuellos y raíces y en ocasiones dañan el follaje, principalmente en las horas de la noche. Las larvas se pueden localizar al escarbar el suelo junto a la base de la planta cortada, pues permanecen inmóviles dentro del suelo durante el día.

Figura 141. Larva de trozador

Cuando las plantas son atacadas por los trozadores o tierreros en las primeras semanas después del trasplante, ocurre marchitamiento y muerte repentina de la planta. El daño se diferencia del causado por hongos, porque en la raíz o tallo se observa la superficie roída o cortada por estos insectos.

La principal práctica para el control de este tipo de gusanos es la recolección manual de larvas y pupas en el momento de preparación del terreno dentro del invernadero; también se recomienda eliminar las malezas dentro y fuera del invernadero, ya que estas especies ponen sus huevos preferentemente en ellas, y ubicar trampas de luz alrededor del invernadero para la captura de los adultos de estos insectos y,

Al momento de tomar la decisión de aplicar un insecticida, es importante considerar la presencia de los enemigos naturales

así, estimar sus poblaciones relativas. Otra medida de control es el uso de coberturas plásticas sobre las camas, ya que muchas larvas se lanzan al suelo para transformarse en pupas, y al encontrarse con el plástico, no consiguen enterrarse y completar su ciclo.

Si se encuentra la plaga en el interior del invernadero, se recomienda la aplicación de un cebo tóxico, 8 días antes del trasplante, preparado con base en un ingrediente activo como clorpirifos (Lorsban) a razón de 3 a 5 gramos por litro de miel o melaza en 2 kg de cascarilla de arroz, aserrín u otros, y luego se le adiciona agua; todos estos ingredientes se revuelven muy bien hasta que la mezcla tenga una consistencia blanda, y se forman pequeñas bolas las cuales se distribuyen dentro del invernadero. Es importante recordar que la persona encargada de preparar la mezcla debe utilizar guantes y tapabocas para evitar intoxicación.

El control químico sólo se debe aplicar cuando las poblaciones del insecto sean muy altas (tabla 15).

Coleoptera: Melolonthidae
Chiza, mojojoy o cucarrón marceño

De este tipo de insectos existe una gran diversidad de especies y su importancia varía de una región a otra, dependiendo de la especie incidente.

La emergencia de los adultos está asociada con la llegada de las lluvias durante los meses de marzo, abril y mayo (de allí se deriva su nombre de cucarrón marceño), por lo 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 (figura 142) ataca las raíces, las corta y consume causando raquitismo y volcadura de plantas, y permanece consumiéndolas durante seis meses. Los adultos perforan las hojas y las dejan esqueletizadas, y causan retrasos en el desarrollo de las plantas.

Figura 142. Larva de chiza o mojojoy

La estrategia de control es a mediano y a largo plazo. El control biológico se puede realizar con el hongo *Metarrizhium anisopliae*, la bacteria *Bacillus popillae* o con el nematodo *Steinernema carpocapsae*. Estos organismos se encuentran en forma natural en los suelos donde se presentan los daños. También existen formulaciones comerciales de algunos de estos organismos que se pueden aplicar al suelo, para que, con el tiempo, se establezcan en el lote y vayan reduciendo las poblaciones de la plaga.

Para el manejo del adulto (cucarrón marceño) se recomienda utilizar de manera preventiva la trampa de luz ultravioleta (BLb), y promover campañas comunitarias para la captura de los escarabajos. Esta práctica elimina un gran número de insectos, de tal forma que las posturas disminuyen y por lo tanto el número de larvas en el suelo será menor.

La preparación de suelos previa a la siembra ha demostrado ser de gran utilidad en el manejo de tierreros y trozadores en el cultivo de tomate. Esta práctica expone las larvas a la acción del aire y del sol, factores del clima que les causan deshidratación y muerte.

Chupadores o minadores del follaje

Estas plagas generalmente se ven favorecidas por las épocas secas y son limitantes en las plantas en sus primeros estados de desarrollo.

Homoptera: Aphididae
Áfidos o pulgones: *Aphis gossypii* (Sulzer), pulgón del algodonero. *Myzus persicae* (Glover), pulgón verde de la papa. *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), pulgón mayor del algodonero.

Los pulgones (figura 143) pueden ocurrir durante todo el ciclo de cultivo, pero el periodo más crítico está entre la siembra en semillero y los primeros 30 días después del trasplante.

Figura 143. Pulgones chupadores de follaje

Este tipo de insectos se alimenta 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, y en altas infestaciones invaden las hojas más maduras. Al alimentarse, succionan savia e inyectan una saliva tóxica que provoca encarrujamiento de las hojas, disminuyendo el vigor de la planta y ocasionando deformaciones y amarillamientos. Su importancia radica en la transmisión de virus a las plantas, lo que puede causar cuantiosas pérdidas a los cultivos; entre los virus transmitidos por los áfidos al tomate están: el VYP (virus Y de la papa), el VMP (virus del mosaico

El muestreo no sólo cuantifica el daño económico, además permite evaluar los factores de mortalidad natural dentro de los cultivos y nos da la oportunidad de adoptar otras alternativas de manejo de plagas antes de que suceda el daño.

del pepino) y el VGT (virus del grabado del tabaco), y cada uno de ellos puede ser transmitido por más de una especie de áfido; también, la transmisión de enfermedades como la fumagina en las excreciones azucaradas, hongo negro que cubre totalmente las hojas e impide todos sus procesos fotosintéticos.

Existen diversos métodos para estimar las infestaciones por áfidos, pero los más utilizados son: el promedio de áfidos por hoja, la incidencia de áfidos en el cultivo, expresada porcentualmente, y el número de áfidos capturados en trampas amarillas. Estos métodos permiten detectar la llegada de los áfidos alados y tomar medidas oportunas para prevenir la transmisión de ciertas virosis.

Para el control de áfidos se han empleado tácticas diversas, entre ellas el control biológico. Varias especies de enemigos naturales (depredadores, parásitos y entomopatógenos) se encargan de regular sus poblaciones: larvas y adultos de *Chrysoperla carnae* y *Chrysopa formosa*, con liberaciones de 2.000 Chrysopas por 1.000 m^2, y coleópteros coccinélidos *(Coccinella septempuntata)*. Los más utilizados son productos comerciales con base en los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana o Verticillium lecani*. La utilización de trampas pegajosas de color amarillo atrae las formas aladas, lo que ayuda a detectar las primeras infestaciones de la plaga. El control químico de los áfidos por medio de insecticidas ha sido el más usado. En la actualidad existen productos específicos, que usados en dosis bajas y con suficiente agua no afectan la fauna benéfica (tabla 15). Sin embargo, *Myzus persicae* es una de las especies que más ha desarrollado resistencias a los plaguicidas.

Las poblaciones también pueden reducirse con el uso de aplicaciones jabonosas al 2%, aceites vegetales como triona al 5%, y extractos de plantas como biomel en dosis de 2,5 cc/l.

Siempre es favorable promover un rápido crecimiento inicial del cultivo, como también eliminar malezas hospederas que sirven de sitio de supervivencia y como fuente de infestación, aunque en ellas también se encuentran sus enemigos naturales. Ocasionalmente se pueden emplear cultivos trampa para atraer a los áfidos; el uso de láminas de polietileno para cubrir el suelo repele a *Myzus persicae.*

Diptera: Agromyzidae

Minadores de la hoja: *Liriomyza sativae* (Blanchard). *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Liriomyza bryoniae. Liriomyza strigata. Liriomyza huidobrensis* (Blanchard).

El daño económico es consecuencia de la actividad de las larvas de estos insectos que, al construir minas y galerías en las hojas, desarrollan necrosis (figura 144). 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. Si el daño es severo en la época de fructificación, la planta se defolia, los frutos expuestos al sol pueden aparecer lesionados, y ocurrir pérdidas económicas considerables.

Figura 144. Daño por minador en hojas

L. sativae es difícil de controlar una vez que está presente en altas poblaciones, tanto por su resistencia como por su hábito de minador que lo protege de las aspersiones foliares; para prevenir los ataques iniciales se pueden utilizar productos translaminares (tabla 15). Se recomienda también usar cintas pegajosas de color azul, las cuales atraen los estados adultos del minador.

Homoptera: Aleyrodidae
Trialeurodes vaporariorum (Westwood), mosca blanca. *Bemisia tabaci* (Genn), mosca blanca del tabaco.

Su importancia como plaga radica en el daño causado por adultos y estados inmaduros al succionar la savia de la planta (figura 145). Para ocasionar un efecto significativo sobre la cosecha, las poblaciones de la mosca blanca deben ser altas, y el cultivo presentar fumagina. La fumagina se forma al crecer el hongo *Cladosporium sp.* sobre la excreción azucarada de adultos y ninfas de la mosca blanca. Cuando la infestación es fuerte, la fumagina cubre las hojas (figura 146) y reduce la fotosíntesis, además puede cubrir los frutos, los cuales se deben limpiar antes de su comercialización. El daño causado por la fumagina es mucho mayor que el causado por los adultos e inmaduros de la mosca blanca al succionar la savia. Otro daño importante es la transmisión de virus, lo que ocasiona un mosaico amarillo y encrespamiento de las hojas nuevas.

Figura 145. Mosca blanca succionando savia en hojas

Figura 146. Producción de fumagina por daño de mosca blanca

Detectar temprano la presencia de las plagas es importante para un control eficiente

Los recuentos de mosca blanca se hacen empleando trampas pegajosas o redes entomológicas, y con recuentos directos de adultos en el follaje. Como umbral económico en tomates, se ha sugerido 10 adultos por hoja. Los huevos se pueden contar en hojas nuevas, las ninfas en hojas de mediana edad, y las pupas en hojas desarrolladas.

El control biológico se presenta como la mejor alternativa dentro de un programa de manejo integrado de plagas, con el parasitoide *Encarsia formosa*, una avispa que parasita al menos quince especies de mosca blanca de ocho géneros, siendo la especie más utilizada para el control de la mosca blanca en invernaderos. Se recomienda liberar cinco pupas/m^2/semana, durante cinco semanas. Las liberaciones se deben iniciar cuando la población de mosca blanca aún sea baja, pues de otra forma este enemigo natural no podrá mantener su ritmo de programación a la par del de la plaga, y no podrá defender adecuadamente el cultivo; las tarjetas donde vienen las ninfas parasitadas se deben poner debajo de hojas con ninfas para que, al emerger, los adultos encuentren fácilmente sus hospederos.

Normalmente, la avispa se introduce cuando se notan las primeras indicaciones de que la plaga está presente, y después se deben hacer introducciones suplementarias cada diez días como medida de seguridad. La clave del éxito de la avispa se debe a que las temperaturas elevadas del invernadero incrementan su actividad y reproducción más que las de la plaga. Los adultos de la avispa necesitan mucha luz y una fuente de azúcar para estimular su vuelo y buscar su hospedero. Bajo estas condiciones favorables, son sumamente eficientes en encontrar y parasitar las pocas larvas de la mosca blanca que estén distribuidas por una gran superficie del follaje denso de los tomates.

El productor puede verificar el progreso en la labor de la avispa, comparando el número de pupas de mosca blanca que se han tornado negras con el número de larvas parasitadas, las cuales conservan su color normal blanco verdoso. Si el productor encuentra que más del 50% de las larvas están parasitadas, puede sentirse seguro de que el programa está funcionando bien.

La avispita *Encarsia formosa* reduce las poblaciones de mosca blanca de dos formas: chupando los fluidos de las ninfas de primer estadio (estado inmaduro) y depositando sus huevecillos en las ninfas inmóviles de tercer estadio. Las avispitas también encuentran alimento en la mielecilla excretada por los adultos de la mosca blanca cuando se alimentan de la savia del cultivo.

Otro controlador biológico que se puede utilizar para manejar focos es el parasitoide *Amitus fuscipennis*, con liberaciones de 10 a 50 pupas/m^2 en 2 o 3 oportunidades.

Entre las prácticas culturales, se recomienda eliminar las malezas hospedantes dentro y fuera del invernadero, compostar adecuadamente los restos de cultivo, usar cintas pegajosas de color amarillo (ya que la mosca blanca es atraída por este color), utilizar coberturas plásticas especialmente plateadas sobre la cama, usar 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, cebolla de rama y de bulbo), utilizar mallas antiinsectos alrededor del invernadero, y no abandonar lo brotes al final del ciclo, ya que los brotes jóvenes atraen los adultos de mosca blanca.

La utilización de aspiradoras (figuras 147 y 148) se ha convertido en una buena alternativa en invernadero para el control de la mosca blanca, la cual permite capturar las formas adultas de este insecto.

Figuras 147 y 148. Uso de aspiradora para el monitoreo y control de mosca blanca

En el control químico se debe tener en cuenta que hay que romper el ciclo biológico del insecto, de tal forma que se debe utilizar un químico para el control de la fase adulta y otro para el control de los estados ninfales, además de ejercer una adecuada rotación de productos para evitar que la plaga adquiera resistencia (tabla 15). Las aplicaciones de productos químicos deben realizarse con equipos de ultra bajo volumen o alta presión, para una distribución uniforme de las gotas finas que permitan un buen cubrimiento del follaje.

Thysanoptera: Thripidae
Trips: *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Thrips palmi* (Karny).

Los trips son insectos muy pequeños, los adultos (figura 149) miden de 1 a 2 mm, son de color amarillo y de gran movilidad. Viven principalmente en el envés de las hojas pero también se localizan en el haz. Los adultos y las ninfas causan punteados o pequeñas manchas cloróticas o plateadas en los tejidos y deformación de las hojas. Si las poblaciones son altas, las hojas se secan parcial o completamente. *F. occidentalis* prefiere las flores y brotes jóvenes, donde causa deformaciones; *Thrips palmi* prefiere el follaje y las frutos jóvenes, en los cuales se producen deformaciones y disminuyen sus calidades para el mercado; *F. occidentales*, además, puede transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV), por lo cual es importante su control.

Una Buena Práctica agrícola es eliminar malezas hospederas de plagas o enfermedades.

Figura 149. Adulto de un trips

El control biológico ha dado buenos resultados con el uso de *Chrysoperla externa*, que ataca los diferentes estados de desarrollo de *T. Palmi, Orius spp y Amblyseius spp.* Es importante tomar medidas de control cultural y físicas, tales como la destrucción de malezas hospederas, la rotación de cultivos y el uso de trampas atrayentes (azules). En cuanto al control químico, puede hacerse teniendo en cuenta el nivel poblacional de la plaga, la biología y los hábitos de desarrollo.

Ácaros o arañuelas

Acarina: Tetranychidae
Ácaro rojo: *Tetranychus urticae* (koch), arañita roja. *Tetranychus turkestani* (Ugarov & Nikolski). *Tetranychus ludeni* (Tacher), arañita roja

Todos los estados móviles de estas arañitas (figura 150) se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales, generalmente por el envés de la hoja, y producen puntos necróticos de aspecto amarillo o blanco en el haz. Al aumentar la población de arañitas, toda la hoja presenta una coloración amarilla difusa, se seca y puede caerse. Cuando la población es alta, los ácaros comienzan a formar una telaraña que puede cubrir el haz de las hojas, tallos y frutos, y 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 puede producir el marchitamiento total de la planta.

Figura 150. Ácaros

Acarina: Tarsonemidae
Polyphagotarsonemus latus (Banka), ácaro blanco tropical

Es un ácaro pequeño de color blanco perlado. Los síntomas del daño temprano se presentan en el haz y en el envés de las hojas jóvenes. La parte más afectada es la nervadura central, sitio donde son depositados los huevos. La nervadura sufre un resquebrajamiento con el cual se interrumpe el desarrollo de la hoja; las plántulas presentan deformaciones en sus hojas. La floración es incipiente y hay aborto de gran número de botones florales, en los que a veces se pueden alimentar los ácaros. Si el daño es severo, la planta no se desarrolla, queda enana y con apariencia raquítica. La floración se inhibe totalmente. Las hojas quedan completamente deformadas, sin láminas y enrolladas, aunque no se produce clorosis.

Acarina: Eryophiidae
Aculops lycopersici (Masse)

El daño en la planta lo causan los estados inmaduros y los adultos del insecto, que rompen las células superficiales en el envés de las hojas y chupan su contenido, lo cual causa puntos blancos y amarillos, seguido de una necrosis seca de las hojas más afectadas y fuerte caída de hojas. Bajo las condiciones de veranos prolongados, las poblaciones de estos ácaros crecen notoriamente.

Para su control se recomienda la desinfección de estructuras y suelos previa a la plantación en parcelas con historial de ácaros. Igualmente, se recomienda la eliminación de malezas hospedantes y restos de cultivo, evitar los excesos de nitrógeno y vigilar los cultivos en las primeras fases de desarrollo.

Además, se reconocen un gran número de especies predadoras ácaros bajo invernadero, tales como *Phytoseiulus persimilis, Amblyseius clifornicus y Metaseiulus occidentalis*. El control químico puede ser necesario en algunas ocasiones (tabla 15).

Plagas masticadoras del follaje

Aunque estas plagas no revisten importancia económica, esporádicamente pueden presentar ataques severos que obligan al agricultor a tomar medidas inmediatas de control.

Coleoptera: Chrysomelidae
Cucarroncitos del follaje y cucarrones perforadores de las hojas: *Diabrotica balteata* Le Conte. *Systema spp. Epitrix sp.*, pulguilla de las hojas. *Cerotoma sp. Colaspis sp.*

El daño de importancia económica lo hacen los adultos (figura 151), que perforan las hojas, los brotes tiernos e incluso las flores, hacen huecos redondos e irregulares en plantas pequeñas, y pueden llegar a causar fuertes defoliaciones que afectan seriamente el crecimiento de la planta y el desarrollo del cultivo.

Es importante evitar el asocio de cultivos al interior del invernadero, ya que pueden convertirse en refugio de plagas, enfermedades e insectos vectores.

Los recuentos se basan en revisiones semanales, o más frecuentes, desde la emergencia de las plántulas hasta su establecimiento definitivo. Cuando el tomate alcanza el estado de cinco hojas verdaderas puede tolerar un promedio de cuatro adultos por planta.

Como medida de control se recomienda la remoción de las plantas hospederas, malezas como el bledo, la batatilla y gramíneas, las cuales albergan las formas adultas de estos crisomélidos como también sus estados inmaduros en la zona de las raíces. Las hospederas se deben eliminar antes de establecer el cultivo en el invernadero, si no estos insectos emigrarán a las plantas de tomate.

Las recomendaciones de control químico van dirigidas a los adultos cuando se alcanzan ciertos niveles de población o de daño que, en este caso, son de dos o tres pulguillas por planta, especialmente en las primeras etapas del cultivo, en estado de plántulas o plantas con poco follaje.

Lepidoptera: Noctuidae
Gusanos masticadores del follaje: *Trichoplusia ni* (Hubner), falso medidor del ajonjolí. *Pseudoplusia includens* (Walter), falso medidor del algodonero. *Spodoptera frugiperda* (UE. Smith). gusano ejército.

Son plagas de gran importancia económica porque causan grandes pérdidas en la producción. El falso medidor es un gusano de color verde que posee una línea blanca a cada lado del cuerpo. Al caminar sobre las hojas o tallos dobla la parte media del cuerpo, con lo cual se asemeja estar midiendo el trayecto con su cuerpo, de allí se deriva su nombre común como gusano medidor.

El daño lo hacen las larvas o gusanos al consumir el tejido de las hojas (figura 152), pues dejan únicamente las nervaduras; en algunos casos consumen el fruto o hacen agujeros en ellos y provocan su pudrición. Frecuentemente provocan defoliación intensa que puede causar la muerte de las plantas jóvenes o afectar su crecimiento y vigor en forma significativa.

Figura 151. Cucarroncitos del follaje

Figura 152. Larva de gusano masticador del follaje

Los métodos de recuentos se basan en, primero, determinar el número de larvas por planta, para lo cual se sacude el follaje sobre un paño o manta plástica; en el caso de *Spodoptera*, se ha recomendado un umbral económico de cuatro larvas por cada 10 plantas. El segundo método consiste en la detección de masas de huevos sobre el follaje, lo cual es indicativo de un pronto ataque y, dependiendo de la abundancia, se puede inferir la magnitud de la próxima infestación. El tercero consiste en identificar la frecuencia de

mordeduras frescas de frutos, expresadas porcentualmente. Y el cuarto, es la incidencia de plántulas cortadas, se recomienda como umbral económico incidencias del 1 al 5%.

Lepidoptera: Sphingidae
Manduca sexta (Johanson), gusano cachón.

Las larvas consumen el follaje de las plantas, incluidas inflorescencias y frutos de diferentes tamaños; las de mayor desarrollo son voraces, y en infestaciones severas pueden defoliar completamente grandes áreas del cultivo. Pueden alcanzar hasta 80-90 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 (figura 153).

Figura 153. Larva de gusano cachón

Los recuentos se realizan por inspección visual del cultivo, golpeando la planta sobre una bandeja para recolectar las larvas.

Como control cultural para el manejo de estos defoliadores se recomienda, en superficies pequeñas, la recolección y destrucción manual de las larvas, lo que permite mantenerlos bajo control. Es conveniente, además, eliminar los residuos de las cosechas incorporándolos y picándolos inmediatamente, lo que permite destruir pupas invernantes.

Estas especies defoliadoras presentan enemigos naturales muy abundantes y parásitos como *Copidosoma truncatellum* y *Meteorus leviventris*, que regulan las poblaciones de *Trichoplusia ni y Pseudoplusia includens*. *Manduca sexta* sufre además un alto parasitismo en huevos por las avispas *Trichogramma* y *Telenomus*, y sus larvas son parasitadas frecuentemente por *Apanteles sp*. Las aplicaciones a base de Bacillus thuringiensis pueden ser efectivas para el control de *Trichoplusia ni*.

Antes de usar el control químico para reducir la población de una plaga, es necesario asegurarse de que el nivel de infestación justifica la aplicación del insecticida y seleccionar un insecticida específico para ella (tabla 15).

Dentro de los parámetros de las BPA se debe tener una planilla de monitoreo para llevar un registro de las plagas y enfermedades del cultivo

Perforadores del fruto

Lepidoptera: Noctuidae
Heliothis virescens (Fabricius)

Las larvas (figura 154) perforan, taladran y destruyen los frutos, cuando no los hay, perforan las flores y botones florales. En ocasiones también taladran el tallo, que se pudre por la entrada de patógenos. El peor daño son las cavidades en los frutos, donde dejan abundantes fecas y restos de mudas, y favorecen el desarrollo de pudriciones. Los frutos dañados generalmente se caen de la planta en menos de cuatro semanas. Las larvas prefieren frutos verdes y generalmente completan el ciclo larval en uno solo, aunque las larvas pequeñas son capaces de afectar varios de ellos.

Cuando la larva ésta madura, la larva baja al suelo donde se transforma en pupa. La actividad del adulto (vuelo, alimentación con néctar, acoplamiento y oviposición) se concentra a la hora de oscurecer y en la noche.

Los recuentos de esta plaga se basan en determinar el número de huevos y larvas de los primeros estadios. En tomate, el umbral económico de *Heliothis virescens* es una larva por cada cinco plantas examinadas. Es importante, además, estimar la población de adultos empleando trampas de feromonas.

Lepidoptera: Pyralidae
Neoleucinodes elegantalis (Guenée), pasador del fruto.

Las hembras ponen los huevos debajo de los sépalos en frutos recién formados. Las larvas recién nacidas penetran rápidamente en el fruto, y dejan una cicatriz sub-erizada denominada espinilla (figura 155), la cual sirve para reconocer el fruto afectado por la plaga. El insecto durante todo su estado larval se alimenta de la pulpa del fruto hasta completar su desarrollo, y sólo sale cuando está listo para pupar en el suelo, dejando un orificio redondo en el fruto.

Figura 154 Heliothis virescens

Figura 155 Daño por pasador del fruto

Para el control de estos insectos perforadores de fruto *(Heliothis virescens, Neoleucinodes elegantalis)* generalmente se hacen aplicaciones químicas, las cuales resultan ineficientes por el hábito de vida de la plaga, ya que permanecen dentro del fruto en su estado inmaduro. El fruto protege a la larva contra la acción de los insecticidas.

Como control cultural para el manejo de las poblaciones se recomienda la práctica de recolección de frutos que presentan orificios de entrada y salida, enterrarlos o incinerarlos; es conveniente la eliminación de hojas maduras y secas y la destrucción oportuna de socas para la reducción del número de pupas.

La adecuada fertilización, la rotación de cultivos, y las siembras y trasplantes tempranos pueden ayudar a reducir la incidencia de estas plagas. Se ha recomendado destruir las malezas hospederas o los restos de las cosechas. Las siembras intercaladas de alfalfa favorecen la multiplicación de los enemigos naturales, y las condiciones húmedas propician el desarrollo de enfermedades que afectan las larvas y las pupas de *Heliotis*. Así mismo, la instalación de trampas de luz en la parte externa del invernadero se convierte en una herramienta eficaz para el monitoreo y captura de los estados adultos de estos perforadores.

El uso de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* ha demostrado ser efectivo para el control de estos insectos; además, se evitan brotes de plagas secundarias, ya que *Bacillus thuringiensis* no causa mortalidad a la fauna benéfica. Las aplicaciones deben realizarse inmediatamente después de que se inicia la floración.

Otro método de control es el uso de feromonas sexuales que permiten la detección temprana de la plaga. Las feromonas sexuales atraen solamente machos; además, el insecto no desarrolla ninguna resistencia a causa de las feromonas las cuales pueden alterar o modificar el comportamiento normal de las plagas y son una herramienta eficaz para monitorear sus poblaciones.

La liberación de parasitoides, especialmente la especie *Trichogramma exigum*, ha dado buenos resultados liberados en dosis de 16 a 17 pulgadas/1.000 m^2/cada 4 días, con la aparición de las primeras posturas de la plaga.

Lepidoptera: Gelechiidae
Cogollero del tomate: *Scrobipalpula (Tuta) absoluta* (Mayrick).

El daño es causado por las larvas que atacan el follaje y forman minas, pegan las hojas del cogollo formando una telaraña (figuras 156 y 157), y barrenan las nervaduras, las ramas y los tallos, e incluso producen la caída de flores y frutos. Esta plaga es de gran importancia económica ya que afecta directamente la producción del cultivo.

Dentro del manejo integrado de plagas es necesario conocer las especies plagas que afectan el cultivo y sus características

Figuras 156 y 157 Daño causado por cogollero al cultivo de tomate

El ataque se descubre por la presencia de hojas moteadas o parcialmente secas. Los adultos se pueden detectar con trampas de luz o trampas con hembras vírgenes, las que atraen a los machos. Sin embargo, lo más fácil es vigilar permanentemente el follaje y determinar la existencia de larvas vivas en hojas dañadas. El control generalmente se inicia al constatar la presencia de larvas activas.

Para el manejo de esta plaga se debe hacer seguimiento y control de la población mediante el uso de trampas con feromonas sexuales para captura de machos. Entre los controladores biológicos, el más utilizado comercialmente es el parasitoide de huevos *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma exiguum*, se liberan de 6 a 8 pulgadas por 1.000 m^2 acompañadas de aplicaciones foliares, especialmente dirigidas a los cogollos, de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*, a razón de 1 g/l de agua, más un adherente humectante como Inex-A a razón de 1 cc/l de agua. Estas aplicaciones deben realizarse deben realizarse al momento de iniciarse la floración, especialmente en las horas tempranas de la mañana para evitar el efecto negativo de la radiación sobre la bacteria. Probablemente será necesario repetir la aplicación a los tres o cuatro días.

El cultivo se debe monitorear permanentemente para detectar la presencia de la plaga porque, una vez establecida, el control químico no es eficiente, ya que el insecto permanece dentro del fruto o el cogollo durante su estado larval, allí se encuentra protegido sin que logren penetrar los insecticidas.

En el caso de la aplicación de insecticidas químicos, se recomienda seleccionar el más específico y selectivo posible, utilizando las dosis más bajas recomendadas de productos categoría III y IV (tabla 15).

Diptera: Cecidomyiidae
Prodiplosis: *Prodiplosis longifila* Gagné

El adulto es una mosquita diminuta, de aspecto delicado y frágil; la hembra puede ovipositar entre 40 y 60 huevos, que pone 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, las cuales se localizan entre las pequeñas hojitas de los brotes que aún no han desplegado (tejidos tiernos), en la parte interna de los botones florales, y bajo los sépalos que cubren el fruto. Cuando se alimenta de los brotes, las hojas al extenderse aparecen con manchas oscuras y tienden a deformarse. Cuando se alimenta del ovario de las flores y de los tejidos superficiales de los frutos recién formados, se observan costras superficiales, que aumentan de tamaño conforme el fruto se desarrolla, y en muchos casos el fruto se deforma. Cuando se alimenta bajo el cáliz del fruto produce,

como en el caso anterior, el daño conocido como "caracha", el cual determina pérdida del valor comercial del tomate (figura 158).

Figura 158. Daño causado al fruto por Prodiplosis

Al completar su desarrollo, generalmente abandonan estos órganos y caen al suelo o se localizan en el tallo donde se transforman en pupas.

La prodiplosis causa grandes pérdidas en el cultivo de tomate por tener un ciclo de vida muy corto, que a su vez aumenta su población.

Actualmente las estrategias de manejo integrado de prodiplosis incluyen: manejo adecuado de la humedad superficial, eliminación de hospederos (pasto kingrass), trampas de luz con paneles pegantes, fertilización para fortalecer el primer brote, periodo de cosecha adecuado, aplicación de productos químicos con base en imidacloprid o clorpirifos bajo condiciones especiales (tabla 15). No se conocen controladores biológicos eficientes, pero se observa parasitismo por *Synopeas* y predación por *Chrysoperla asoralis*. Aún hay mucho por investigar y validar tanto en las estrategias disponibles actualmente como en nuevas propuestas, que van desde nuevas herramientas de monitoreo poblacional hasta nuevos productos para el control químico y biológico, pasando por la posibilidad de agentes de control biológico eficientes (entomopatógenos, parasitoides y predadores).

Las siembras escalonadas, la no rotación de cultivos, el uso indiscriminado de agroquímicos, las múltiples labores que demanda el mantenimiento del cultivo no atendidas adecuadamente son, entre otras, las razones más importantes que inducen o provocan problemas fitosanitarios por plagas o enfermedades

Tabla 16. Listado de insecticidas para el control de plagas en tomate

Nombre comercial	Ingrediente activo	Categoría	Modo de acción	Dosis	Plagas que controla	Periodo de carencia*	Distribuidor
Ecomix	Extractos vegetales	III	Actúa como repelente de insectos	3,5cc/l	Minador, mosca blanca, prodiplosis	2 días	Ecoflora
Avaunt 150 sc	Indocacarb	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral	0,5cc/l	Perforadores de fruto, cogollero	15 días	Du pont
Bulldock	B-Cyfluthin	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral	1 cc/l	Minador	3 días	Bayer
Lorsban	Clorpirifos	III	Actúa por contacto, ingestión e inhalación (vapor). Inhibe la acción de la enzima acetilcolinesterasa, ocasionando disturbios en el sistema nervioso de los insectos y su muerte.	2 cc/l	Minador, cogollero, trozadores	21 días	Dow
Dart	Teflubenzuron	IV	Inhibidor de síntesis de quitina	0,2 cc/l	Cogollero, gusanos masticadores del follaje	7 días	Basf
Match 50 EC	Lufenorum	III	Inhibidor de quitina	0,5 cc/L	Cogollero, minador, perforadores de fruto	7 días	Syngenta
Chlorpyrifos Agrogen	Chlorpyrifos	III	Contacto, ingestión e inhalación. Inhibiendo la acción de la acetilcolinesterasa, ocasiona disturbios en el sistema nervioso y su muerte	1,5 l/ha	Minador	21 días	Agrogen
Decis	Deltametrina	III	Contacto e ingestión. Produce inapetencia, afecta el sistema nervioso y paraliza los insectos	1 cc/l	Minador, cucarroncitos del follaje, gusanos masticadores del follaje	20 días	Bayer
Padan	Cartap	III	Contacto e ingestión. Se paralizan los insectos rápidamente. Sistémico	0,4-0,6 kg/ha	Minador, cogollero	14 días	Bayer
Alsystin	Triflumuron	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina	260-500 cc/ha	Cogollero	10 días	Bayer
Dimilin	Diflubenzuran	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina	0,5-1 g/l	Cogollero, perforadores de fruto		Proficol
Pirestar	Permetrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral		Cogollero	20 días	Du pont
Ninja	Lambdaciha-lotrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral		Minador, trips	35 días	Syngenta

Tracer	Spinosad	III	Ingestión y contacto. Acción en el sistema nervioso		Minador, cogollero, trips		Dow Agrosciences
Turilav	Bacillus thurigiensis	IV	Ingestión, produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico	500-800 g/ha	Cogollero	Sin restricciones	Laverlam
Dipel	Bacillus thurigiensis	IV	Ingestión, produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico	1 g/l	Cogollero	Sin restricciones	Bayer
Biomel	Aceites vegetales de cocina. Saponificados y homogenizados	IV	Impide el intercambio de oxígeno del insecto con su medio al taponar los espiráculos. Altera la composición cerosa de la cutícula haciendo al insecto más susceptible a la acción de agentes ambientales y produciendo disecación.		Minador, mosca blanca, trips		Bioma
Ofunack	Piridaphention	III			Mosca blanca	14 días	Proficol
Cochibiol	Oleatos vegetales	IV	Por contacto en homópteros. Desactiva la capa cerosa que los protege, en ácaros y áfidos los elimina por asfixia.		Minador, mosca blanca, trips		
Vertisol	Verticillium lecanii	IV		0,5-1 l/ha	Mosca blanca		Laverlam
Confidor	Imidacloprid	III		0,2-0,3 l/ha	Mosca blanca, áfidos, minador, trips, ácaros, cogollero, prodiplosis	21 días	Bayer
Evisects	Thiocyclam hidrogenoxalato	III	Actúa principalmente por ingestión. Posee una buena acción de contacto y tiene propiedades sistémicas.	0,5-1,0 g/l	Minador, mosca blanca, cogollero, perforadores de fruto	3 días	Coljap
Capsialil	Ají-ajo	III	Repelente	0,3-0,7 cc/l	Trips, áfidos, mosca blanca	2 días	Ecoflora

Karate EC	Lambdacialotsina	III	Contacto e ingestión	0,6 l/ha	Arañita roja, áfidos, gusanos masticadores del follaje	30 días	Basf
Polo	Diafentiuron	III	Paraliza los insectos al afectar el proceso energético en las mitocondrias.	1 cc/l	Ácaros, áfidos, mosca blanca	7 días	Syngenta
Omite	Porpargite	III	Contacto, ingestión y gasificación	0,5-0,6 cc/l	Ácaros		Proficol
Biocanii	Verticillium lecanii	IV		1,5 g/l	Mosca blanca		
Oportune	buprofezin	III	Ingestión y contacto	0,3 cc/l	Mosca blanca	4 días	Bayer
Bioveria	Beauveria bassiana	IV		1 g/l	Trips		Biotropical

*Periodo de carencia (días) desde la aplicación hasta la cosecha

Manejo integrado de enfermedades

En general, para el control de enfermedades en tomate, como para cualquier otra especie, se debe hacer un programa donde se considere la integración de todas las posibilidades de control para tender a un uso racional de los productos fitosanitarios, causando el mínimo impacto ambiental y económico y que los productos cosechados sean inocuos.

De acuerdo a las especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero, de la Comisión Nacional de BPA del gobierno de Chile (2003), a continuación se describen las BPA para el manejo de las principales enfermedades del cultivo de tomate bajo invernadero:

- Es importante conocer la historia del lote; especialmente evaluar la eventual presencia de patógenos u otros agentes contaminantes.
- Se debe monitorear permanentemente el cultivo para eliminar todas aquellas plantas que presenten síntomas
- Se deben usar semillas sanas, evitando la contaminación con inóculos de hongos que contengan las semillas. Si no se tiene la certeza de la sanidad de la semilla, se debe realizar una desinfección de ésta o de la planta, con fungicidas según las recomendaciones de un técnico capacitado y de acuerdo con las indicaciones de la etiqueta del producto.
- Se recomienda utilizar variedades resistentes a las enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus.
- Como medida de prevención, se debe mantener un régimen nutricional e hídrico adecuado, evitando la posibilidad de pudrición, rajaduras de frutos, pudriciones apicales en los frutos y otros.
- Se deben eliminar los restos vegetales para evitar inóculo de diferentes patógenos
- Se debe favorecer la adecuada ventilación dentro de los invernaderos e impedir la presencia de rocío o humedad sobre las plantas, lo que disminuye el riesgo de enfermedades.
- Hay que eliminar constantemente las hojas y flores secas, las cuales favorecen la proliferación de hongos como *Oidium y Botrytis.*
- Es importante, también, eliminar malezas que puedan ser hospederos alternantes de las enfermedades más frecuentes, como *Alternaria y Botrytis.*
- Todo el material cortado debe ser sacado del invernadero y eliminado en forma adecuada. Este residuo vegetal nunca debe ser quemado ni apilado en las cercanías de alguna zona de producción.
- Se recomienda seleccionar terrenos con suelos livianos, con una buena de capacidad de drenaje. En suelos pesados se debe evitar dar riegos en exceso.
- A fin de cortar los ciclos de patógenos que quedan en el suelo de un año a otro, se debe considerar la rotación de cultivo.
- Inmediatamente después de realizar una poda, aplicar productos con base en cobre para evitar la entrada de patógenos por las heridas.
- En el caso de presentarse enfermedades del suelo, se deben realizar tratamientos localizados en el sitio donde se presenta la enfermedad.

Las condiciones ambientales dentro de los invernaderos hacen necesario enfrentar los problemas sanitarios con un programa de control integrado, donde se incluya manejo del cultivo, control químico, uso de variedades resistentes y una adecuada capacitación a los capacitadores.

- Se deben aplicar fungicidas al follaje ante la aparición de los primeros síntomas; para esto se deben monitorear constantemente los cultivos. La aplicación de fungicidas debe seguir las indicaciones de la etiqueta del producto.
- Con el fin de disminuir inóculos de patógenos de un cultivo a otro, se recomienda desinfectar las estructuras del invernadero anualmente.
- Desinfectar constantemente las herramientas y manos de los trabajadores durante las prácticas de manejo del cultivo (poda, deschuponada, deshojes, amarres, descuelgue de plantas, cosecha, etc.)
- Se deben ubicar piletas de desinfección de zapatos a la entrada del invernadero para evitar el ingreso de patógenos o contaminación del cultivo (figura 159). En estas piletas se aplica yodo agrícola al 10% como desinfectante.
- Se debe evitar la sobre fertilización nitrogenada para prevenir el excesivo desarrollo vegetativo de las plantas.
- Para que no haya presencia de insectos vectores de virus, se deben usar barreras físicas que impidan su ingreso dentro de los invernaderos, o trampas atrayentes que disminuyan su problema.

Figura 159. Cubeta con esponja para desinfección de zapatos

Enfermedades causadas por hongos

Gota, tizón tardío, phytopthora

Phytopthora infestans

La enfermedad es común en zonas con temperaturas entre 15º y 22º C y humedad relativa alta (mayor de 80%). El patógeno se transmite en semillas de tomate y puede sobrevivir en forma de micelio en otras plantas cultivadas o malezas de la familia de las solanáceas, o en residuos de cosecha que permanecen en el suelo. Cuando la severidad de la gota es alta en las 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 160), tallos o frutos. Generalmente, los primeros síntomas se presentan en las hojas, como manchas grandes de color café o castaño, apariencia húmeda, con una coloración verde pálido alrededor de la lesión. En el envés de las hojas o sobre la superficie de los tallos las lesiones son del mismo color, y se observa una leve ceniza blanquecina en el centro de la lesión que corresponde a la esporulación del hongo. En periodos de humedad relativa alta, las lesiones en los tallos crecen y cubren grandes extensiones de tejido, causando la muerte total o parcial de la planta.

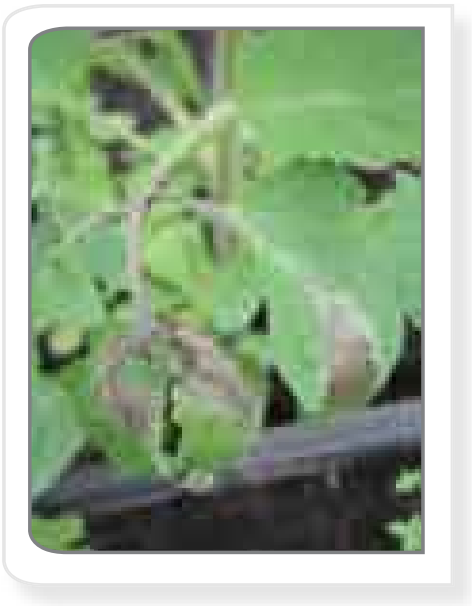


Figura 160. Síntoma de gota en hojas

El patógeno también afecta los pecíolos y causa su doblamiento. En los frutos (figura 161), las lesiones son redondas o elípticas en principio y de color café oscuro. El patógeno cubre rápidamente la superficie del fruto, que se torna irregular y, dependiendo de las condiciones ambientales, las lesiones pueden cambiar de color castaño a negro.

Figura 161. Síntoma de gota en frutos

P. infestans también puede atacar plántulas de tomate en la etapa de semilleros, causando lesiones en hojas y muerte de las plántulas al ocasionar estrangulamiento de su cuello.

Como una medida para la prevención de enfermedades se debe mantener un régimen nutricional e hídrico adecuado, evitando la posibilidad de pudrición e infección por hongos o bacterias.

Como control cultural es importante evitar altas densidades de siembra; las podas de hojas bajeras disminuyen la humedad dentro del cultivo y la severidad del patógeno. Los restos de plantas o partes enfermas se deben retirar del cultivo en bolsas plásticas y eliminar. Como control químico se recomiendan aspersiones de fungicidas (tabla 16).

Mancha de alternaria, tizón temprano
Alternaria solani, Alternaria alternata

El hongo que causa la mancha de alternaria es favorecido por periodos húmedos y cálidos. El patógeno se disemina por la lluvia y el viento, y sobrevive en tejidos enfermos, en la semilla de tomate y en otras plantas de la familia de las solanáceas.

En semilleros, el hongo puede causar lesiones en tallos y hojas, y producir la muerte de las plántulas. En condiciones de campo, las plántulas de tomate afectadas presentan los primeros síntomas en las hojas más viejas de la planta, y ocurre el amarillamiento generalizado de la hoja. Las lesiones son redondas, secas, de color café oscuro o negro, de bordes irregulares, con marcados anillos concéntricos rodeados de un halo clorótico (figura 162); en tallos se producen síntomas similares (figura 163).

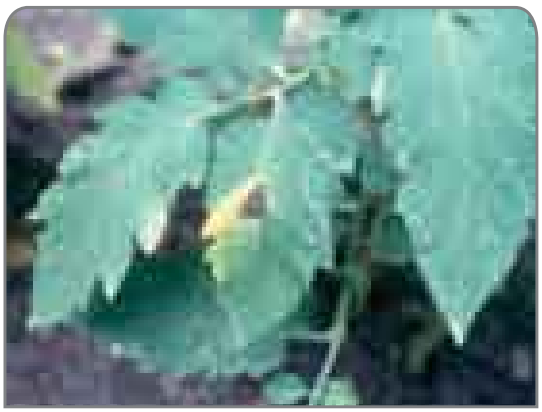


Figura 162. Síntomas de alternaria en hojas

Figura 163. Síntoma de alternaria en tallo

En ocasiones, las lesiones son tan numerosas que se unen y causan una necrosis de la hoja, que se acentúa y es más frecuente en sus bordes. Cuando afecta tallos y pecíolos produce lesiones anilladas, hendidas, ovaladas, de color marrón o negro y de aspecto blanquecino o grisáceo en su región central.

Generalmente las lesiones se unen y cubren grandes áreas del tallo.

En frutos, *A. solani* produce lesiones de color café oscuro, secas, grandes, deprimidas y de forma anillada, que se caracterizan por presentarse en la región cercana al pedúnculo, con abundante esporulación de color negro o grisáceo en la región central del fruto (figura 164).

Figura 164. Daño por alternaria en fruto

Un ataque fuerte causa defoliación de la planta, disminuye el área fotosintética y los frutos sufren quemaduras al quedar expuestos al sol.

Para el manejo cultural de esta enfermedad, se recomienda una amplia y adecuada distancia de siembra; poda de hojas bajeras para favorecer la aireación; un adecuado control de malezas; recolección y destrucción de los frutos o partes de la planta afectados, para disminuir la fuente de inóculo de la enfermedad; utilizar semillas tratadas o libres de la enfermedad, y control químico (tabla 16).

Carate, pudrición del fruto

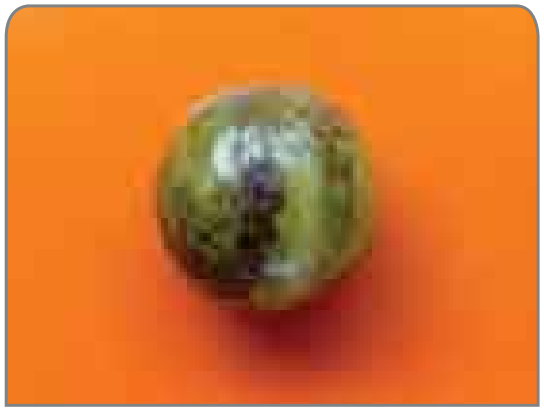
Phoma andina var. *Crystalliniformis*

Esta enfermedad es severa en condiciones de humedad relativa alta y temperaturas medias a bajas. El patógeno sobrevive en residuos de cosecha y no se transmite en semilla de tomate.

Los primeros síntomas de carate se observan inicialmente en la base del tallo principal. Las lesiones son superficiales, ya que sólo afecta los tejidos corticales, aparecen como diminutas manchas necróticas que avanzan hacia la parte superior del tallo (figura 165). Con el tiempo, las lesiones se presentan en ramas y pecíolos, y en condiciones favorables se unen y cubren grandes extensiones. Los frutos y su pedúnculo también son atacados, presentan diminutas lesiones punteadas que cubren gran parte de su superficie hasta deteriorar su calidad (figura 166).

Es importante favorecer la adecuada ventilación dentro de los invernaderos y evitar la presencia de rocío o humedad sobre las plantas, lo que disminuye el riesgo de aparición de enfermedades.

Figuras 165. Síntomas de carate en tallo



Figuras 166. Síntomas de carate en fruto

El tutorado oportuno, la poda de hoja bajeras y la remoción de frutos afectados son prácticas de control cultural que ayudan a reducir la severidad de la enfermedad. Las aspersiones de productos químicos dirigidas a la base del tallo y los frutos, al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad, controlan adecuadamente el carate del tomate (tabla 16).

Botrytis, moho gris, mancha fantasma del fruto
Botrytis cinerea

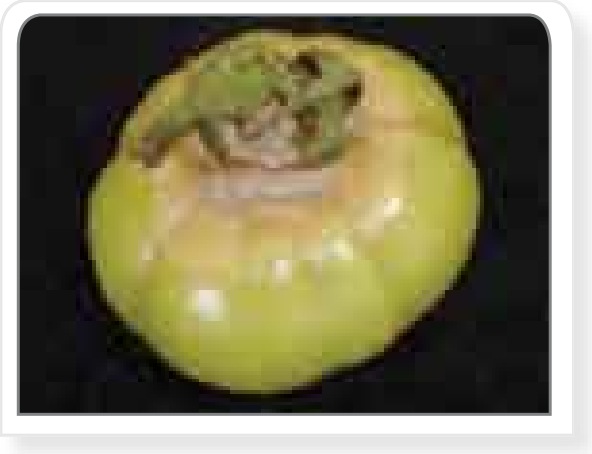
Las altas densidades de siembra, lluvias continuas, humedad relativa alta y temperaturas entre 15º y 22º C favorecen el desarrollo del moho gris. El hongo se disemina fácilmente por el viento, las herramientas y el salpique del agua de lluvia.

El hongo *B. cinerea* afecta flores, tallos y frutos. En hojas, el hongo produce lesiones de color café oscuro localizadas en el ápice, que se caracterizan por no presentar halo clorótico, pero sí algunos anillos concéntricos por el haz de la hoja y un abundante moho café por su envés, que corresponde a la esporulación del hongo que causa la enfermedad. El patógeno afecta los pecíolos de las hojas y las flores, donde también produce lesiones de color café claro a oscuro, con abundante esporulación (figura 167).

Figura 167. Lesiones en la inflorescencia causados por *Botritis sp.*

Figuras 168. Frutos afectados por moho gris

El hongo puede afectar frutos recién formados, verdes y próximos a cosechar. En los frutos las lesiones son blandas y acuosas, y se localizan en la región apical y en la unión del pedúnculo con el fruto (figura 168), y se caracterizan por la abundante esporulación (figura 169) de color grisáceo o café oscuro.



Figuras 169. Esporulación del hongo en fruto

Cuando en cultivos de tomate se presentan condiciones de humedad relativa baja, el hongo no desarrolla los síntomas típicos de pudrición acuosa o moho gris, y se muestra la llamada mancha fantasma en los frutos. En los frutos de tomate con la mancha fantasma, aparecen lesiones de forma circular blanca (figura 170) en forma de aro o anillo, con un diminuto punto café en su centro.

Figura 170. Mancha fantasma en fruto producida por *Botrytis* sp

En el tallo (figura 171) se manifiestan lesiones deprimidas, circulares o elipsoides de color café oscuro, cubiertas de abundante esporulación, que luego progresan y pueden comprometer uno o varios tallos, producir su doblamiento y causar la muerte de la planta.

Eliminar oportuna y adecuadamente todas las plantas que presenten síntomas de cualquier enfermedad es una Buena Práctica Agrícola para el manejo de enfermedades

Figura 171. Síntoma de *Botrytis* sp en tallo

Una mayor aireación dentro del cultivo, mediante las prácticas de poda o deshoje, disminuye la incidencia de la enfermedad. La recolección de partes afectadas y un adecuado control de malezas, reducen la severidad y los daños por el moho gris. Las aspersiones foliares de cepas de *Trichoderma koningii* han mostrado gran potencial de control del moho gris.

Moho blanco, esclerotinia

Sclerotinia sclerotiorum

Altas densidades de siembra en el cultivo y la siembra cercana a otros cultivos susceptibles al moho blanco, favorecen la incidencia de la enfermedad.

En tomate el hongo puede infectar tallos, pecíolos y en ocasiones frutos. Los síntomas iniciales se presentan en las hojas, las cuales manifiestan un marchitamiento total o parcial, debido a que el hongo afecta el tallo principal (figura 172), donde causa una pudrición húmeda y hueca, con crecimiento micelial blanquecino y presencia de diminutos cuerpos negros de forma y tamaño variables llamados esclerocios, que corresponden a estructuras de resistencia del hongo (figura 173). En las ramas o tallos marchitos, se observa un crecimiento fungoso blanquecino de consistencia húmeda.

Figura 172. Daño por esclerotinia en tallo principal

Figura 173. Presencia de esclerocios negros por daño de esclerotinia

Dado que este hongo sobrevive en el suelo mediante esclerosios, se debe prevenir su presencia haciéndole tratamiento al suelo que va ser usado en los semilleros. Una alternativa es el tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días. Igualmente, la inoculación del hongo *Trichoderma koningii* en el suelo posibilita un adecuado control de este patógeno en los semilleros. Un amplio espaciamiento entre surcos y las prácticas de poda o deshoje durante el cultivo disminuyen la incidencia de la enfermedad. Si la enfermedad se presenta en campo, se deben eliminar las plantas afectadas para evitar focos de infección. Las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas y exponer a los rayos del sol (solarización seca), para facilitar la descomposición del tejido vegetal y la muerte del hongo causante del moho blanco. Para el control químico, véase la tabla 16.

Marchitez vascular, fusarium
Fusaruim oxysporum f. sp. lycopersici

La marchitez vascular es favorecida por las heridas que se realizan en las raíces y tallos. El patógeno *Fusarium oxysporum* se transmite en semillas de tomate y a través del suelo contaminado. La enfermedad es más frecuente en suelos ácidos, mal drenados y de textura liviana. Las plantas afectadas que se dejan en el campo son la principal fuente de inóculo, ya que el patógeno esporula fácilmente en las plantas enfermas y es diseminado por el agua y el viento a plantas sanas. El hongo sobrevive en el suelo en forma de clamidosporas y en residuos de cosecha.

El hongo produce retraso en el crecimiento y síntomas de marchitamiento foliar en toda la planta de tomate, hasta que ocurre la quemazón foliar y el secamiento total. Se produce una necrosis interna de color marrón en la base del tallo (figura 174).

Figura 174. Marchitez vascular por fusarium

Este hongo sobrevive en el suelo mediante clamidosporas, por esa razón se debe prevenir su presencia sometiendo a tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días el suelo que va ser usado en los semilleros. La siembra de semillas de tomate pregerminadas en suspensiones del hongo *Trichoderma koningii*, con aplicaciones posteriores del mismo hongo y de la bacteria *Pseudomonas fluorescens* al suelo

Con el fin de disminuir el inoculo de hongos patógenos de un cultivo a otro, se recomienda desinfectar las estructuras de los invernaderos anualmente

de los semilleros, posibilitan un adecuado control de *Fusarium oxysporum*. La preinoculación de plantas de tomate siete días antes del trasplante con *Penicillium oxalicum* reduce la severidad de la enfermedad. La aplicación de las bacterias *Serratia plymuthica* y *Pseudomonas sp.* a las semillas, también ha permitido una disminución de la incidencia y severidad de la marchitez por Fusarium oxysporum.

La inmersión de raíces de tomate durante 10 minutos poco antes del trasplante en una solución al 10% de hidrolato de rosa amarilla o marigold (tapetes patula) reduce la incidencia por *Fusarium oxysporum*. Es de vital importancia para el control de la enfermedad seleccionar en el semillero y, posteriormente, sembrar plántulas sanas en campo. En el campo se deben realizar drenajes para airear el suelo, eliminar inmediatamente las plantas enfermas y retirarlas y destruirlas fuera del invernadero. Se sugiere usar variedades resistentes.

Teniendo en cuenta que este patógeno es más severo en condiciones de suelos ácidos, se recomienda la aplicación de cal agrícola o cal hidratada para aumentar el pH. Medios o sustratos de crecimiento que poseen un pH alto tienden a mantener niveles más altos de nutrientes, mayores poblaciones de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos) y menor severidad de marchitamiento por *Fusarium oxysporum*. La severidad de la enfermedad se ha reducido cuando se han aplicado fertilizantes nitrogenados con base en nitratos, y ha aumentado con fertilizantes nitrogenados con base en amonio. El riego con aguas salinas y la fertilización con sulfato de amonio predisponen la planta al ataque por el hongo.

La incidencia de la marchitez por *Fusarium oxysporum* es tan grave en algunas zonas productoras de tomate bajo invernadero de Colombia, que se ha recurrido al embolsado individual de las plantas con suelo previamente desinfectado, para el control de la enfermedad.

Para el control químico se puede realizar un tratamiento a las semillas mediante la inmersión en ácido clorhídrico al 1% durante 20 minutos. En el campo, si se realizan aspersiones con productos químicos, éstas deben ser dirigidas al follaje y al suelo o base de la planta (tabla 16).

Cenicilla, oidium, mildeo polvoso
Oidium link

La cenicilla es favorecida por épocas calurosas y baja humedad relativa. El patógeno se disemina por el viento.

Los síntomas de la cenicilla se presentan en tallos (figura 175), pecíolos y las hojas (figura 176) más viejas. En el haz de las hojas se observan puntos o manchas circulares con crecimiento superficial de aspecto blanquecino, que van colonizando diferentes partes y tornando la hoja clorótica. El hongo puede causar clorosis superficial en el haz, y por el envés se observa un leve crecimiento blanquecino.

Figuras 175 y 176. Cenicilla en tallo y en hojas

En los tallos y los sépalos (figura 177) las lesiones son de borde irregular, ligeramente necrosadas y adquieren con el tiempo tonalidades negruzcas acompañadas de un crecimiento blanquecino superficial.

Figura 177. Lesiones por cenicilla en sépalos

La aplicación de aceite de neem (*Azadirachta indica*) (0,25 a 0,5%) reduce la severidad de la cenicilla. Las aspersiones foliares de cepas de *Trichoderma koningii* han mostrado gran potencial de control de la cenicilla del tomate. El manejo químico puede realizarse con la aspersión de productos a base de azufre (tabla 16).

Una BPA es utilizar variedades resistentes a algunas enfermedades en las plantas de tomate

Moho clorótico, cladosporium, fulvia

Fulvia fulva. Cladosporium fulvum

El moho clorótico es una enfermedad que se presenta con mucha frecuencia en cultivos de tomate bajo invernadero. El patógeno se disemina por el viento. La enfermedad es favorecida en condiciones de humedad relativa alta (mayor de 90%) y temperaturas entre 20 y 25° C.

En el haz de las hojas más viejas se presentan manchas cloróticas de bordes irregulares, mientras que por el envés se observa un moho de color café oscuro (figuras 178 y 179). Con el tiempo las hojas afectadas se caen. El patógeno también afecta flores, donde produce el estrangulamiento del pedúnculo y posteriormente la caída de la flor.

Figuras 178 y 179. Daños por moho clorótico en el haz y el envés de las hojas

Una adecuada ventilación del cultivo mediante un amplio espaciamiento entre surcos y plantas, y la poda de hojas bajeras, que favorezca la aireación, reducen la severidad de la enfermedad.

Antracnosis del fruto

Glomerella cingulata. Colletotrichum gloeosporioides

Los daños por antracnosis se ven favorecidos por temperaturas medias (15 a 20° C) y humedad relativa alta dentro del invernadero. Altas densidades de siembra, la presencia de insectos y el riego por aspersión favorecen la diseminación del patógeno por el viento. El patógeno también se puede transmitir en las semillas.

El hongo infecta frutos de tomate (figura 180) y produce lesiones hundidas y redondas de color negro, localizadas en la región cercana al pedúnculo del fruto. En condiciones de humedad relativa alta, las lesiones se cubren de un micelio blanco en los bordes y negruzco en el centro de la región afectada.

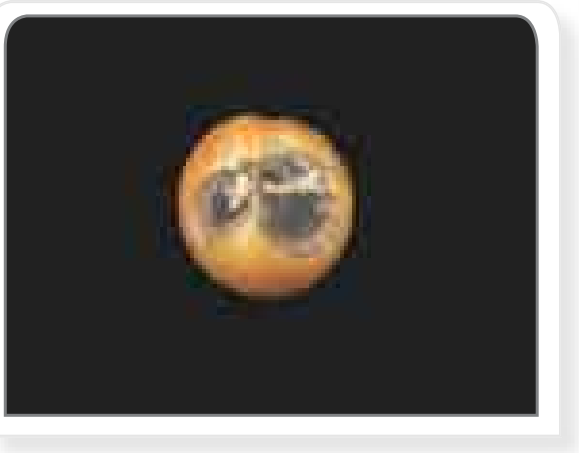


Figura 180. Síntoma de antracnosis del fruto

En zonas donde la enfermedad es frecuente, se recomienda un amplio espaciamiento entre surcos y plantas para facilitar la aireación del cultivo. Las prácticas de poda o deshoje disminuyen la incidencia de la enfermedad. La recolección de los frutos afectados disminuye las fuentes de inóculo y reduce las pérdidas por la enfermedad.

Fumagina

Cladosporium link

Los daños por fumagina se ven favorecidos por temperaturas cálidas (20 a 25° C) y humedad relativa alta dentro del invernadero. Altas densidades de siembra y la presencia de insectos (áfidos o pulgones y mosca blanca) favorecen la presencia y diseminación del patógeno (figura 181).

Figura 181. Daño por fumagina por la presencia de insectos

Para prevenir el desarrollo de enfermedades se debe desinfectar constantemente las herramientas y manos de los trabajadores durante las prácticas de manejo del cultivo.

Los daños por fumagina se presentan en las hojas de tomate como un moho de color verde a negro que cubre la lámina foliar (figura 182). El hongo produce lesiones individuales y superficiales de color verde o negro que predominan en la unión del pedúnculo con el fruto, y van cubriendo éste hasta deteriorar su calidad (figura 183).

Figura 182. Daño de fumagina en hojas

Figura 183. Daño de fumagina en frutos

Para su manejo se recomiendan amplias densidades de siembra a fin de facilitar la aireación del cultivo. Al momento de la siembra, los surcos deben orientarse en la dirección de los vientos que prevalecen en la zona. Las prácticas de poda o deshoje disminuyen la incidencia de la enfermedad, mientras la recolección de los frutos afectados disminuye las fuentes de inóculo y reduce las pérdidas por la enfermedad.

Dado que la fumagina es favorecida por insectos chupadores, se recomienda la aspersión de insecticidas al cultivo.

Pudrición de plántulas, damping – off, pata seca
Pythium, Rhizoctonia, Fusarium, Phytophthora, Sclerotium (complejo de hongos)

Las pudriciones de plántulas por estos patógenos son favorecidas por temperaturas entre 18° y 24° C, semilleros con altas densidades de siembra mantenidos en condiciones de poca luminosidad, y excesiva humedad del suelo. Los suelos de textura pesada y drenaje deficiente también favorecen el ataque de hongos causantes de esta pudrición.

Algunos de los hongos causantes de pudriciones (*Pythium sp., Rhizoctonia solani, Phytophthora infestans*) se diseminan en forma de clamidosporas en las semillas de tomate en suelo contaminado, a través del agua de riego a partir de los focos de infección en los semilleros, por la distribución de semilleros enfermos, y por herramientas usadas en suelo contaminado.

Cuando los patógenos atacan las semillas causan germinación desigual y su pudrición. Si los ataques se presentan después de la germinación, debilitan las plántulas al afectar las raíces. En esta etapa, el hongo *P. infestans* ocasiona estrangulamiento del cuello, necrosis del tallo y muerte de las plántulas de tomate. El hongo *Pythium sp.* causa desintegración de los tejidos cercanos a la base del tallo (figura 184). En ambos casos se observa un estrangulamiento en la base de la planta, necrosis de raíces, amarillamiento, marchitamiento y muerte prematura.

Figura 184. Daño por complejo de hongos

Para el manejo cultural de esta enfermedad, se debe evitar el uso de suelos pesados para los semilleros, exceso de humedad y altas densidades de siembra. El suelo que se vaya a usar en los semilleros debe proceder de lotes donde no se haya cultivado antes, o de campos que hayan sido rotados con cultivos de maíz, que es tolerante a estos patógenos; debe ser, además, sometido a un tratamiento de solarización húmeda; y también puede ser inoculado con hongos biocontroladores, del género *Trichoderma spp.*, al momento de la siembra, ocho días después de la germinación y ocho días antes del trasplante definitivo al campo. En caso de que se opte por el tratamiento con agentes de biocontrol, como *Penicillium spp.* o *Trichoderma spp.*, o por el tratamiento de solarización húmeda, el suelo para los semilleros no debe ser sometido a tratamientos con fungicidas. La siembra de semillas de tomate pregerminadas en suspensiones del hongo *Trichoderma koningii*, con posterior aplicación al suelo de los semilleros del mismo hongo y de la bacteria *Pseudomonas fluorescens*, posibilita un adecuado control de *R. solani.* La aplicación a las semillas de tomate del hongo *T. lignorum* protege las plántulas y reduce las afecciones por *Rhizoctonia* y *Fusarium* en semilleros.

Si la pudrición de las plántulas se presenta en el semillero, se deben retirar y eliminar inmediatamente las plantas enfermas. Al momento del trasplante se debe ser cuidadoso en seleccionar plantas sanas para llevar al campo. Cuando las infecciones se presenten en el campo, las plantas enfermas se deben retirar y eliminar inmediatamente para disminuir los focos de infección. Los lotes severamente afectados por estos patógenos del suelo deben ser sometidos a rotación con plantas menos susceptibles.

Es importante desinfectar con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola, las bandejas para semillero y las canastillas en las cuales se transportan y comercializan las hortalizas.

El uso de variedades resistentes o plantas sanas contribuye con el manejo integrado de enfermedades.

Enfermedades causadas por bacterias

Mancha bacterial, xanthomonas

Xanthomonas vesicatoria

La enfermedad es frecuente en zonas de clima medio y frío donde prevalecen condiciones de humedad relativa alta y temperaturas entre 17° y 24° C. El patógeno se transmite en las semillas de tomate y sobrevive en restos de cultivo hasta por seis meses y en algunas malezas.

La mancha bacterial del tomate es una enfermedad que se puede presentar desde la etapa de semillero. En plántulas en semilleros, el patógeno induce manchas negras y húmedas en hojas.

La enfermedad se inicia en hojas bajeras de la planta en forma de manchas o lesiones de color negro, con bordes irregulares que por el envés presentan apariencia húmeda (figuras 185, 186 y 187). La bacteria produce lesiones negras en las flores, los pedúnculos que sostienen los frutos y el tallo (figura 188). En los frutos verdes y maduros la lesión puede localizarse en la región adyacente al pedúnculo y es redonda, de color negro a marrón oscuro, y se rodea de un leve halo clorótico (figura 189).

Figuras 185, 186 y 187. Lesiones por xanthomonas en hojas

Figura 188. Lesiones por xanthomonas en tallo

Figura 189. Lesiones por xanthomonas en fruto

Dado que la bacteria se transmite por la semilla, se debe usar semilla de buena calidad para evitar el establecimiento de la mancha bacterial desde los semilleros. La selección de plántulas libres de la enfermedad, en el momento del trasplante, es importante para evitar epidemias desde los primeros estados de desarrollo del cultivo. Amplias distancias de siembra y suelos bien drenados disminuyen la severidad de la mancha bacterial.

Si la enfermedad se presenta en campo en los primeros estados de desarrollo, se debe realizar una poda de tallos y hojas afectadas para proceder a retirar y eliminar el tejido enfermo hacia lugares alejados del cultivo.

Durante el cultivo se debe tener un adecuado control de malezas, ya que algunas son hospederas de la bacteria. Una vez finalizado el cultivo que ha sufrido ataques

Se recomienda seleccionar terrenos con suelos livianos, con buena capacidad de drenaje, para evitar la aparición de enfermedades.

por la mancha bacterial, se deben retirar y eliminar los residuos de cosecha y realizar una rotación de, por los menos, de 1 a 2 años con cultivos no susceptibles al patógeno.

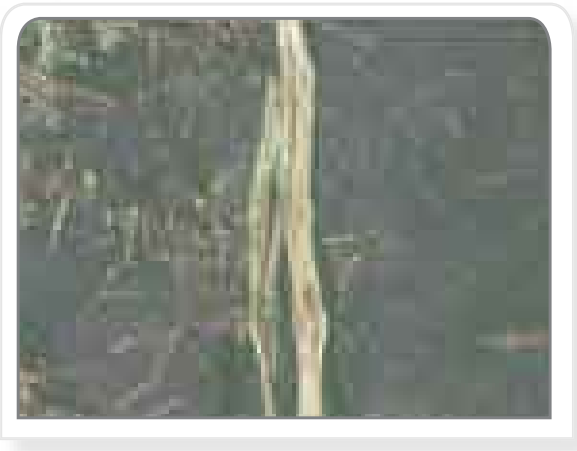
El control químico se basa en la aplicación de productos bactericidas (tabla 16).

Huequera, tallo hueco, popillo
Erwinia chysanthemi

Las temperaturas ligeramente altas (20º a 23º C) y una humedad relativa alta favorecen la presencia de esta enfermedad. El patógeno es frecuente en suelos húmedos y se disemina a través de insectos, por agua de escorrentía, en suelo contaminado y durante las labores de poda.

La enfermedad se manifiesta inicialmente en las hojas superiores, mediante un ligero marchitamiento. En ataques avanzados, el marchitamiento de la planta puede ser total debido al ataque de la bacteria en el tallo principal, donde se observa una lesión húmeda y acuosa, de color café o negro, que al presionar con los dedos, posee consistencia hueca al tacto (figura 190). El tallo presenta rajaduras a lo largo del mismo y, al examinar el tejido medular, éste se encuentra desintegrado (figuras 191 y 192), hueco y quebradizo; de ahí deriva el nombre de huequera.

Figura 190. Planta con consistencia hueca al tacto, síntoma específico de popillo



Figuras 191 y 192. Tejido medular desintegrado, por ataque de popillo

Una vez detectado el popillo, se recomienda la eliminación, retiro y destrucción fuera del cultivo de las plantas enfermas. Las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas y exponer a los rayos del sol (solarización seca), para facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte de la bacteria. Las prácticas de control cultural dirigidas a disminuir la presencia de insectos disminuyen 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.

Es importante tener en cuenta que durante las labores de poda se debe realizar la desinfección o lavado de manos, de herramientas o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola.

Marchitez, pudrición suave, erwinia
Erwinia sp.

La pudrición por erwinia es favorecida por excesiva humedad en la base del tallo de la planta. La bacteria se disemina por el agua de escorrentía y herramientas contaminadas, y se ve favorecida por el ataque de insectos y las prácticas de poda.

La enfermedad se manifiesta inicialmente en las hojas superiores mediante un ligero marchitamiento. En ataques avanzados, el marchitamiento de la planta puede ser total (figura 193), debido a la irrupción 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 193. Marchitez en la planta

Para evitar la presencia de insectos vectores de virus , se deben usar barreras físicas que impidan su ingreso al interior de los invernaderos y/o trampas atrayentes que disminuyan su problema

La pudrición por *Erwinia sp.* se debe prevenir evitando condiciones de humedad excesiva en la base del tallo de la planta. La práctica de aporque temprano de las plantas al inicio de la enfermedad posibilita la emisión de nuevas raíces en la parte superior del tallo principal y la recuperación de la planta afectada, siempre y cuando se realice la aplicación previa de bacterias al suelo.

Durante las labores de poda se debe realizar la desinfección o lavado de manos, herramientas o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio o yodo agrícola.

Pudrición medular
Pseudomonas sp.

Los síntomas iniciales de la pudrición medular se observan en las hojas inferiores de la planta mediante un marchitamiento parcial. A lo largo de los tallos de las plantas afectadas se presentan agrietamientos que pueden llegar hasta los pecíolos de las hojas. Los tallos se tornan huecos, y la región medular es reemplazada por una masa gelatinosa de apariencia blanda que no desprende olores desagradables (figura 194).

Figura 194. Planta atacada por *Pseudomonas*

Se deben 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.

Enfermedades causadas por virus

Virus del mosaico del tabaco
Tobacco mosaic virus (TMV)

En tomate, el virus se transmite a través de la semilla y mecánicamente a través de la manipulación de las plantas enfermas en las labores de poda y amarre del cultivo. Los operarios de campo que fuman cigarrillo en la plantación pueden transmitir el virus al contacto de sus manos con plantas sanas. El virus se disemina también por contacto de la planta sana de tomate con suelo que contenga restos vegetales enfermos.

Cuando la infección por el virus se presenta desde los primeros estados de desarrollo del cultivo de tomate, las plantas afectadas muestran reducción en el crecimiento.

Las hojas son pequeñas, con un mosaico suave, consistente en la presencia de áreas verde claro, que contrastan con el verde oscuro de la lámina foliar (figura 195). En ocasiones en la lámina foliar aparecen rugosidades y deformaciones. En los frutos se manifiestan síntomas de anillos cloróticos. En ataques severos se muestra caída de flores y necrosis parcial de los foliolos.

Figura 195. Síntoma típico del virus del mosaico del tabaco

Virus del mosaico amarillo del tomate
Tomato yellow mosaic virus (ToYMV)

El virus del mosaico amarillo del tomate es favorecido por condiciones de sequía y temperaturas altas, porque facilitan el incremento de su vector, la llamada mosca blanca *Bemisia tabaci biotipo B.*

Los síntomas del ToYMV en hojas incluyen mosaico amarillo y deformación foliar, crecimiento reducido, mosaicos y rugosidad foliar (figura 196).

Una adecuada ventilación del cultivo mediante un amplio espaciamiento entre surcos y plantas, y la poda de hojas bajeras, que favorezca la aireación, reducen la severidad de las enfermedades.

Figura 196. Síntoma del virus del mosaico amarillo del tomate

Como control cultural se recomienda proteger los semilleros de tomate con malla contra la mosca blanca. Y realizar control del vector tanto en semilleros como en el momento del trasplante.

Enfermedades causadas por nematodos

Nematodos del nudo

Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica

Los nematodos representan un problema más serio en suelos livianos, en tanto que los ataques son moderados en suelos con pH bajo. Los ataques son favorecidos por temperaturas moderadas en el suelo entre 16° y 17° C, y su germinación ocurre a partir de almácigos o semilleros afectados o por agua de riego.

Aunque *Meloidogyne incognita* es un nematodo de amplia distribución y prevalencia en variadas condiciones ambientales, es más frecuente en cultivos de tomate ubicados en zonas de clima cálido, mientras que *Meloidogyne javanica* es más frecuente en las zonas de clima frío moderado.

La severidad de ambos organismos es favorecida por la siembra continuada de cultivos altamente susceptibles como las solanáceas (pimentón, ají, papa, etc.) y la ausencia de rotación con cereales. Existen también innumerables malezas que son hospederas de nematodos y que mantienen las poblaciones de estos organismos en raíces y suelo.

Los daños pueden ocurrir durante la etapa de semillero. Las plantas de tomate afectadas por nematodos sufren retraso en su desarrollo y los daños sólo se detectan al momento del trasplante a sitio definitivo. Los nematodos del nudo producen pequeñas protuberancias, agallas o nudos en las raíces pequeñas.

En condiciones de cultivo, las plantas afectadas presentan amarillamiento en las hojas más viejas, retraso en su desarrollo y reducción considerable de su producción. Ocasionalmente, las plantas afectadas por el

nematodo pueden experimentar marchitamiento foliar temporal en días calurosos o temporadas secas (figura 197).

Figura 197. Síntoma de planta atacada por nemátodos

Las raíces de las plantas afectadas por el nematodo presentan numerosas agallas o nudos que se concentran en la base de la planta. Los nudos forman masas de raíces (figura 198) deformadas que favorecen el ataque de otros patógenos, se pudren y la planta se debilita.

Figura 198. Raíz atacada por nematodos

Los nematodos pueden también ser vectores de virus y son capaces de destruir microorganismos benéficos para las plantas.

Los desordenes fisiológicos causan una serie de anomalías a diferentes estructuras de la planta, generalmente debidas a condiciones climáticas adversas o por deficiencias nutricionales.

Dado que los nematodos del género *Meloidogyne spp.* son muy frecuentes en la mayoría de los campos, el control de estos organismos debe ser preventivo en el semillero. Para los semilleros no se deben utilizar suelos procedentes de campos que hayan sufrido ataques por nematodos. El suelo que va ser usado en los semilleros debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días, el cual permite reducir las poblaciones del nematodo. La aplicación al suelo de algunos aislamientos de los hongos antagónicos, como *Verticillium chlamydosporium, Paecilomyces lilacinus, Metarhizium anisopliae y Beauveria bassiana* han logrado reducir las poblaciones de nemátodos del género Meloidogyne.

La aplicación al suelo del hongo micorrizógeno *Glomus etunicatum*, posibilita una mayor tolerancia de tomate al ataque del nematodo. También se han observado otros hongos del género *Arthrobotrys sp.* capturando nemátodos en condiciones de campo, pero se desconoce la efectividad de aplicaciones de estos hongos en cultivos comerciales de tomate. Para evitar llevar plántulas afectadas al campo, se sugiere la inspección o revisión previa de las raíces y la eliminación de las plántulas con síntomas de ataque por el nematodo al momento del trasplante.

Se debe realizar un control frecuente de malezas, ya que muchas de ellas son afectadas por los nematodos del nudo. Se recomienda fertilizar con abono completo y con grandes cantidades de materia orgánica (gallinaza).

Para reducir las poblaciones de nematodos, es aconsejable la siembra de cultivos trampa con la rosa amarilla o flor de muerto *(Tapetes spp.),* o la clotalaria, cascabellito *(Clotalaria spp.)* usados antes de la siembra, en rotación después del cultivo de tomate como cobertura.

La inmersión de raíces durante 10 minutos, poco antes del trasplante en una solución de hidrolato de rosa amarilla o marigold *(Tapetes patula)* al 10%, reduce la severidad de los daños.

Existen algunos híbridos de tomate que han mostrado en nuestras condiciones cierto grado de tolerancia al nematodo *Meloidogyne spp.* Algunos de los híbridos que presentan bajo grado de ataque cuando se siembran en suelos infestados por este nematodo son: rocío, astota, reina, granitio, aurora y torrano. Para el control químico, véase la tabla 16.

Tabla 17. Listado de plaguicidas usados para el control de enfermedades en tomate

Nombre comercial	Ingrediente activo	Categoría	Dosis	Modo de acción	Enfermedades que controla	Distribuidor
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	IV	0,2 g/l		Alternaria, antracnosis de fruto, cenicilla, moho clorótico, oidium	Syngenta
Elosan 720 SC	Azufre	III	1-3 cc/l	Protectante	Cenicilla, moho clorótico, oidium	Bayer
Top-sul SC	Azufre	III	1 cc/l		Cenicilla, oidium	Colinagro
Benomil 50WP	Benomil	III	0,5-1 g/l	Sistémico	Antracnosis de fruto, botrytis, cenicilla, damping-off, fusarium, moho clorótico, oidium, Sclerotinia	Coljap
Bezil 50WP	Benomil	III	0,5-1 g/l		Antracnosis de fruto, botrytis, cenicilla, damping-off, fusarium, moho clorótico, oidium, Sclerotinia	MK
Baycor DC 300	Bitertanol	IV	1,25 cc/l	Sistémico curativo	Cenicilla, moho clorótico	Bayer
Bavistin 500 SC	Carbendazim	III	0,5 cc/l	Curativo, preventivo	Antracnosis de fruto, botrytis, damping-off, fusarium, sclerotinia	Basf
Derosal 500 SC	Carbendazim	III	0,75-1,25 cc/l	Protectante	Antracnosis de fruto, botrytis, damping-off, fusarium	Bayer
Equation PRO	Cimoxanil + famoxadone	III	1-2 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Du pont
Curathane	Cimoxanil + Mancozeb	III	2,5 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Dow Agrosciences
Curzate M8	Cimoxanil + Mancozeb	III	2,5-3 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Du pont
Fitoraz WP 76	Cimoxanil + propineb	III	3 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Bayer
Score 250 EC	Difenoconazol	III	0,5 cc/l	Sistémico	Alternaria, antracnosis de fruto, cenicilla, moho clorótico, oidium, botritys	Syngenta
Acrobat MZ 69	Dimetamorf + mancozeb	III	3,75 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Basf

Teldor combi SC 416.7	Fenhexamid + tebuconazole	III	0,5 cc/l	Preventivo, curativo	Botrytis, sclerotinia	Bayer
Brestanid 500SC	Fentin hidróxido de estaño	III	0,5 cc/l	Protectante	Alternaria, gota	Bayer
Switch 62.5 WG	Fluodioxonil + cipronidil	III	0,5 g/l		Alternaria, botrytis, sclerotinia	Syngenta
Aliette 80 WP	Fosetil aluminio	IV	2,5-3 g/l	Sistémico	Marchitez por verticillium, gota	Bayer
Rodhax 70 WP	Fosetil aluminio + mancozeb	III	2,5 g/l	Sistémico	Damping-off, gota, marchitez por verticillium	Bayer
Kocide 101	Hidróxido cúprico	III	2-3 g/l	Protectante	Alternaria, antracnosis de fruto, erwinia, fumagina, gota, marchitez por verticillium, pseudomonas, xantomonas	Proficol
Rovral FLO	Iprodine	III	1 cc/l	Protectante	Alternaria, botrytis, damping-off, sclerotinia	Bayer
Kasumin 2% (drenchs, follaje)	Kasugamicina	III	1,5 cc/l		Erwinia, pseudomonas, xantomonas	Fedearroz
Stroby SC	Kresoxim metil	III	0,25 cc/l	Preventivo	Botrytis, sclerotinia	Basf
Dithane M-45	Mancozeb	III	3 g/l	Protectante	Alternaria, antracnosis de fruto, damping-off, erwinia, gota, xantomonas	Dow AgroSciences
Manzate 200WP	Mancozeb	III	3 g/l	Protectante	Alternaria, antracnosis de fruto, damping-off, erwinia, gota, xantomonas	Du pont
Rally 40 WP	Myclobutanil	III	0,2 g/l	Sistémico	Alternaria, cenicilla, oidium	Dow AgroSciences
Sandofan M	Oxadixil + mancozeb	III	2 g/l	Sistémico	Damping-off, gota	Proficol
Oxiclor 35 WP	Oxicloruro de cobre	III	2 g/l	Protectante	Alternaria, antracnosis de fruto, erwinia, fumagina, marchitez por verticillium, pseudomonas, xantomonas	Superabono
Cobrethane	Oxicloruro de cobre + mancozeb	III	2 g/l	Protectante	Damping-off, erwinia, gota, pseudomas, xantomonas	Dow AgroSciences
Previcur N SL	Propamocarb	IV	1,5 cc/l	Sistémico	Damping-off, gota	Bayer
Sumilex 50 WP	Proximidona	III	1 g/l	Preventivo	Alternaria, botrytis, damping-off, sclerotinia	Fumitoro
Folicur EW 250	Tebuconazole	III	0,5 cc/l	Preventivo, curativo	Alternaria	Bayer
Mertect 500SC	Tiabendazol	IV	1 cc/l	Preventivo	Antracnosis del fruto, botrytis, damping-off, fusarium, sclerotinia	Syngenta

Equation Pro	Famoxadone	III	1-2 g/l	Protectante	Gota, alternaria	
Validacin		III		Preventivo, curativo		Fedearroz
Agrodyne (Drenchs o follaje)	Ácido Yodhídrico, polietoxi etanol	III	2-3 cc/l		Erwinia, pseudomonas, xantomonas	Electrowest
Saprol	Triforina	III		Preventivo curative	Oidium, cenicilla	Basf
Sincosin	Extractos de plantas, citoquininas, triacontanol, adenosin, ácidos grasos, ácido salicílico	IV	3 cc/l	Sistémico	Nematodos	Magro S.A
Agrodyne	Ácido yodhídrico, polietoxi etanol	III	2,5 cc/l		Desinfectante para utensilios y herramientas	Electrowest
Hipoclorito de sodio al 1% o 2%	Hipoclorito de sodio				Desinfectante para utensilios y herramientas	

Desórdenes fisiológicos y nutricionales

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

Pudrición apical del fruto o culillo

Es uno de los desórdenes nutricionales más comunes de la producción de tomate bajo invernadero, y es ocasionado por la deficiencia de calcio en la planta. Este desorden fisiológico se presenta en frutos verdes y maduros (figuras 199 y 200), se manifiesta como una necrosis o pudrición en la parte apical del fruto y deteriora su calidad.

Figuras 199 y 200. Daño típico en fruto por una deficiencia de calcio

Para prevenir este desorden pueden tomarse algunas medidas preventivas, como son: encalar el suelo para subir el pH y aumentar la disponibilidad de calcio, mantener un buen nivel de calcio en la solución nutritiva, evitar el estrés de agua en el suelo, sea por déficit o por exceso, prevenir tanto la alta humedad relativa como la baja dentro del cultivo, utilizar variedades tolerantes a poco calcio en el suelo y realizar aplicaciones foliares en el momento de la floración con productos a base de calcio, como nitrato o cloruro de calcio.

Grietas en frutos

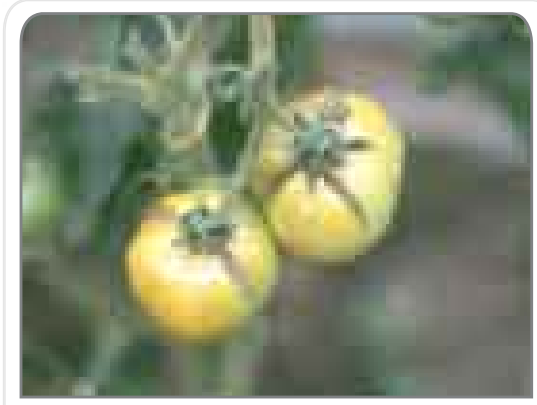
Las grietas en frutos se presentan por las siguientes razones:

- Riego irregular.
- Fluctuaciones de la humedad del suelo.
- Alta temperatura y alta irradiación del día y temperaturas nocturnas bajas.
- Diferencias extremas de temperatura entre el día y la noche, las cuales crean condiciones para la expansión y contracción de las células en el fruto.
- Variedades sensibles.
- Alta humedad del aire que limita la evaporación a través del follaje y crea estrés de agua causando rajamiento.
- Aparición de virosis, sobre todo YLCV.
- Plantas viejas con poca área foliar y escasa vegetación, u hojas dañadas o defectuosas, limitan

la evaporación a través del follaje, y esto puede resultar en frutos rajados debido al exceso de agua que alcanzan.

- Poda fuerte de hojas que resulta en una reducción de la evaporación y pérdida de protección del fruto, lo cual incrementa el rajamiento debido a la presión de las raíces.
- Bajos niveles de nutrientes especialmente potasio, calcio y magnesio, los cuales son esenciales para la construcción y fortalecimiento de la pared celular.
- En tomates que son expuestos a los rayos directos del sol principalmente por pérdida de follaje.
- Altas concentraciones de azúcar y sólidos solubles genera más bajo potencial osmótico en el fruto que en otras partes de la planta; esto fomenta la circulación de agua dentro del fruto formando rajamientos; esta causa es común en tomates cherry.

Se pueden presentar tres tipos de rajamiento en los frutos: las grietas radiales (figuras 201 y 202) que se desarrollan desde el cáliz del fruto hacia la parte apical del mismo; las grietas concéntricas (figura 203), se presentan alrededor del cáliz y tienen forma de círculo o semicírculo, y las grietas diminutas (figura 204), pequeñas fisuras que se desarrollan alrededor de los hombros del fruto, de apariencia desigual y se presentan en grandes cantidades.



Figuras 201 y 202. Grietas radiales

Las BPA recomiendan analizar los niveles de calcio, boro, potasio, tanto en el suelo como en el follaje de las plantas. Esta práctica puede prevenir algunos desordenes fisiológicos y nutricionales

Figura 203. Grietas concéntricas

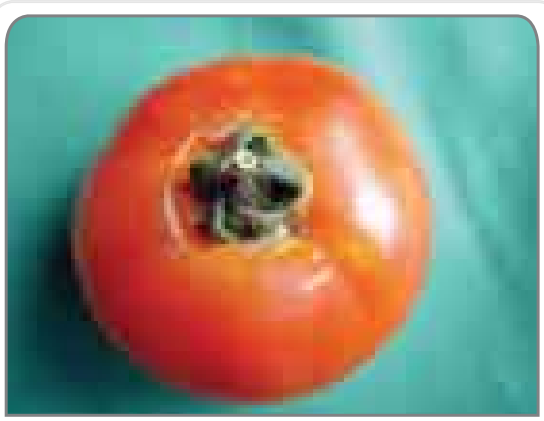


Figura 204. Grietas diminutas

Medidas para reducir el rajamiento

- Extrema sequía del suelo seguido por la aplicación de un gran volumen de agua causa rajamiento del fruto; es importante mantener una rutina regular de fertirrigación y un nivel uniforme de humedad en el suelo.
- Cuando las temperaturas son muy bajas, especialmente en días muy nublados, es necesario irrigar con muy poca cantidad de agua para prevenir el exceso y la acumulación de humedad, que podría ser absorbida por las raíces de la planta, la cual crea presión sobre el fruto y causa rajamiento.
- Evitar una poda severa a las plantas para no disminuir la tasa de evaporación vegetativa y entonces reducir el estrés de agua sobre el fruto.
- Fertilización adecuada para promover un crecimiento continuo de follaje sano, que permita la transpiración y la evaporación del agua absorbida por las raíces.
- Mantener el cultivo sano, principalmente de mildeos, mohos foliares que reducen significativamente la superficie de evaporación del follaje.
- Fertilización adecuada con calcio, magnesio y potasio para el fortalecimiento de la pared celular y, así, fomentar una resistencia del fruto al rajamiento.

Para reducir o prevenir las grietas en los frutos, se deben usar variedades tolerantes al rajamiento, mantener la humedad del suelo constante, evitar sembrar en épocas de altas temperaturas y radiación solar, evitar riego accidental o lluvia, mantener una nutrición adecuada con potasio, calcio y magnesio y proteger las plantas de enfermedades y plagas que dañen la vegetación.

Malformaciones (caregato)

Es un desorden común en cultivos bajo invernadero. Se presenta por la presencia de alta humedad relativa y bajas temperaturas, lo que implica disminuir la viabilidad y la cantidad del polen; se distorsionan tanto el ovario como los estambres y se produce la deformación del fruto (figuras 205 y 206), acompañada de un tejido corchoso en las cavidades que se forman; lo anterior hace que este tipo de frutos sean rechazados en el mercado.

Figuras 205 y 206. Frutos con malformaciones. Cara de gato

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

Caída de flores

Ésta se presenta cuando la humedad relativa del invernadero está por debajo del 60%; igualmente se produce cuando la planta está expuesta a vientos, lo cual evita la polinización normal de la flor; el polen se seca y causa su aborto (figura 207). También se presenta por una deficiencia de boro en la planta, especialmente en época de floración, cuando se hacen aplicaciones excesivas de nitrógeno y por la presencia de enfermedades como moho gris o *Botrytis cinerea.*

Para el manejo de los desordenes fisiológicos es importante regular la temperatura de los invernaderos, ya que un exceso de ella afectará la polinización, fecundación y cuaje de frutos

Maduración manchada (Blotchy rippening)

Se presenta como una pérdida de color en ciertas áreas del fruto durante el proceso de maduración. Algunas áreas no adquieren el color rojo característico (figura 208), sino que forman coloraciones bronceadas; las manchas no son uniformes ni en forma ni en tamaño, y se extienden hasta cubrir una gran superficie del fruto. Generalmente las áreas no maduras presentan mayor dureza que las áreas rojas.

Figura 207. Aborto de flores en la inflorescencia

Figura 208. Frutos con maduración manchada

Las condiciones que favorecen este desorden fisiológico en el cultivo de tomate bajo invernadero son las bajas temperaturas, la radiación solar baja, la nubosidad y la humedad relativa altas; también se atribuye a una deficiencia de potasio, y se ha reportado que algunas variedades son más sensibles a este desorden.

Para su control, es conveniente evitar que la época de cosecha coincida con la época de alta nubosidad; tratar de aumentar las temperaturas en el invernadero en las horas de la noche; ventilar el invernadero para prevenir la acumulación de exceso de humedad alrededor de los racimos; evitar altas densidades poblacionales, las cuales reducen o impiden el paso del aire y de la luz entre las plantas; remover hojas de las plantas para permitir la penetración de la luz en sus bases; aplicar mayores cantidades de potasio, y mantener la relación nitrógeno potasio de 1:2 en el suelo. Por último, evitar variedades sensibles al Blotchy rippening.

Hoja enrollada

Este desorden se caracteriza por un enroscamiento hacia arriba o hacia abajo de las hojas. El enroscamiento hacia arriba (figura 209) se produce porque la planta es sometida a condiciones extremas de estrés, por altas o bajas temperaturas, o por agua. El enroscamiento hacia abajo (figura 210) es producido por la exposición a la radiación directa del sol sobre la planta. Las hojas se vuelven quebradizas y frágiles. Plantas con hojas enrolladas tienen baja rata de fotosíntesis y transpiración, que reduce significativamente la producción. Cuando el enrollamiento de las hojas es severo, los frutos quedan expuestos a condiciones extremas de temperatura, y se incrementa la susceptibilidad del fruto al agrietamiento y a diferentes niveles de golpe de sol, y aun se puede dañar su firmeza. Las hojas se mantienen turgentes pero no se marchitan. El crecimiento de la planta no se afecta y la formación de frutos es normal.

Figura 209. Hoja enrollada hacia arriba por condiciones de estrés en la planta

Figura 210. Hoja enrollada hacia abajo por alta radiación solar

Pérdida del punto de crecimiento o planta macho

Cuando plantas de crecimiento indeterminado paran el punto de crecimiento (figuras 211 y 212) por razones desconocidas, aparece una inflorescencia o una hoja en la corona similar a lo que sucede al final del punto de crecimiento en variedades determinadas. Es muy común en campo, cuando las plantas tienen una vegetación densa, un tallo delgado y grandes hojas, como resultado de fertilización e irrigación incontroladas.

La excesiva fertilización nitrogenada y la mala polinización favorecen la aparición de frutos huecos.

Figuras 211 y 212. Plantas que perdieron su punto de crecimiento

La desaparición del punto de crecimiento puede ocurrir tanto en semillero como en los primeros días del trasplante, o después de la aparición normal de la 5.ª o 6.ª inflorescencia en la planta, y ésta aparece sólo en un pequeño porcentaje del cultivo. En ciertos casos, la cesación del crecimiento es total, mientras que en otros casos una nueva rama secundaria crece para remplazar el punto de crecimiento.

Frutos huecos

Este desorden en la planta es ocasionado por el excesivo uso de nitrógeno en la aplicación de fertilizantes, el exceso de hormonas para el cuajamiento del fruto, la baja radiación solar, una mala polinización y el empleo de variedades sensibles a este desorden. Por estas mismas condiciones también pueden formarse frutos triangulares, que no presentan las mismas características de la variedad.

Los frutos huecos (figura 213) presentan una cavidad o hueco entre la pared del fruto y la placenta que contiene las semillas, lo cual le da pérdida de firmeza al fruto y acorta su vida útil.

Figura 213. Frutos huecos

Para controlar este desorden en la planta se debe mejorar la entrada de luz al invernadero, limpiando los plásticos en el caso que éstos tengan gran acumulación de suciedad, sembrar en épocas oportunas para que la alta luminosidad coincida con la época de cosecha, favorecer la polinización con técnicas de vibración de inflorescencias, evitar la fertilización nitrogenada excesiva y las altas densidades poblacionales, y podar las hojas que impidan la penetración de la luz hacia los frutos, evitando igualmente podas severas.

Edema

Se caracteriza por protuberancias verdes como callos (figura 214) en las superficies superiores e inferiores de la hoja. Estas protuberancias pueden quebrarse a medida que crecen.

Figura 214. Edema por saturación de agua en las hojas

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

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

Fruto con estrías tipo cremallera

Se presentan unas cicatrices delgadas bronceadas que van desde el cáliz del fruto hacia su base (figura 215), en diferentes longitudes, causadas por un problema de mala polinización, ya que al momento de formarse el fruto las anteras quedan adheridas en la pared del ovario. El desorden aparece cuando hay extremos de temperaturas (altas o bajas) y exceso de humedad en el invernadero. Algunas variedades son más sensibles que otras.

Golpe de sol

Se produce por una exposición directa del fruto a los rayos del sol, lo cual genera un área blanca brillante y correosa (figura 216). Se origina cuando se realizan podas fuertes de hojas que dejan el fruto descubierto, lo que aumenta repentinamente la temperatura del fruto y ocasiona un daño en el tejido.

Figura 215. Frutos con estrías tipo cremallera

Figura 216. Fruto con golpe de sol

El uso de variedades resistentes al marchitamiento y a las enfermedades foliares puede reducir las pérdidas por golpe de sol. También se pueden reducir las pérdidas al cosechar y podar cuidadosamente los cultivos para disminuir la defoliación y la exposición directa del fruto a la luz del sol.

Manejo seguro de plaguicidas

Los residuos de agroquímicos están considerados hoy en día como un factor de alta sensibilidad en el intercambio internacional de productos hortofrutícolas tanto en estado fresco como procesados. El nivel de residuos y las tolerancias establecidos por los distintos gobiernos, pueden llegar a constituir una seria limitación para la estabilidad y expansión de las exportaciones hortofrutícolas, lo cual se agravaría aún más si no se desarrolla un manejo adecuado de los plaguicidas dentro del contexto de las Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- en la protección fitosanitaria, y si no se tiene un conocimiento pleno de las exigencias impuestas por los diferentes mercados internacionales, teniendo en cuenta la utilización de los agroquímicos registrados en los países de destino, sin exceder los límites de residuos.

La aplicación masiva de plaguicidas es parte integral de la agricultura moderna y de los programas de salud pública. Su utilidad ha quedado demostrada por el control de las enfermedades tropicales transmitidas por insectos y el mejor rendimiento por hectárea de numerosos cultivos, con su benéfica repercusión económico-social. En contraposición, surgen sus efectos tóxicos, no sólo sobre la salud humana y animal, sino para el resto de los ecosistemas. En Colombia es más notable el efecto de contaminación, por tratarse de un país agricultor donde cerca del 50% de la población se dedica a las labores del agro.

Colombia es un país agrícola por excelencia, y el uso de plaguicidas se ha convertido en una necesidad básica en los cultivos de frutas y hortalizas, como una herramienta eficaz para controlar enfermedades, insectos, malezas y otros organismos que interfieren la producción de cultivos. Sin embargo, su uso inadecuado, particularmente cuando es excesivo, su aplicación en tiempos inapropiados y en cultivos que no se han registrado, hacen de estas sustancias un riesgo potencial para la salud humana y para el ambiente en general, ya que se trata de productos generalmente tóxicos, que pueden permanecer como residuos en el producto final que va al consumidor, y, por tanto, reducen su calidad. En el país se utilizan plaguicidas de manera indiscriminada, porque una de las prácticas agrícolas más frecuentes es el monocultivo no tecnificado, además del bajo nivel educativo de quienes manejan el producto en el campo, lo que ocasiona un incremento en el nivel de riesgo para los agricultores, los consumidores finales y el medio ambiente.

Con el objetivo de proteger la salud humana y asegurar que sobre los alimentos se aplique solamente la cantidad mínima de plaguicida para combatir una plaga, la legislación colombiana acoge los Límites Máximos de Residuos -LMR-, definidos por el Codex alimentarius de la FAO, los cuales indican la cantidad máxima de residuo de un plaguicida en un determinado producto, con base en estudios de ingesta diaria promedio de ese alimento y en la toxicidad de ese plaguicida en particular.

En nuestro país son frecuentes las intoxicaciones colectivas con plaguicidas, generalmente a través de alimentos contaminados o por exposiciones de grupos humanos, pero hasta el momento no están bien dilucidados los efectos a largo plazo que pueden producir dichas sustancias al consumirlas diariamente con los alimentos. Se han realizado algunos estudios en el país para determinar la presencia de residuos de pesticidas de alto riesgo en cultivos de fresa, tomate, uchuva, repollo, etc.

Muchos de los plaguicidas usados en el país son altamente tóxicos, basta una mínima dosis para afectar a un ser humano. Otros, de menor toxicidad, afectan el medio ambiente, y persisten por años en el ecosistema, para luego transferirse a los alimentos y después acumularse en el tejido adiposo de seres humanos y animales.

Según datos del ICA, hay registrados en el momento 609 plaguicidas de uso agrícola, formulados a base de 228 ingredientes activos diferentes; se consumen por año más de 40.000 toneladas de ellos, con un costo aproximado de $23.000.000.000; gran parte de estos insumos se aplican por vía aérea, y se fumigan más de un millón de hectáreas por año desde 220 pistas pertenecientes a 50 empresas de aviación agrícola.

Se calcula que un 36 a 40% de la población colombiana está directamente expuesta al contacto con plaguicidas (formuladores, agricultores, fumigadores), por lo cual podemos asegurar que son los tóxicos más ampliamente distribuidos en el país.

Definición

De acuerdo con la FAO, los plaguicidas se definen como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales; las especies no deseadas de plantas y animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que puedan administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

Origen

Los plaguicidas pueden obtenerse de distintas fuentes, veamos:

Productos inorgánicos: se trata de compuestos de diferentes elementos, como arsénico, mercurio, cobre, boro, azufre, etc. La mayoría han caído en desuso o han sido prohibidos, pero aún se utilizan algunos como el oxicloruro de cobre y el azufre.

Productos inorgánicos: son aquellos que tienen carbono en su molécula y pueden subdividirse en:

- Derivados de plantas: las piretrinas naturales, la nicotina, la rotenona, la sabadilla y el extracto de neem son ejemplos de plaguicidas obtenidos de plantas.
- Orgánicos de síntesis: son sustancias creadas por el hombre gracias a la química. La mayoría de los plaguicidas usados actualmente pertenecen a este grupo. Ejemplo: los órganofosforados, los carbamatos, los piretroides, los órganoclorados.

Los órganofosforados y carbamatos causan la muerte a los insectos al desencadenar desajustes en el sistema nervioso por inhibición de la acetil colinesterasa. Esta enzima es la encargada de regular la actividad de la a. colina inmediatamente después que ha permitido la transmisión del impulso nervioso.

El mecanismo de resistencia específico a estos insecticidas se presenta por insensibilidad de la colinesterasa. Probablemente por pequeños cambios químicos (formas químicas), ésta continúa su función a pesar de la presencia del insecticida.

Los órganofosforados y piretroides bloquean la transmisión del impulso nervioso, y afectan los cambios de potencial de membrana por interferencia de los canales de sodio, ocasionando desajustes funcionales que posteriormente causan la muerte del insecto.

El mecanismo de resistencia específico se presenta por insensibilidad en el sitio de acción. En este caso, por cambios en los sitios de acople, el insecticida no es capaz de bloquear el sistema por falta de afinidad por el mismo.

Productos biológicos: son microorganismos como virus, bacterias, hongos, nematodos, etc., que atacan y matan diversas clases de plagas y que el hombre está utilizando en su lucha contra ellas. Desde hace varios años hay un interés creciente por estudiar y utilizar esté método de control. Los mayores éxitos se han obtenido en el control de insectos y ácaros. Bacterias como el *Bacillus thuringiensis*, hongos como el *Beauveria bassiana* son ejemplos de estos organismos.

Clases de plaguicidas

De acuerdo con el tipo de problema que controlan, los plaguicidas se clasifican en:

- Insecticidas: usados para controlar insectos.
- Fungicidas: para controlar hongos causantes de enfermedades.
- Herbicidas: para controlar malezas.
- Acaricidas: para controlar ácaros.
- Nematicidas: para controlar nemátodos.
- Molusquicidas: para controlar babosas y caracoles.
- Rodenticidas: para controlar roedores como ratas.
- Desinfectantes del suelo: son productos que controlan casi todos los organismos que habitan en el suelo, como hongos, malezas, insectos y nematodos.
- Atrayentes: usados para atraer las plagas (generalmente a trampas).
- Repelentes: usados para ahuyentar las plagas.
- Defoliantes: provocan la caída de las hojas sin matar las plantas.
- Reguladores fisiológicos: aceleran o retardan el crecimiento, estimulan la floración o fructificación o cambian en alguna forma el comportamiento normal de las plantas.

Características de los plaguicidas más comunes

Insecticidas

Pueden agruparse de la siguiente forma:

Por su vía de acción. Pueden ser de contacto, de ingestión y de inhalación. Generalmente tienen más de una vía de acción (figura 217). El contacto se puede dar en el momento de la aplicación: le cae el plaguicida al insecto; o después: el

Los residuos de agroquímicos están considerados hoy en día como un factor de alta sensibilidad para la relación comercial internacional tanto en productos en estado fresco como procesados.

insecto llega y camina o se posa en una superficie tratada con el insecticida. La ingestión se puede dar cuando el insecto come (mastica) hojas u otra parte de la planta tratada, o al chupar en plantas tratadas con insecticidas translaminares o sistémicos. La inhalación se presenta con algunos insecticidas que se evaporan fácilmente y los insectos al respirar absorben esos vapores.

Por su movimiento en la planta. De superficie, translaminares y sistémicos. Los insecticidas de superficie, al ser aplicados sobre las plantas, quedan formando una película superficial; los translaminares, llamados también "con efecto de profundidad", pueden penetrar en las hojas u otras partes de la planta, y los sistémicos penetran y además circulan dentro de la planta. Los sistémicos pueden ser absorbidos por el follaje o por las raíces. Desde el punto de vista de la seguridad, estas características son muy importantes: es fácil entender, por ejemplo, que si un fruto ha sido tratado con un producto de superficie, puede ser lavado para eliminar cualquier residuo de producto; pero si fue tratado con un producto sistémico, y el residuo está dentro del fruto, no es posible eliminarlo. Por esta razón, se deben respetar los tiempos entre la última aplicación y la cosecha, recomendados en la etiqueta.

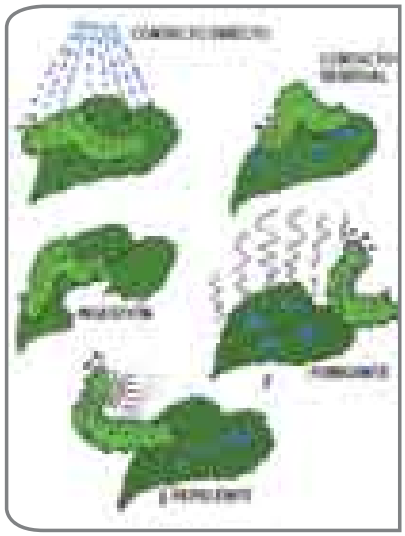


Figura 217. Formas de acción de los plaguicidas

Por su selectividad frente a la fauna benéfica. Pueden ser selectivos y no selectivos. Se dice que un insecticida tiene selectividad cuando afecta más a la plaga que va a controlar, que a sus enemigos naturales. La selectividad depende de varios factores: vía de acción del insecticida, forma de aplicación, formulación, dosis utilizada, hábitos de la plaga y sus enemigos, etc. Cuando el insecticida es más tóxico para la plaga que para sus enemigos, la selectividad se denomina fisiológica. En general, la selectividad es un concepto relativo y, con excepción de algunos insecticidas biológicos, nunca se logra una selectividad total.

Fungicidas

Pueden clasificarse de la siguiente forma:

Por su movimiento en la planta. En protectantes (o preventivos), curativos y erradicantes. Generalmente los fungicidas de superficie dan un control preventivo, y por tanto deben ser aplicados antes de que se presente la enfermedad o al presentarse los síntomas iniciales. Los fungicidas translaminares y sistémicos pueden penetrar el tejido de las plantas y matar el hongo que ha invadido el tejido, y por eso se denominan "curativos". Además, pueden evitar la formación de esporas, lo cual constituye la acción erradicante. Su aplicación, entonces, puede ser preventiva, antes de que se presenten los síntomas de la enfermedad, o curativa, cuando ya se han presentado.

Formulación de plaguicidas

Formulación es la forma como se presenta una sustancia, sólida, líquida o gaseosa, para su uso práctico. En muy pocos casos una sustancia con acción plaguicida se utiliza pura. La casi totalidad de las veces un plaguicida es una mezcla de varias sustancias que tienen una función determinada. Éstas son:

Ingrediente activo
Es la sustancia responsable del efecto biológico del plaguicida. Generalmente un plaguicida tiene un ingrediente activo, pero en algunos casos puede tener dos o más ingredientes activos.

Ingredientes aditivos o coadyuvantes
Sustancias que se adicionan en la formulación de plaguicidas, o a los plaguicidas ya formulados en el tanque de mezcla, con el propósito de mejorar su eficacia biológica. No tienen acción plaguicida por sí mismas; en la etiqueta aparecen también como "ingredientes inertes".

Las principales funciones de los coadyuvantes son:

- *Acondicionadores de pH:* en términos generales, a medida que el pH del agua esté por encima del neutro, la vida media de los agroquímicos disminuye. Los herbicidas son los que requieren pH más ácido, seguidos de los insecticidas, y por último los fungicidas. Lógicamente cada caso es particular, puesto que está estrechamente relacionado con el ingrediente activo correspondiente.
- *Corrector de la dureza:* la dureza es la concentración (ppm) de Ca y de Mg expresada como carbonatos, presentes en el agua. Interfiere los procesos de emulsificación o de dispersión del agroquímico, que se traduce en la homogeneidad y estabilidad de la mezcla. Aguas con dureza por encima de 150 ppm pueden presentar problemas con los agroquímicos.
- *Efecto tensoactivo:* para romper la tensión superficial del agua, es la fuerza de cohesión de las gotas de agua para no romperse. Los coadyuvantes tensoactivos reducen la tensión superficial y facilitan la humectación y penetración del agroquímico.

Existen varias clases de ingredientes aditivos o coadyuvantes; los más comunes son:

Solventes: muchos ingredientes activos no se disuelven bien en agua, y por eso se utilizan como solventes productos tales como hidrocarburos, cetonas, alcoholes, etc.

Portadores: son sustancias que se emplean en las formulaciones, como rellenos, diluyentes o portadores del ingrediente activo. Tienen un efecto físico-químico sobre el ingrediente activo del agroquímico al formar una emulsión aceite en agua, que aísla los componentes lipofílicos de los componentes hidrofílicos, y evita el posible efecto deletéreo del agua sobre el ingrediente activo.

Mejoran la penetración del ingrediente activo en las plantas, insectos u hongos, por efecto de afinidad lipofílica entre el vehículo de la aspersión y las sustancias cerosas de las cutículas de las plantas, insectos u hongos.

Humectantes: llamados también hipotensores. Reducen la tensión superficial y permiten que las gotas de aspersión se extiendan al caer sobre una superficie, lo cual mejora el cubrimiento de la aspersión.

El uso inadecuado de plaguicidas por aplicación excesiva, en tiempos inapropiados y en cultivos que no se han registrado, hacen de estas sustancias un riesgo potencial para la salud humana y para el ambiente en general. Cada vez son frecuentes las intoxicaciones colectivas con plaguicidas, generalmente, a través de alimentos contaminados o por exposiciones sin protección del grupo humano.

Adherentes o pegantes: hacen que el plaguicida se pegue a las hojas y forme una película que se adhiere a la superficie foliar, la cual evita el lavado del ingrediente activo en caso de lluvia y lo protege en condiciones ambientales adversas, como altas temperaturas, evaporación, alta radiación solar (fotodegradación), vientos fuertes (deriva del producto), etc.

Dispersantes: evitan la agrupación de las partículas para retardar la sedimentación de ciertas formulaciones que se mezclan con agua.

Detergentes: lavan la cutícula cerosa de las hojas y facilitan el contacto del plaguicida.

Emulsificantes: posibilitan la mezcla con agua de productos que normalmente no se mezclan con ella, como el aceite.

Acondicionadores: mejoran las propiedades químicas del agua de aspersión, especialmente el pH y la dureza, ya que estos factores influyen negativamente sobre la estabilidad y la actividad biológica de los ingredientes activos de los agroquímicos.

Encapsuladores:

- Formulaciones sólidas o secas. Los más comunes son:

    - Polvos para espolvoreo (DP)
    - Polvos mojables (WP)
    - Polvos solubles (SP)
    - Gránulos dispersables (WG)
    - Granulados (GR)
    - Cebos tóxicos (GB)

- Formulaciones líquidas:

    - Concentrados emulsionables (EC)
    - Concentrados solubles (SL)
    - Suspensiones concentradas (SC)
    - Formulaciones ULV
    - Microencapsulados (CS)

Condiciones para lograr la eficacia de un plaguicida

Para que un plaguicida ejerza su acción tóxica sobre insectos, malezas o microorganismos, son indispensables algunas de las siguientes condiciones o combinaciones de ellas:

Contacto del producto
El contacto puede ser con el suelo, con la planta, con el insecto plaga, etc., pero es indispensable para que se ejerza la acción del compuesto por contacto directo, absorción o ingestión, interfiriendo procesos biológicos, bioquímicos o químicos.

Retención
El producto debe permanecer el tiempo necesario sobre las superficies de tratamiento para las cuales se ha elegido. En algunos casos es indispensable una retención prolongada, traducida en mayor protección o en un efecto total, como sucede con ciertos herbicidas, concepto que se asimila al efecto "acción residual" o "efecto prolongado", y que, en algunos casos, se mejora mediante el empleo de surfactantes.

Penetración
Dos criterios se desprenden de la palabra penetración: el primero, relacionado con la retención del producto en el medio, bien sea el suelo o el follaje de la planta; y el segundo, el ingreso del producto en los individuos por controlar, lo cual requiere diversas vías, tales como el aparato digestivo o la cutícula en el insecto, o también la superficie foliar o las estructuras de los microorganismos en las malezas, patógenos, etc.

Traslocación
En el caso de los productos cuya actividad se manifiesta mediante desplazamiento interno hacia los puntos en los cuales se ejerce su acción (sistémicos o traslocables), la penetración y el posterior desplazamiento son condiciones indispensables para lograrse la eficacia de tales compuestos.

Efecto tóxico
Sólo si el compuesto interfiere sobre algún proceso biológico o bioquímico podrá demostrar su bondad; por ello es indispensable conocer claramente la forma como cada compuesto ejerce su acción tóxica.

Clasificación toxicológica de los plaguicidas

Las cuatro categorías toxicológicas establecidas en Colombia son las siguientes:

Categoría I:	Extremadamente tóxicos
Categoría II:	Altamente tóxicos
Categoría III	Medianamente tóxicos
Categoría IV	Ligeramente tóxicos

La etiqueta de cada plaguicida tiene impresa la categoría toxicológica del producto, y en su parte inferior aparece una banda o franja de color para identificar en forma más rápida a qué categoría pertenece el producto (tabla 17).

Según el Artículo 63, del Capítulo VII del Decreto 1843 de 1991, "Uso y Manejo de Plaguicidas", del Ministerio de Salud, los productos clasificados dentro de las categorías I y II ("extremadamente y altamente tóxicos"), requieren ser formulados por un ingeniero agrónomo, médico veterinario u otro profesional capacitado en las áreas agropecuarias o de salud debidamente inscrito ante la entidad correspondiente.

El productor agropecuario, antes de comprar plaguicidas, debe, primero que todo, contar con asesoría técnica, y de ser necesario su uso debe decidirse por productos de categorías III y IV ("moderadamente y ligeramente tóxicos").

Con el objetivo de proteger la salud humana y asegurar que sobre los alimentos se aplique solamente la cantidad mínima de plaguicida para combatir una plaga, la Legislación Colombiana acoge los Límites Máximos de Residuos -LMR-, definidos por el Codex alimentarius de la FAO, éstos indican la cantidad máxima de residuo de un plaguicida en un determinado producto, con base en estudios de ingesta diaria promedio de ese alimento y en la toxicidad de ese plaguicida en particular.

Tabla 18. Identificación de la categoría toxicológica por color

Categoría	Descripción	Color etiqueta
I	EXTREMADAMENTE TÓXICOS	ROJO
II	ALTAMENTE TÓXICOS	AMARILLO
III	MODERADAMENTE TÓXICOS	AZUL
IV	LIGERAMENTE TÓXICOS	VERDE

En el futuro, de acuerdo con la norma andina sobre plaguicidas, los colores de las bandas serán: categorías I y II rojo, categoría III amarillo y categoría IV azul.

Equipos de protección para la aplicación de plaguicidas

El equipo de protección para el manejo de plaguicidas está compuesto de diversos elementos destinados a evitar la exposición por vía dérmica y respiratoria (figura 218). Los elementos más comunes son:

- Vestido u overol lavable de algodón y mangas largas.
- Sombrero o casco impermeable.
- Botas de caucho con caña alta.
- Guantes impermeables largos.
- Gafas tipo industrial.
- Máscara respiratoria.

Los elementos de protección no deben guardarse en el mismo sitio donde se almacenan o manipulan los plaguicidas. Deben guardarse totalmente limpios y renovarse de acuerdo con el tiempo, las condiciones de uso y el estado de conservación.

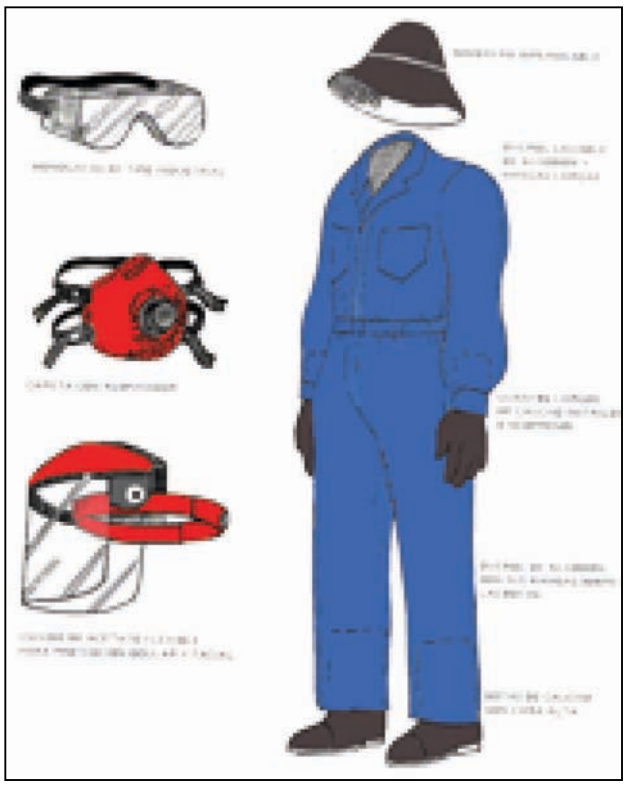


Figura 218. Equipos de protección adecuados para la aplicación de plaguicidas

Registro de aplicación

Toda aplicación de productos fitosanitarios, ya sea uno solo o en mezclas, debe ser registrada con el mayor detalle posible. Los registros deben llevar los siguientes datos:

- Nombre de la persona que hizo la recomendación técnica, y la calificación con que cuenta. Objetivo de la aplicación.
- Fecha y hora de cada una de las aplicaciones realizadas.
- Nombre comercial e ingrediente activo del producto utilizado. En caso de utilizar mezclas, se deben detallar todos los productos utilizados.
- Registrar la dosis utilizada en gramos, centímetro cúbicos o kilogramos.
- Nombre de las personas que participaron en la aplicación del producto.

Normas que se deben seguir antes de aplicar plaguicidas

- Leer cuidadosamente la etiqueta del producto (figura 219); ésta contiene información muy valiosa, como: licencia de venta, nombre comercial, composición, indicaciones de uso, restricciones, categoría toxicológica, fechas de formulación y de vencimiento, etc.
- Revise que la aspersora esté funcionando bien, que no gotee y que no tenga empaques y filtros defectuosos.
- Las personas y animales deben estar fuera del área de aplicación.
- Preparar las mezclas de plaguicidas al aire libre y utilizando el equipo de protección recomendado (figura 220).
- No revolver la mezcla con la mano.
- No trabajar solo.
- Medir o pesar exactamente las cantidades de plaguicidas que va a utilizar.
- Los elementos usados en las mediciones no deben utilizarse para otros usos.
- No utilizar utensilios domésticos en las mediciones y preparaciones.
- Cerrar bien los envases y empaques que aún contengan plaguicidas.

Figura 219. Lectura de etiqueta de plaguicidas

Figura 220. Preparación de mezclas de plaguicidas con equipo de protección apropiado

La etiqueta de cada plaguicida tiene impresa la categoría toxicológica del producto I y II ("extremadamente y altamente tóxicos"), III y IV ("moderadamente y ligeramente tóxicos"). Las buenas prácticas agrícolas recomiendan, en casos extremos y comprobados, utilizar sólo las dos últimas categorías.

Normas durante la aplicación de plaguicidas

- Revisar cuidadosamente los equipos y accesorios de aplicación, con el fin de corregir fugas en las diferentes partes de los equipos.
- Aplicar a la presión adecuada.
- Emplear todos los elementos de protección personal recomendados.
- Aplicar con bajas temperaturas, en las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde; es decir, evitar las horas más calientes del día (hay mayor evaporación, y los equipos de protección producen mayor sudoración).
- Aplicar con viento leve o en calma, y de tal manera que el viento aleje la nube de aspersión del operario.
- No permitir que los niños apliquen o manejen plaguicidas.
- Tomar las precauciones necesarias y aplicar las recomendaciones técnicas para evitar daños al ambiente, cultivos cercanos y animales.
- No permitir el ingreso de personas y animales al lugar o a los cultivos donde se esté realizando la aplicación.
- No fumar, no consumir alimentos y no beber líquidos mientras realiza las aplicaciones.
- No destape boquillas obstruidas con la boca.

Qué hacer después de las aplicaciones de plaguicidas

- Lavar los equipos de aplicación, sin contaminar fuentes de agua. Pueden lavarse directamente en el sitio de trabajo y echar el agua del lavado al cultivo.
- Los empaques o envases con sobrantes deben guardarse bien cerrados, en la bodega destinada a los plaguicidas.
- Los envases que vayan quedando vacíos deben descontaminarse, mediante un triple enjuague (figura 221), en la siguiente forma: llenarlos con agua a una tercera o cuarta parte; taparlos y agitarlos vigorosamente; echar el enjuague a la fumigadora o al tanque donde se está preparando la mezcla; repetir el procedimiento dos veces más. Esta práctica, además de descontaminar el envase, permite a aprovechar la totalidad del plaguicida. Los envases vacíos no deben ser utilizados para almacenar alimentos ni agua.
- La ropa usada para la aplicación de plaguicidas debe lavarse separada de la ropa de la familia y la persona que realiza esta actividad doméstica debe usar guantes de caucho para evitar intoxicaciones.

Figura 221. Triple lavado para los envases vacíos de plaguicidas

- Bañarse el cuerpo con agua y jabón.
- Almacenamiento temporal de envases y empaques en sitios determinados para este fin (figura 222).

Figura 222. Almacenamiento temporal de envases y empaques de plaguicidas

Selección de agroquímicos

Al elegir qué plaguicida se debe utilizar para el manejo de determinado problema, hay que identificar el problema y definir claramente la necesidad o no de un control químico, para lo cual se debe contar con asesoría técnica. De ser necesario el control químico, se debe tener en cuenta:

- Los productores deben emplear productos oficialmente registrados en el país y recomendados para el cultivo.
- En lo posible, optar por productos que sean específicos para el control de la plaga, enfermedad o arvense y que afecte lo menos posible la fauna y las aguas.
- Es preferible usar los plaguicidas de niveles III y IV de toxicidad, exceptuando carbamatos y órganofosforados.
- Mantener registros de inventario de los agroquímicos que está empleando para la protección de cultivos.
- Los agricultores deben rotar o mezclar adecuadamente los plaguicidas para asegurar que las aplicaciones tendrán buenos resultados y que se han realizado según las normas nacionales dadas.
- Los agricultores deben ser conscientes de restricciones de ciertos químicos en países específicos.
- El centro de acopio o comercializador debe revisar con frecuencia las restricciones sobre el empleo de agroquímicos e informar a los productores.
- Los productores deben aplicar correctamente las recomendaciones especificadas en las etiquetas. No comprar productos en envases deteriorados, rotos, o con fecha de expiración vencida.
- Tener en cuenta la recomendación técnica con relación a la oportunidad y frecuencia de aplicación según el problema por tratar, como también tener en cuenta los plazos recomendados entre la última aplicación y la cosecha de los productos; así se evitará contaminación de los productos cosechados.

Las aplicaciones deben hacerse por personal calificado y adecuadamente protegido, las demás personas y animales deben estar fuera del área de aspersión.

Cantidad y tipo de plaguicida

Las recomendaciones para la aplicación de plaguicidas deben ser realizadas por profesionales o técnicos debidamente calificados. Hay que tener en cuenta el momento de la aplicación de los agroquímicos para evitar derivas y pérdidas del producto por lluvias. En algunos casos se deben emplear adherentes.

El volumen de producto se calcula de acuerdo con el área donde se va a aplicar y la calibración del equipo (figura 223).

Figura 223. Cálculo de la cantidad de plaguicida que se va a aplicar

Registros de aplicación

Para registrar las aplicaciones, incluya el nombre del producto, el cultivo, la dosis, la época de aplicación, el estado sanitario del cultivo y el nombre del operario.

Seguridad, entrenamiento e instrucciones

- Toda persona que aplique agroquímicos debe estar previamente entrenada.
- Cuando se inicie una fumigación, se deben establecer señales y demarcaciones en el área donde se va a aplicar (figura 224).
- Los trabajadores deben estar equipados con ropa protectora apropiada, de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta sobre posibles riesgos de salud y seguridad.
- La ropa de protección debe ser aseada y almacenada independiente de los plaguicidas.
- Es importante realizar periódicamente mantenimiento a los equipos de fumigación, así como lavarlos después de cada aplicación.

Figura 224. Señalización de áreas tratadas con plaguicidas

Calibración de fumigadoras

Calibrar una aspersora quiere decir asegurarse de que con el equipo de aplicación que se tiene, se va a aplicar la cantidad de plaguicida recomendada por el técnico o por la etiqueta; se garantiza además que se va a usar la cantidad de agua adecuada para que el plaguicida quede bien esparcido y así tener como resultado un buen control de la plaga o del problema que se tenga.

Ventajas de calibrar la aspersora de espalda

- Se evita aplicar más plaguicida del que se necesita, así no se pierde dinero.
- Se evita aplicar menos plaguicida del que se necesita, así se logra hacer un buen control de la plaga y entonces no se tendrá que repetir la aplicación.

Una aspersora se debe calibrar en los siguientes casos: cuando se cambie la boquilla, cuando una persona diferente vaya a usar el equipo, cuando se tenga que cambiar de equipo, cuando se cambie de producto, cuando cambie de cultivo o cuando cambie la edad del cultivo.

Cuando se vaya a realizar la calibración se debe alistar la aspersora con las boquillas que se necesite usar, según el producto que se va a aplicar, un balde, un decámetro, agua y un recipiente que tenga medidas marcadas.

Para calibrar fumigadoras de espalda hay varias maneras. Lo más práctico es hacer la calibración por área, por metros de surco o por número de árboles, de acuerdo al tipo de cultivo que vamos a tratar.

Calibración por área
Antes de hacer la calibración se selecciona la boquilla apropiada, se pone un poco de agua en la fumigadora, se acciona la palanca unas cinco o seis veces y se deja salir agua por la boquilla para que se llene todo el sistema. Luego se saca el agua que quedó en el tanque de la fumigadora. Se verifica que la boquilla esté

Los elementos de protección no deben guardarse en el mismo sitio donde se almacenan o manipulan los plaguicidas. Deben guardarse totalmente limpios y renovarse de acuerdo con el tiempo, las condiciones de uso y el estado de conservación.

funcionando adecuadamente y que no hay ninguna fuga de líquido. Se hace un cuadro de 10 m por 10 m (100 m^2) en el campo donde se va a aplicar. La diagonal del cuadrado debe medir 14,14 m.

Se echa en la fumigadora una cantidad exacta de agua, por ejemplo 10 litros, se aplica sobre el cuadrado a una velocidad que pueda mantenerse durante la jornada. Se saca con cuidado el agua sobrante y se mide (supongamos que sobraron 7 litros), a partir de allí se hacen los siguientes cálculos:

A) Volumen de agua aplicado por hectárea.
Si en 100 metros cuadrados gasté 3 litros, en 10.000 metros cuadrados (1 ha) ¿cuánto gastaré?
$X = \frac{10.000 \times 3}{100} = 300$ litros por ha.

B) Cantidad de producto por cada fumigadora. Supongamos que vamos a aplicar un fungicida en dosis de 400 cc por ha. El paso siguiente es saber cuántos cc debo echar por cada fumigadora. El razonamiento es el siguiente:
Si en 300 litros de agua (agua total por ha) debo echar 400 cc (dosis por ha), en 20 litros de agua (capacidad de la fumigadora) ¿cuántos cc debo echar?
$X = \frac{20 \times 400}{300} = 26,66$ cc por fumigadora

Calibración por metros de surco
Se usa en cultivos sembrados en surco como tomate, papa, pimentón, habichuela, etc. Antes de hacer la calibración se selecciona la boquilla, se pone un poco de agua en la fumigadora, se acciona la palanca unas 5 o 6 veces y se deja salir agua por la boquilla para que se llene todo el sistema, luego se saca el agua que quedó en el tanque de la fumigadora. Se verifica que la boquilla está funcionando adecuadamente y que no hay ninguna fuga de líquido.

Se mide una longitud determinada de surco, por ejemplo 50 m. Se echa en la fumigadora una cantidad exacta de agua, por ejemplo 10 litros. Se aplica sobre el surco a una velocidad que pueda mantenerse durante la jornada. Se saca con cuidado el agua sobrante y se mide (supongamos que sobraron 7,6 litros). A partir de allí se hacen los siguientes cálculos:

A) Número de metros por surco por ha (se asume una Ha de 100 × 100 metros). El número de surcos que caben es igual a 100 dividido por la distancia entre surcos. Por ejemplo: en un cultivo de tomate sembrado a 1,20 entre surcos, el número de surcos sería 100 dividido por 1,20 = 83,33. La longitud total de surcos por ha es 83,33 × 100 = 8.333 metros.

B) Volumen de agua aplicado por ha.
Si en 50 metros de surco gasté 2,4 litros, en 8.333 metros de surco ¿cuántos litros de agua gastaré?
$X = \frac{8.333 \times 2,4}{50} = 399,98$ litros (aproximadamente 400 litros)

C) Cantidad de producto por cada fumigadora. Supongamos que vamos a aplicar un fungicida en dosis de 2 kg por ha. El paso siguiente es saber cuántos gramos debo echar por cada fumigadora. El razonamiento es el siguiente:
Si en 400 litros (agua total por ha), debo echar 2.000 g (2 kg) dosis por ha, en 20 litros de agua (capacidad de la fumigadora) ¿cuántos gramos debo echar?
$X = \frac{20 \times 2.000}{400} = 100$ g por fumigadora

Intervalos pre cosecha

Los productores deben conocer y aplicar las recomendaciones sobre el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre una aplicación de plaguicida y la recolección o cosecha.

Equipo de fumigación

El equipo de fumigación empleado debe seleccionarse según el cultivo y el terreno, mantenerse con una correcta calibración y almacenarse en buenas condiciones (figura 225).

Figura 225. Almacenamiento del equipo de fumigación

Disposición de excedentes de mezclas de plaguicidas

Los residuos que resultan de las operaciones de triple lavado de los envases o de los equipos pueden ser esparcidos sobre el cultivo mismo, en caminos o calles entre el cultivo, evitando que el agua contaminada escurra hacia pozos, quebradas o ríos de donde se obtenga para consumo humano, animal o para operaciones de limpieza de instalaciones o frutos, y en general hacia ninguna fuente de agua.

Los excedentes de agroquímicos se pueden disponer en terrenos baldíos de la finca, siempre y cuando no presenten riesgos de contaminación. Se deben mantener registros para referencias futuras.

Análisis de residuos de plaguicidas

Se recomienda realizar análisis de residuos de plaguicidas en pre-cosecha. Los análisis de residuos los deberán hacer laboratorios acreditados por la respectiva autoridad regional o nacional. Los agricultores o abastecedores deben estar dispuestos para proveer evidencias de pruebas de residuos.

Hay que tener en cuenta el momento de la aplicación de los agroquímicos para evitar derivas y pérdidas del producto por lluvias, en algunos casos se deben emplear adherentes. Igualmente, aplicar con bajas temperaturas, en las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde; es decir, evitar las horas más calientes del día (hay mayor evaporación, y los equipos de protección producen mayor sudoración).

Los resultados de las pruebas de residuos deben ser monitoreados por el cultivador y los productores de la localidad. En caso de encontrar concentraciones de plaguicidas superiores a los aceptables, se debe implementar inmediatamente un plan de acción.

Almacenamiento de plaguicidas

Los sitios o bodegas donde se almacenan los plaguicidas y la forma de almacenarlos deben cumplir con ciertos requisitos. Cuanta mayor cantidad de plaguicida se almacene, mayor es el riesgo potencial y, por lo tanto, los requisitos que se deben considerar son más estrictos. El almacenamiento de plaguicidas se debe realizar en sitios con buena ventilación, protegidos de la acción directa del sol o la lluvia, y no almacenarlos con otros productos.

En esta actividad se deben tener en cuenta aspectos como:

- El acceso al sitio donde se almacenan los plaguicidas debe ser restringido a personal no autorizado, debe tener señalización de que son productos tóxicos, inflamables y peligrosos (figura 226).
- La construcción debe mantenerse siempre en buen estado. Las murallas y techos deben ser sólidos y cerrados para evitar el ingreso de lluvia, animales u otros, pero deben permitir una adecuada ventilación, ser resistentes al fuego, tener pisos lisos e impermeables, paredes lisas y lavables y contar con un sistema de contención de derrames. En Colombia existe un reglamento por la norma técnica del Icontec NTC 4702, la cual regula los materiales de construcción para las bodegas donde se almacenan los plaguicidas.

Figura 226. Señalización adecuada en los sitios de almacenamiento de plaguicidas

- Los insumos restringidos o prohibidos por el ICA deben ser eliminados del inventario.
- El sitio de almacenamiento de los productos debe estar alejado de áreas donde se realicen actividades de poscosecha, de la casa y del almacenamiento de alimentos.
- Descartar del inventario insumos cuya fecha de vencimiento haya expirado.
- Todos los plaguicidas deben conservar su empaque original.
- Que el sitio de almacenamiento esté separado de la vivienda.
- La bodega debe tener ventilación.
- Debe prohibirse estrictamente fumar en las bodegas, teniendo presente que muchos productos son inflamables o muy inflamables, por lo que se debe contar con extintores de fuego.
- Los plaguicidas no deben colocarse directamente en el suelo sino sobre estantes, teniendo en cuenta su formulación y toxicidad: los líquidos abajo y los sólidos arriba, los más tóxicos abajo y los menos tóxicos arriba, lo cual está regido por la Norma Técnica Colombiana NTC 1319 y el Decreto 1843 de 1991 para el almacenamiento y ubicación de plaguicidas (figura 227).
- En la bodega de plaguicidas no se debe almacenar concentrados para animales.
- Los productos deben permanecer siempre en sus envases y con sus etiquetas originales.
- Las semillas y herbicidas deben almacenarse aparte.

Figura 227. Almacenamiento y ubicación correcta de plaguicidas

Transporte de plaguicidas

El transporte de plaguicidas también se convierte en una actividad riesgosa por la naturaleza de los productos que se transportan y pueden suceder accidentes y derrames durante el viaje. Por lo tanto, deben tomarse todas las precauciones necesarias para asegurar que éstos no tengan problemas. Se debe tener en cuenta:

- Los plaguicidas se deben transportar en la parte de atrás del vehículo.
- No mezclar los plaguicidas con ropas y alimentos para consumo humano o animal.
- Evitar el movimiento durante el transporte.

Los vehículos dedicados al transporte de plaguicidas, según el Decreto 1609 de 2002, debe cumplir con las definiciones y clasificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 1692 acerca del transporte de mercancías peligrosas. Clasificación, etiquetado y rotulado.

Derrames de plaguicidas

Los derrames de productos fitosanitarios pueden producir contaminaciones de suelo y aguas subterráneas. El procedimiento a seguir depende de si el producto es líquido o sólido:

Líquidos: retirar los envases dañados y absorber el líquido con tierra, aserrín o arena.
Polvos: retirar los envases dañados y cubrir el derrame con materiales humedecidos (tierra, arena o aserrín).

Calibrar una aspersora quiere decir asegurarse de que con el equipo de aplicación que se tiene, se va a aplicar la cantidad de plaguicida recomendada por el técnico o por la etiqueta; se garantiza además que se va a usar la cantidad de agua adecuada para que el plaguicida quede bien esparcido y así tener como resultado un buen control de la plaga o del problema que se tenga.

En ambos casos hay que barrer cuidadosamente y eliminar los desechos de manera segura, enterrarlos en lugares donde no haya peligro de contaminación, cubriéndolos con cal, materia orgánica y tierra. Utilizar durante esta operación la ropa protectora adecuada.

Recipientes vacíos de plaguicidas

Al terminarse el contenido de un envase de plaguicida éste deberá limpiarse lo más a fondo posible. En lo que respecta a los preparados líquidos (por ejemplo concentrados emulsionables) o sólidos (por ejemplo polvos humectables), que se diluyen antes de la aplicación, los envases deberán enjuagarse tres veces y el agua de enjuague utilizarse como parte del diluyente del producto. Los envases de productos que se aplican en seco deberán vaciarse completamente en la medida de lo posible.

Lo más conveniente es que los envases vacíos y lavados que no sean aprovechados nuevamente por los proveedores de los plaguicidas sean perforados, o que se usen otros modos para que sean inutilizables para cualquier otra finalidad. Aun los envases aparentemente vacíos contienen residuos que no pueden eliminarse por completo y, por tanto, no deben destinarse jamás a otro uso que no sea la conservación de los mismos plaguicidas para los que estaban destinados.

En muchos países, los envases de plaguicidas son muy preciados y a menudo se venden o intercambian para conservar otros materiales, como combustibles, sustancias químicas e incluso alimento y agua. Estas prácticas son peligrosas y deben impedirse, por ejemplo, perforando todo envase vacío que no pueda devolverse al proveedor.

Los envases vacíos no deben quemarse ni enterrarse. A menudo los proveedores y distribuidores, las etiquetas de los productos, e incluso las autoridades nacionales recomiendan estas prácticas, que pueden ser sumamente peligrosas para la salud humana y de los animales y para el medio ambiente. Con el fin de aplicar técnicas de quema seguras y exentas de riesgos se necesita un buen conocimiento de la química de los plaguicidas. Por otro lado, su enterramiento en condiciones de seguridad supone el conocimiento de la hidrología del lugar y del comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente. Muchos usuarios finales de estos productos carecen de este tipo de conocimientos o no pueden aplicarlos a sus situaciones particulares. Así, pues, se recomienda firmemente disuadir acerca de las prácticas de quema y enterramiento de desechos de plaguicidas y de envases vacíos, en lugar de fomentarlas como se hace actualmente.

Siempre que sea posible, los envases vacíos deberán devolverse al distribuidor o llevarse a una instalación autorizada para su recogida. En el caso que no existan servicios de devolución o de eliminación, en condiciones de seguridad, de envases vacíos, o de plaguicidas inutilizables o inutilizados, los usuarios finales deberán solicitar a los distribuidores, a las autoridades locales y a los asesores agrícolas que se establezcan dichas instalaciones. Ello con el fin de que no sean los usuarios sino las autoridades competentes, que cuentan con los recursos necesarios para tratarlos en condiciones de seguridad, los que se encarguen de la eliminación de los desechos de plaguicidas y de los envases vacíos potencialmente peligrosos.

Prácticas inadecuadas de eliminación

El enterramiento de los desechos de plaguicidas no es una opción correcta. Los plaguicidas que se entierran pueden dispersarse en los suelos circundantes y contaminar grandes zonas. Los vertidos pueden filtrarse al agua y contaminar acuíferos subterráneos, lagos, ríos e incluso el mar. Los plaguicidas que entran en contacto con el agua pueden dañar o destruir la vida acuática, y ser perjudiciales para las personas y el ganado si el agua se usa para beber, regar o lavar. Cuando los plaguicidas y los envases se entierran repetidas veces en el mismo sitio, la zona puede contaminarse gravemente y volverse inutilizable, de igual

modo, si los desechos de plaguicidas se entierran en varios y diversos lugares, a la larga la zona contaminada puede ser mucho mayor.

La incineración de desechos de plaguicidas, envases vacíos y materiales contaminados es otra práctica incorrecta. Cuando los plaguicidas se queman, muchos de ellos liberan vapores tóxicos que pueden hacer daño a las personas y a los animales que los inhalan o que entran en contacto con ellos. También, muchos de los materiales con que se fabrican los envases de los plaguicidas emanan vapores tóxicos cuando se queman. A menudo los plaguicidas incinerados al aire libre dejan residuos tóxicos a causa de la combustión incompleta. Por lo tanto, la quema al aire libre o en fogones no es una práctica recomendable para destruir los desechos de plaguicidas y los envases vacíos.

Otro método de eliminación inadmisible es la descarga de desechos de plaguicidas, envases vacíos y materiales contaminados en vertederos de basuras o en otros lugares donde se recogen basuras (figura 228). La mayor parte de los lugares de eliminación de desechos no están diseñados para prevenir el derrame de materiales tóxicos en la superficie o su arrastre hacia las masas de aguas a causa de las lluvias. Los plaguicidas, sus envases y los materiales contaminados deben ser tratados como desechos tóxicos, y eliminarse exclusivamente en lugares de recogida de desechos tóxicos debidamente autorizados y que cuenten con una construcción y un mantenimiento apropiados. En general, a dichos lugares podrían acceder solamente contratistas especializados en la eliminación de desechos tóxicos o las autoridades nacionales competentes.

Figura 228. Prácticas inadecuadas de disposición de empaques vacíos de plaguicidas

Los plaguicidas nunca deberán verterse en desagües, canales de drenaje, arroyos, lagos o ríos, ni en ninguna masa de agua. Bastan pocos mililitros de plaguicida para matar los peces y otros organismos acuáticos y para contaminar enormes cantidades de agua para uso humano. La eliminación de los plaguicidas del agua es una tarea sumamente costosa y compleja y en ciertos casos simplemente no puede realizarse.

Prácticas adecuadas de eliminación

La mayoría de los usuarios de plaguicidas no cuentan con los equipos para eliminar los plaguicidas y los correspondientes materiales de desecho en forma segura. La gestión de productos plaguicidas por parte de los fabricantes y distribuidores, prevista en el marco del "Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas" de la FAO, deberá incluir el establecimiento de instalaciones que permitan que los usuarios eliminen los envases vacíos y los desechos en condiciones de seguridad.

Preparar las mezclas de plaguicidas al aire libre y utilizando el equipo de protección y utensilios recomendados, además, cerrar bien los envases y empaques que aún contengan plaguicidas.

- Los recipientes vacíos no se deben reutilizar y los empaques vacíos se deben disponer de tal manera que no afecten la salud de animales y humanos, y no contaminen el medio ambiente.
- Los envases y empaques originales de los plaguicidas deben romperse o perforarse y enviarse al sitio de disposición de estos desechos (rellenos sanitarios o acopio de basuras).
- Mantener los empaques vacíos en un lugar seguro, mientras se realiza su disposición final.
- Se deben conocer y acatar todas las normas dadas por el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Salud o las entidades regionales y municipales para la disposición de material contaminante.
- Los empaques vacíos deben ser perforados o rotos para evitar su reutilización.

Manejo de residuos plásticos agrícolas

La producción de tomate bajo invernadero implica el uso de plásticos, cuya utilización ha generado problemas por los residuos que se generan y su manejo. A continuación se presentan algunas medidas para considerar en las fincas con buenas prácticas agrícolas, respecto al manejo de estos desechos.

- La utilización y disposición de los plásticos debe realizarse bajo la premisa de reducir a lo mínimo necesario su uso, reutilizarlos y reciclarlos cada vez que sea posible, de manera que se minimice su impacto en el medio ambiente. Por lo tanto, es importante que los productores, y la población en general, tomen conciencia de la problemática generada por estos residuos.
- Al adquirir insumos plásticos, además de considerar los aspectos técnicos y el costo del producto, se debe examinar su composición, velocidad de degradación y alternativas para su disposición final. Hay que preferir aquellos que generen el mínimo impacto en el medio ambiente.
- Es importante conocer el volumen de plásticos generados por la explotación agrícola, a fin de planificar el mejor método para su disposición final, de acuerdo a la composición y durabilidad del producto.
- Se debe definir un lugar para recolectar o almacenar los residuos plásticos en el predio, mientras se acopian para su disposición definitiva. Este lugar debe quedar aislado y distante de residencias, con miras a evitar riesgos de contaminación en la población.
- Se debe conocer la procedencia de los residuos plásticos y las actividades a las cuales fueron sometidos, junto con los productos químicos a los que estuvieron expuestos, con el fin de conocer su riesgo potencial para las personas que los manipulan.
- El retiro de los plásticos se debe realizar con la mayor limpieza y la máxima precaución para evitar accidentes. Se recomienda lavarlos para estimular su reutilización o reciclaje.
- Se debe favorecer el reciclaje de los distintos plásticos utilizados en la actividad agrícola. Éstos pueden ser empleados en la confección de postes, vallas, tuberías, maceteros, aislantes de canales de riego, etc.
- Los plásticos que no puedan ser reutilizados ni reciclados deben disponerse en el vertedero municipal autorizado más cercano.
- Se debe evitar la quema de residuos plásticos, a menos que se cuente con algún sistema de incineración controlada, que minimice las emisiones atmosféricas contaminantes.

Cosecha y manejo poscosecha

Evaluación de riesgos de higiene en la cosecha y el centro de acopio

El propósito es establecer los puntos críticos de control que permitan disminuir, evitar o controlar factores biológicos, físicos o químicos que alteren el producto final.

El sistema de prevención de peligros para la inocuidad de los alimentos, sugerido por Codex Alimentarius, es el denominado Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por su sigla en inglés), el cual es aceptado internacionalmente como un parámetro de referencia.

¿Por qué utilizar el sistema HACCP?

- Gestión de seguridad
- Incidentes
- Limitaciones de inspecciones y presiones externas.

Gestión de Seguridad del Producto

- En la industria alimentaria, la seguridad de los productos es la máxima prioridad, y no es negociable, como las características organolépticas o el costo del producto.
- Los clientes esperan alimentos seguros, y el HACCP garantiza esta seguridad.
- El HACCP es un sistema de control de los alimentos, basado en la prevención, que identifica los puntos donde probablemente aparecerán los peligros en el proceso de producción y así, se tiene la oportunidad de aplicar las medidas para evitar estos peligros. Todo peligro para la seguridad de los alimentos es parte del HACCP: biológicos, químicos y físicos.
- El HACCP es un sistema lógico de evaluación sistemática de todos los aspectos relacionados con la seguridad de alimentos, desde la materia prima, pasando por producción y distribución y terminando con el uso final por parte del consumidor.
- Es muy rentable implementarlo: se obtienen menos productos rechazados y devoluciones, se asegura la confianza del consumidor, se adecua una nueva cultura organizacional que termina en la certificación ISO 9000.

Incidentes relacionados con la seguridad de los alimentos

- Cuando un alimento está mal, puede producir molestias o enfermedades a nivel local o general, y el costo para la empresa implicada puede ser enorme.
- Incluso el hecho de no causar enfermedad alguna, sino de descubrir que un alimento representa peligro para los consumidores, puede acabar con la empresa.
- Los procesos judiciales rutinarios están relacionados con la presencia de sustancias extrañas en los alimentos, pero los peligros microbiológicos producen impactos mayores.

Limitaciones de inspecciones y análisis

- ¿Qué está mal en lo que se hace habitualmente: inspeccionar y analizar?
- Inspeccionar el 100% de los productos no es rentable ni adecuado en ciertos casos. Además, en el caso de análisis microbiológicos o químicos es 100% destructivo.
- Los operarios se distraen por ruidos propios del trabajo o simplemente al hablar con alguien.
- La capacidad humana de concentración es limitada cuando se desarrollan actividades rutinarias y los "peligros" pueden pasar por alto durante la inspección visual.
- Muestrear un producto para detectar un peligro se basa en: 1) La capacidad para detectar un peligro de un modo fiable utilizando una técnica analítica apropiada.

2) La capacidad para detectar el peligro en la muestra elegida para el análisis.

- La capacidad para detectar un peligro en una muestra depende de: 1) La distribución del peligro en el lote 2) La frecuencia con la que el peligro aparece en el lote.
- Los peligros distribuidos homogénea y frecuentemente en un lote son, desde luego, mas fácilmente detectables que los peligros distribuidos heterogénea e infrecuentemente.

Objetivos clave

- Producir siempre alimentos seguros
- Proporcionar la evidencia de una producción y manipulación seguras.
- Confiar en los productos propios.
- Cumplir con la solicitud de un cliente de un HACCP.
- Llevar la empresa hacia un sistema de gestión de la calidad.
- Hacer uso eficaz de los recursos.

Metodología

En esencia se trabajan dos aspectos:

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM):

Se analiza la cosecha y el empaque a la luz del Decreto 3075 de 1997, donde están los siguientes puntos descritos:

- Edificación e instalaciones (localización y accesos, diseño y construcción, abastecimiento de agua, disposición de residuos líquidos y sólidos, instalaciones sanitarias).
- Centro de acopio (pisos y drenajes, paredes, techos, ventanas, puertas, escaleras, iluminación, ventilación).
- Equipos (condiciones generales, instalación y funcionamiento).
- Personal manipulador de alimentos (estado de salud, educación y capacitación, prácticas higiénicas).
- Aseguramiento y control de la calidad (sistema de control, saneamiento).

Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP):

Es un sistema que nos permite, bajo una metodología definida, definir los puntos críticos biológicos, físicos o químicos que afectan la calidad final de la fruta y evitan su comercialización.

Principios del HACCP:

Principio 1: Realizar un análisis de peligros. Preparar una lista de las etapas del proceso en las que pueden aparecer peligros significativos, y describir las medidas preventivas.

- Elaborar diagrama de flujo del proceso con todas sus etapas, desde materias primas hasta producto final.
- Luego se identifican los peligros que aparecen en cada punto y se describen las medidas necesarias para su control.
- Estas medidas pueden ser las existentes o las requeridas.

Principio 2: Identificar los Puntos Críticos de Control —PCC— del Proceso.

- El equipo HACCP decide en qué puntos el control es crítico para la seguridad del producto.

Principio 3: Establecer los límites críticos para las medidas preventivas asociadas con cada PCC.

- Los límites críticos establecen la diferencia en cada PCC entre productos seguros y peligrosos. Se debe incluir parámetros medibles y puede ser descrito como la tolerancia absoluta del PCC.

Principio 4: Establecer los criterios para la vigilancia de los PCC. A partir de los resultados de la vigilancia, determinar el procedimiento para ajustar el proceso y mantener el control.

- El equipo HACCP debe especificar los criterios de vigilancia para mantener los PCC dentro de los límites críticos. Implica establecer las acciones de vigilancia, su frecuencia y responsables.

Principio 5: Establecer acciones correctoras que se deben realizar, cuando la vigilancia detecte una desviación fuera de un límite crítico.

- Especificar acciones correctoras y responsables de llevarlas a cabo.
- Incluye acciones necesarias para poner el proceso bajo control, y acciones con los productos fabricados si el proceso está fuera de control.

Principio 6: Establecer un sistema eficaz de registro de datos que documente el HACCP:

- Guardar los registros para demostrar que el HACCP está funcionando bajo control y se han realizado acciones correctoras adecuadas. Esto demuestra la fabricación de productos seguros.

Principio 7: Establecer el método para verificar que el sistema HACCP, está funcionando correctamente.

- El sistema de verificación debe desarrollarse para mantener el HACCP y asegurarse que sigue trabajando eficazmente.

Responsables

Son los responsables de verificar la higiene en cosecha y el acopio, tanto los cosechadores como el personal de empaque.

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende en gran parte la calidad final del fruto.

Registros
Se llevarán los registros que exige el plan HACCP anexo a este documento.

Principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate

- El agua utilizada en diferentes procesos como el riego, el lavado y limpieza del producto, el lavado de las herramientas y en la higiene del personal.
- Los abonos y los desechos orgánicos sin un manejo apropiado.
- Contaminación química por medio de los insumos utilizados en el cultivo en localidades vecinas.
- La falta de limpieza e higiene del personal.
- La falta de higiene de las instalaciones de clasificación y empaque del producto.
- La presencia de plagas como roedores y animales silvestres y domésticos en los cultivos e instalaciones de manejo del producto.
- El medio de transporte utilizado para el transporte del producto, y los diferentes insumos aplicados en el sistema de producción.
- El equipo y los utensilios utilizados para la cosecha cuando no se lavan o desinfectan de manera apropiada.

De acuerdo a las especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero, de la Comisión Nacional de BPA del gobierno de Chile (2003), a continuación se describen las BPA para el manejo de la cosecha en el cultivo de tomate bajo invernadero:

- Todos los materiales de cosecha, contenedores y otros deben estar limpios.
- En todo momento se debe evitar la incorporación de tierra, barro, agua y otros contaminantes a los productos cosechados o a los materiales de cosecha.
- Se debe instruir al personal para separar y no utilizar materiales y contenedores sucios.
- La cosecha del tomate debe realizarse evitando el daño o deterioro de la planta y de los frutos.
- Los frutos deben recolectarse en contenedores adecuados, los que deben estar en buenas condiciones y limpios. La manipulación de los frutos debe realizarse con cuidado, evitando las pérdidas por golpes o partiduras.
- Al traspasar el producto cosechado a contenedores de mayor tamaño, se debe hacer con cuidado para no dañar los frutos. Estos envases también deben estar en buenas condiciones y limpios.
- El personal que trabaja en la recolección de los frutos debe estar capacitado en esta faena, especialmente en el manejo higiénico del producto.
- Los materiales y contenedores utilizados en la cosecha deben permanecer resguardados durante la noche o al término de cada jornada.
- El área donde se guarden o mantengan los materiales de cosecha y contenedores debe estar limpia.
- Se deben evitar en todo momento las contaminaciones cruzadas con materiales sucios, estiércol, abonos y otros.
- Nunca se debe permitir el ingreso de animales a los sectores de cultivo y de acopio de productos cosechados.
- Si previamente a la cosecha se utilizaran productos fitosanitarios, aquella debe realizarse una vez cumplido el periodo de carencia especificado en la etiqueta del producto utilizado.

Las personas que manipulen los alimentos en las labores de cosecha y poscosecha deben tener en cuenta las siguientes normas higiénico–sanitarias, para evitar la contaminación del producto y garantizar la salud de los operarios:

- Deben bañarse todos los días, mantener los dientes limpios, y uñas cortas, limpias y sin esmaltes.
- Mantener el cabello limpio y corto o bien recogido.
- No consumir alimentos y bebidas en lotes, bodegas y sala poscosecha.
- Llevar el uniforme completo, limpio y ordenado
- No utilizar relojes, anillos, aretes ni collares cuando se encuentren manipulando las hortalizas.
- No escupir en ningún área de la empresa.
- Taparse la boca al estornudar o toser, y luego lavarse las manos.
- No manipular dinero (billetes, monedas) mientras esté en contacto con los alimentos.
- No fumar en las labores de cosecha y poscosecha.
- El personal no debe utilizar lociones ni cremas de manos.
- No almacenar o guardar alimentos en los casilleros por más de un día, pues son focos de contaminación que atrae plagas, roedores y microorganismos.
- Depositar las basuras en los recipientes indicados, teniendo en cuenta el tipo de desecho; si tiene tapa, verificar que quede debidamente cerrado.
- Si padece alguna enfermedad como: faringitis, amigdalitis, laringitis, otitis, conjuntivitis, diarrea o lesiones infectadas, informar al supervisor o a su jefe inmediato para que tome las medidas pertinentes.
- Lavarse las manos antes y después de manipular las hortalizas, antes o después de comer o de rascarse cualquier parte del cuerpo, al estornudar o toser, al manipular recipientes de basura, aspersores de fumigación, escobas u otros utensilios sucios, al hacer uso del sanitario, antes de ingresar a la sala poscosecha.

Cosecha

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende, en gran parte, la calidad final del fruto.

El momento más adecuado de cosecha está dado por las preferencias del mercado, el tiempo que demora el producto en llegar desde el campo al consumidor y del objetivo de la producción, ya sea semillas, agroindustria o consumo en fresco.

Una buena labor de cosecha y poscosecha garantiza un mejor precio y una mayor facilidad de comercialización del producto

Momento de cosecha

El fruto del tomate es climatérico, es decir, sigue madurando una vez ha sido cosechado. Esta característica se debe tener en cuenta a la hora de elegir con qué grado de madurez se van a cosechar los frutos.

Idealmente, el momento de cosecha en nuestro país tiende a acercarse lo más posible al estado verde maduro (figura 229), debido a que la tecnología de poscosecha es todavía precaria y por lo tanto cosechar en estados incipientes de madurez permite un margen adecuado para la manipulación de cosecha, embalaje, transporte y llegada al consumidor sin problemas graves de sobremadurez.

Una excepción a la regla es la cosecha de tomates larga vida que permiten, por su firmeza en poscosecha, ser arrancados con más color.

Maduración

La madurez fisiológica se reconoce porque la parte inferior del fruto comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras que el resto del fruto permanece verde.

El signo más visible de la maduración organoléptica en tomate es el cambio de verde a rojo, que se debe a la descomposición de la clorofila y a la síntesis de licopeno y carotenoides (figura 230). El segundo signo característico de esta maduración es el ablandamiento que acompaña al cambio de color. Este cambio ocurre por la síntesis de la enzima poligacturonasa, la cual es activa en la degradación de la pared celular y, por lo mismo, en el ablandamiento. La producción de esta enzima es iniciada por el etileno, lo cual ayuda a explicar la importancia del etileno en la maduración natural y artificial de tomates.

Figura 229. Fruto en estado de cosecha

Figura 230. Índice de madurez fisiológica en el fruto

Como el color es un indicio de la madurez del tomate, existe toda una graduación en cuanto al estado de cosecha y consumo de los frutos, pasando desde el verde al rojo. En general, los tomates se cosechan en los siguientes estados:

Verde maduro: son tomates que han alcanzado el desarrollo máximo; son de color verde y el extremo apical presenta una mancha blanca.
Pintón o virado: son tomates que presentan un comienzo de la aparición del color típico de la variedad.
Rosado: son tomates con leve coloración rosada en casi toda su superficie.
Rojo firme: son tomates que tienen el color típico de la variedad.

Las preferencias por un determinado tamaño de tomate varían entre consumidores y depende de la intención de uso de los frutos (figura 231).

Clasificación de color

Estado 1 - Verde Maduro: la superficie total del fruto es verde, variando el tono de verde según el cultivar.
Estado 2 - Rompiendo: aparición de otro color, además del verde de fondo, en no más del 10% de la superficie del fruto.
Estado 3 - Pintón: entre un 10 a un 30% de la superficie del fruto, presenta color amarillo pálido, rosado, rojo o una combinación de ambos.
Estado 4 - Rosado: entre un 30 a un 60% de la superficie, mostrando color rosado o rojo.
Estado 5 - Rojo claro: entre un 60 hasta 90% de la superficie de color rojo
Estado 6 - Rojo: más del 90% de color rojo.

Figura 231. Grados de madurez del tomate

Utilización de etileno

La maduración de tomates es iniciada por el etileno que ellos mismos producen. Comercialmente, en la práctica, los tomates verdes maduros podrían ser tratados con etileno suplementario, para favorecer la maduración y lograr uniformidad dentro del lote; frutos en estados más avanzados de madurez mantenidos a temperaturas adecuadas de maduración, producen suficiente etileno, de manera que aplicaciones suplementarias son innecesarias. Para el tratamiento, los tomates son expuestos a 100-150 ppm de etileno por 24-48 horas a 20-25^{o} C y 85-90% de HR.

El momento mas adecuado de cosecha, esta dado por las preferencias del mercado, el tiempo que demora el producto en llegar desde el campo al consumidor y por el objetivo de la producción, ya sea semillas, agroindustrias y consumo fresco.

Las ventajas del uso del etileno en tomates se puede resumir así:

- 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.
- Lograr tomates maduros más tempranos en las épocas de primicia y altos precios.

Preenfriado

Se realiza sobre todo si se quiere disminuir el avance de la maduración. Es necesario preenfriar cuando los tomates son transportados a distancia, o si deseamos conservar el color, para ello hay diferentes métodos:

Aire forzado: Es una técnica sencilla, siendo posible preenfriar tomates verde maduros con una corriente de aire a una temperatura menor a 5º C, sin que sea perjudicial (si el tiempo de exposición no es mayor a 24 horas).

Hidroenfriado: Es utilizado para enfriamiento rápido. Se deben agregar 100 ppm de cloro al agua para evitar patógenos. Para enfriar los tomates de 30º C a 15º C se necesitan de 13 a 15 minutos, y no hay peligro de daño por enfriamiento aunque el agua esté a menos de 5º C. Los tomates no se deben sumergir en el agua porque tienden a absorberla por el pedúnculo; conviene hacerlo por aspersión de agua.

Temperatura

Es el factor más importante que afecta la maduración de los frutos.

Temperatura baja
En general se consideran temperaturas bajas aquellas por debajo de 12-13º C. La razón es que el fruto de tomate es sensible al daño por enfriamiento y por ello las temperaturas deben manejarse cuidadosamente.

Los períodos de enfriamiento para la fruta son acumulativos, así que el frío acumulado en el campo, durante el transporte y el almacenaje, se suman.

Los frutos verdes maduros son más sensibles a bajas temperaturas, decreciendo la sensibilidad a medida que se avanza en el grado de madurez. En el rango de 10-12º C, los tomates verde maduros pueden madurar, aunque con sabor y color inferior al normal.

Frutos mantenidos por debajo de 10º C se vuelven susceptibles a podredumbres por alternaria, durante la subsecuente maduración.

Frutos totalmente maduros (rojos), se pueden enfriar a 2-5º C por pocos días. De otra manera se ponen pálidos, se ablandan excesivamente y pierden el aroma y el sabor característicos.
Si es pertinente la eliminación por que se repite arriba

Altas temperaturas:
Tomates almacenados a una temperatura por encima de 30º C sufren daños, y se producen disturbios en la coloración normal (coloreados 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. Este efecto puede ser revertido alternando temperaturas de conservación entre 18-24° C; tal alternancia simula los cambios diurnos-nocturnos de temperatura en el campo.

La mejor temperatura para la maduración es el rango entre 18-21° C, con una humedad del 85-88% de HR. Tomates muy maduros pueden arrugarse o marchitarse algo con esa humedad, pero el 90% favorece podredumbres.

Humedad relativa

La humedad relativa adecuada fluctúa entre 85-95%; humedades relativas más bajas pueden llevar a pérdidas excesivas de agua y marchitamiento o deshidratación después de pocos días, y HR más elevadas pueden favorecer ataques fúngicos.

Las pérdidas de agua están en función de la relación superficie-volumen; por ello, son los frutos más pequeños los propensos a este tipo de problema. Cualquier ruptura de la superficie, rajadura o golpe, aumenta en forma importante la pérdida de agua.

La zona de separación del fruto con el pedúnculo es responsable de casi el 90% de la pérdida de agua en tomates sanos. Por ello, el hecho de cosechar los tomates larga vida con el pedúnculo disminuye también la pérdida de humedad.

Factores que afectan la calidad de los tomates

La apariencia de los tomates está muy influenciada por la presencia y la magnitud de los defectos. Defectos de menor envergadura que no comprometan la calidad comestible son aceptables, pero defectos serios pueden influenciar su apariencia, firmeza, marchitamiento y susceptibilidad a las enfermedades. Los defectos originados antes de la cosecha son: frutos huecos, podredumbre apical, rajaduras radiales y concéntricas, daños por insectos, quemaduras de sol, ablandamiento excesivo y maduración irregular.

El daño físico puede ocurrir durante la cosecha y en los pasos de manipulación poscosecha. Esto no es sólo desagradable, sino que además hay pérdidas de humedad, y los decaimientos o podredumbres pueden resultar en una pérdida de sabor. La presencia de podredumbre es un defecto serio que hace invendible el tomate.

Firmeza
Después de la apariencia visual, el factor más importante en la calidad del tomate es la firmeza, la cual está íntimamente ligada con el estado de madurez. La mayoría de los consumidores prefieren frutos firmes. Esta percepción de la firmeza que realiza el consumidor consiste en tomar un fruto entre los dedos índice y pulgar y ejercer presión sobre él; de acuerdo a cuánto ceda el fruto bajo la fuerza ejercida, producirá en el comprador una sensación agradable o no y por lo tanto decidirá si lleva el producto o lo rechaza. Por esta causa y, sobre todo para sistemas de venta donde el comprador toca y elige el producto que va a llevar, es que se han

La madurez fisiológica se reconoce porque la parte inferior del fruto comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras que el resto del fruto permanece verde.

impuesto los híbridos de tomate denominados *long shelf life* (larga vida en estante), que permiten trabajar con frutos más atractivos (estados de madurez más avanzados, especialmente color rojo) y no provocan un rechazo por parte del comprador.

La firmeza afecta la susceptibilidad de los tomates al daño físico y, consecuentemente, su resistencia al transporte.

La calidad de los tomates es influenciada por la dureza de la epidermis, la firmeza de la pulpa y la estructura interna del fruto (relación material pericarpio / material lóculos), los cuales varían mucho entre cultivares. La producción de la enzima solubilizante de la pared celular (poligalacturonasa) durante la maduración, desempeña un rol significativo en los cambios de textura.

Sabor
El sabor del tomate, lógicamente, es función de la percepción del degustador, que es influenciada por los aromas de muchos constituyentes químicos. Los azúcares, los ácidos y sus relaciones son importantes para la dulzura, la acidez y sobre todo para la intensidad del sabor de tomate.

La porción del pericarpio contiene más azúcares reductores y menos ácidos orgánicos que la porción locular. Por lo tanto, cultivares con una gran porción locular y altas concentraciones de ácidos y azúcares tienen mayor sabor que aquellos con una pequeña porción locular.

Los componentes volátiles son importantes, no solamente por el aroma sino por el sabor general.

Poscosecha

El periodo transcurrido desde la recolección de los productos en el campo hasta que son consumidos en estado fresco o son utilizados en un proceso de preproducción o transformación, se le conoce con el nombre de poscosecha. La poscosecha comprende las etapas de selección, clasificación, empaque, embalaje, transporte, y almacenamiento. Sin embrago, su realización total y parcial o la secuencia de ellas depende de cada cultivo.

Selección y clasificación

- La selección de los frutos para comercializar se debe hacer descartando todos aquellos que presentan algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros.
- Eliminar en forma adecuada los frutos descartados, no se debe olvidar que pueden servir de inóculo de plagas y enfermedades en el futuro.
- Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas (figura 232).
- 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 232. Sala poscosecha

En la clasificación se tiene en cuenta la forma y desarrollo de los tomates, de acuerdo con la variedad que se esté cosechando, el porcentaje de daños que determina en qué categoría de calidad se ubica el producto, el color, el cual está directamente relacionado con el estado de madurez del fruto y el tamaño del fruto.

En el momento de la clasificación se debe realizar una limpieza de los frutos para obtener una adecuada higiene y una buena presentación para su comercialización (figura 233); es necesario eliminar la suciedad y las materias extrañas de la epidermis de los tomates. Esta suciedad tiene orígenes muy diversos: tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas, y microorganismos. Su eliminación se puede efectuar mediante cepillado suave, lavado o la combinación de ambos.

Figura 233. Limpieza de frutos

El tomate es climatérico, es decir sigue madurando una vez que ha sido cosechado y por esta característica es necesario saber el grado de madurez con la se van a cosechar los frutos.

El cepillado se puede complementar con la acción de soplado con una máquina de aire frío.

La limpieza de los tomates mediante lavado se realiza por medio de duchas, ojalá de agua pulverizada, y debe apoyarse con el cepillado y un secado final. Es conveniente el uso de agua clorada para evitar la proliferación de microorganismos.

Empaque y embalaje

- Se debe embalar en forma cuidadosa para no dañar los frutos.
- El embalaje debe ser realizado por personal capacitado, sobre todo respecto a inocuidad e higiene.
- Los materiales de embalaje deben ser, en lo posible, nuevos, o en caso de ser reutilizados deben estar bien lavados. Al momento de utilizarse éstos deben encontrarse limpios y en buen estado.
- Los materiales de embalaje deben ser almacenados y manipulados en condiciones que permitan su uso para un producto alimenticio.
- El proceso de embalaje debe efectuarse en un sitio protegido, de forma que se evite la contaminación del producto.
- El personal que participa en las faenas de embalaje debe disponer de las instalaciones necesarias para su higiene y hacer uso de ellas.
- El personal que participa en la cosecha, transporte, embalaje, manejo de materiales y almacenamiento debe cumplir estrictamente con las medidas de higiene y de salud del personal, y mantener los cuidados necesarios para evitar la contaminación del producto.

Básicamente, el empaque se realiza manualmente y los pasos dentro de la caseta de poscosecha son:

- Recepción (cajones cosecheros).
- Separación tamaño-color.
- Embalaje (cajas de 10 o 20 kg).

Durante este proceso, la fruta es sometida a innumerables golpes por parte de los empacadores, debido a que cada movimiento del fruto significa un golpe y, por último, la forma tradicional de embalaje ayuda a compactar aún más el producto. A veces, esta forma de llenar el cajón es necesaria sobre todo cuando proviene de zonas lejanas (1.500 km), debido a que los movimientos que sufre la carga en el trayecto lastiman los frutos, por fricción de un fruto contra el otro, si no están bien ajustados en el cajón.

Existe maquinaria para lograr mecanizar las labores de la caseta de empaque, desde la recepción, separación de colores y calibrado. La complejidad de la instalación dependerá de la inversión que se quiera realizar, la que a su vez estará relacionada directamente con el volumen que procese la caseta de empaque.

Fuera de lo que es comercialización mayorista, es posible observar el empaque de tomate en bandejas con láminas plásticas. Este empaque genera una atmósfera modificada y, consecuentemente, reduce el decaimiento, ablandamiento y la pérdida de sólidos solubles de los frutos durante el almacenaje. La reducción de pérdidas por transpiración y respiración incrementa la vida en estante y mantiene la calidad de los frutos; pero, sin lugar a dudas, el mayor beneficio de estos embalajes más pequeños es evitar la deshidratación.

Los empaques más utilizados en la comercialización del tomate en el país son guacales de madera (figura 234), canastillas plásticas (figura 235) y cajas de cartón (figura 236).

Figura 234. Guacales de madera

Figuras 235. Canastillas plásticas

Figura 236. Caja de cartón

La poscosecha es el tiempo que transcurre desde la recolección de los productos en el invernadero o el campo hasta que son consumidos

Almacenamiento

El proceso de comercialización se debe realizar lo antes posible, para evitar el deterioro del producto cosechado durante el almacenamiento, para el cual, el lugar seleccionado debe contar con las siguientes características:

- Ser un sitio adecuado para el almacenamiento de frutos.
- Cumplir con un adecuado aislamiento y resguardo.
- Tener las protecciones necesarias contra vectores y plagas. Además, debe contar con los resguardos para impedir el ingreso de distintos tipos de animales.
- Deben existir y encontrarse operativas las protecciones contra las adversidades climáticas.
- Los accesos a los lugares de almacenamiento deben ser controlados. Sólo podrá entrar personal autorizado.
- Las personas que laboren en estos recintos deben cumplir con las normas higiénicas correspondientes.

Los tomates son sensibles a la exposición a temperaturas bajas (menores de 12-13º C); por eso, recomendar una temperatura de almacenamiento depende de la madurez de los frutos. El manejo de la temperatura es crítico para mantener la calidad. El manejo de la temperatura es delicado, porque la aplicación de un rango depende de:

1- Estado de madurez.
2- Efecto que queremos lograr:
- Para mantener el estado de madurez.
- Para lograr avanzar el color.
3- Tiempo que queremos conservar el producto.

Atmósfera controlada

Una concentración de 3% de oxígeno y 97% de nitrógeno en tomates verde maduros nos permite conservar los frutos más de 6 semanas a 13º C. Luego de renovar el aire y ponerlos a 18º C, madurarán normalmente con sabor aceptable.

Someter tomates verde-maduros a niveles de CO_2 por encima de 3-5% durante un tiempo, puede ocasionar daños. Los síntomas incluyen retardo y maduración irregular, ablandamiento prematuro y aparición de áreas marrones en el extremo apical.

Si la concentración de O_2 es reducida a 2% o menos, se presentan problemas de desuniformidad de color y mal sabor. La atmósfera controlada reduce pérdidas de clorofila y de síntesis de licopeno, carotenoides y xantófilas.

Tomates verde maduros pueden ser almacenados a 13º C por siete semanas con una combinación de 4% de O_2, 2% de CO_2, y 5% de CO, y aún mantendrán una adecuada vida comercial y calidad aceptable por una o dos semanas a 20º C.

Transporte

El transporte en nuestro país desde las diversas zonas de producción se realiza mayoritariamente en camiones; y entre éstos, es más común la utilización de transportes abiertos, sin control de temperatura y cubiertos con lonas, que la utilización de camiones refrigerados.

Cuando el tomate es transportado en camiones sin control de temperatura, la carga es sometida a deterioros de su calidad por efectos de la incidencia del viento y la temperatura ambiente, y a la elevación de la temperatura generada por el mismo proceso respiratorio de los frutos. Si la temperatura durante el viaje es muy baja (0° C), posiblemente la parte superior de la carga sufra daños por congelamiento.

Cuando transportamos tomates en camiones refrigerados, tenemos que tener en cuenta que la capacidad de circulación del aire está diseñada para el mantenimiento, no para el descenso de la temperatura del producto. Por eso la carga debe ingresar al termo previamente enfriada (figura 237).

Figura 237. Transporte refrigerado

El modelo de conducción de aire en camiones con circulación de aire superior es usualmente a lo largo, y del frente (equipo) hacia atrás. El aire viaja desde el equipo de refrigeración sobre el producto, va hacia abajo por los costados y la parte posterior del producto, y regresa a través y/o abajo del mismo y sube por el frente hacia la unidad de refrigeración.

Para que las temperaturas de tránsito recomendadas se mantengan independientes del método de carga elegido, el transportista debe estibar la carga para proveer canales de aire a lo largo de todo el transporte.

Pérdidas poscosecha

Las pérdidas de poscosecha son consecuencia de alteraciones fisiológicas, físicas y patológicas. La magnitud de estas pérdidas varía en gran medida de acuerdo con el área de producción, la manipulación, el sistema de distribución y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo.

Es una BPA evitar la incorporación de tierra, barro y agua u otros contaminantes a los frutos cosechados o a los materiales de cosecha.

Desórdenes fisiológicos

Daño por enfriamiento (DPE)

El daño por enfriamiento puede ser definido como un daño causado por exposiciones a bajas temperaturas (pero no de congelación). Esto se manifiesta por maduración desigual (ocurre básicamente en tomates verde maduros, que han sido enfriados por un tiempo prolongado y no maduran uniformemente aun después de ser transferidos a condiciones óptimas de maduración) y aumento de susceptibilidad a podredumbres, básicamente alternaria.

Otros síntomas del DPE son: punteado superficial, ablandamiento superior al normal para cierto grado de madurez, y pardeado de las semillas.

Maduración irregular (Blotchy ripening)
Se presentan áreas de color amarillo, madurando en forma heterogénea (figura 238). Estos frutos son descartados en general en la caseta de empaque.

Figura 238. Maduración irregular en frutos cosechados

Causas

- Daño por enfriamiento.
- Virus (retrasan o suprimen la síntesis de licopeno en lugares del fruto).
- Exposición excesiva a altas temperaturas (aparecen áreas amarillas porque las temperaturas altas interfieren la síntesis de licopeno).

Quemaduras de sol
Se presentan en la superficie del fruto, como llagas o quemaduras secas y de color blanco.

Fruto hueco o puffines
Una fertilización inadecuada origina un desarrollo incompleto de la sustancia gelatinosa que recubre la cavidad locular; el fruto hueco se produce además por mala polinización. Estos frutos se magullan más rápido que los demás, son más livianos y pueden ser separados en líneas de empaque que tengan descarga en agua, porque flotan.

Podredumbre apical
Generada por problemas de traslocación del calcio. Se manifiesta en la parte apical de los frutos en forma de lesiones oscuras de aspecto seco.

Rajaduras o grietas
Pueden ser radiales o concéntricas, producidas por una expansión desigual de los tejidos durante el crecimiento o un simple fenómeno de turgencia. Ocurren normalmente, debido a la presencia de bajas temperaturas y rocío nocturno (figura 239).

Figura 239. Presencia de rajaduras o grietas en frutos cosechados

Daños mecánicos

Según distintas investigaciones, el daño mecánico produce más defectos durante la comercialización que todos los otros problemas combinados, incluyendo podredumbres. El problema es grave porque los productores y fleteros no reconocen cuán dañino puede ser golpear la fruta en la manipulación. No se ve el daño porque éste no aparece hasta que los tomates maduran. El problema comienza en la cosecha y continúa hasta el consumo del producto.

Los frutos que son arrojados, en vez de ser depositados en el contenedor de cosecha, pueden deformarse si el contenedor de cosecha o transporte es muy profundo; pueden ser dañados durante el vaciado del cosechero en una mesa de selección o correa transportadora (si la mesa o correa transportadora están sucias, el movimiento de los frutos les causa abrasión); comprimidos en los cajones al ser embalados; los cajones pueden ser tirados, golpeados o comprimidas por peso; los caminos malos remueven los frutos y los magullan; los cajones, a su vez, pueden ser maltratados al descender del camión y, por último, los frutos pueden ser tirados y apretados en la bolsa del consumidor final.

El personal que participa en la cosecha, transporte, embalaje, manejo de materiales y almacenamiento, debe cumplir estrictamente con las medidas de higiene y de salud del personal, y mantener los cuidados necesarios para la contaminación del producto

El daño puede ser minimizado en el transporte empacando los frutos en forma apretada y no suelta en los cajones, porque un empaque apretado inmoviliza los frutos, un empaque suelto les permite moverse y rodar, con machucones y abrasiones como resultado.

El tipo de recipiente, ya sea de madera o cartón, no tiene mucha relevancia en la medida en que el empaque sea lo suficientemente fuerte para soportar el peso del contenido de la caja y las presiones de los recipientes superiores y laterales. La superficie interior es importante, ya que las paredes ásperas inevitablemente erosionan los frutos, cosa evitable con paredes lisas.

El grado de madurez de los frutos tiende a influenciar el tipo y la cantidad de daño. La mayor incidencia de daño en frutos rojos que en verdes es lógica, porque cuanto mayor sea el grado de madurez, más blando será el fruto.

Pérdidas por problemas fitopatológicos

Podredumbre blanda (Erwinia carotovora)
Esta enfermedad puede ser muy grave en el período que va desde la cosecha hasta la comercialización. El agente causal es una bacteria, habitante natural del suelo, que se encuentra además en restos vegetales, recipientes y depósitos.

La podredumbre se desarrolla en cualquier parte del fruto que ha sido dañado por alguna causa: rajaduras, abrasiones o insectos. La lesión se presenta como una podredumbre blanda, que transforma los tejidos en una masa acuosa de olor desagradable.

Las causas que inciden en la aparición de la enfermedad son:

- Temperaturas entre 25-30º C, después de cosecha.
- Humedad Relativa alta, después de cosecha.
- Manejo inadecuado de tomates en el embalaje.
- Recipientes y depósitos sucios.

Control

- Mantener estado sanitario en cultivo.
- Cosecha en condiciones de baja humedad relativa ambiental.
- Manejo adecuado de los frutos en la recolección.
- Refrigerar el tomate de acuerdo a la temperatura para cada estado de madurez.
- Desinfectar cajones con retorno (soluciones bactericidas).

Podredumbre por Phytophtora parasítica
Aunque es una enfermedad del cultivo, aparece en poscosecha debido a que frutos infectados pasan inadvertidos, pero su aparición se produce durante el transporte y la comercialización siendo realmente explosiva, la infección se transmite del fruto enfermo al sano.

En los frutos aparecen manchas con una alternancia de zonas claras y oscuras; los tejidos se mantienen firmes. La infección se inicia aun con el fruto sano. Las causas que inciden en la aparición del problema son:

- Suelos mal drenados.
- Épocas de humedad relativa y temperaturas elevadas.
- Frutos que tocan el suelo o que, estando cerca del mismo, por salpicaduras reciben tierra.

Control

- Cultivar tomate en áreas de bajas precipitaciones o de suelos bien drenados.
- Realizar los tratamientos fúngicos en cultivo efectivos contra esta enfermedad.

Podredumbre agria (Geotrichum candidum)
Es una enfermedad típica de poscosecha, su aparición es bastante frecuente y produce grandes pérdidas. El agente causal es un habitante natural del suelo; la difusión del hongo se puede producir por insectos, lluvias y viento, y al ponerse en contacto con lesiones del fruto se desarrolla la podredumbre, la cual se manifiesta por una desintegración de los tejidos, de consistencia firme y luego húmeda. La epidermis se presenta arrugada y puede aparecer un micelio blanco-amarillento y olor característico a vinagre.

Las condiciones predisponentes son: alta humedad relativa y temperaturas de 30º C. Ataca tanto los frutos verdes como los maduros.

Control

- Evitar golpes, descartar frutos rajados.
- Temperaturas de conservación adecuadas para cada estado de madurez.
- Buen manejo sanitario en el campo.

Podredumbre húmeda (Rhizopus stolonifer)
Es tal vez la enfermedad más seria en poscosecha, de difícil aparición en campo. El hongo penetra por heridas y ataca preferentemente frutos maduros. Las condiciones predisposición son: alta humedad relativa y temperaturas entre 23 y 26º C.

Los síntomas en frutos son manchas pardas, los tejidos se ablandan y drenan líquido al romperse la piel, y aparece un olor característico a fermentación y la eflorescencia oscura del hongo que lo diferencia de *Erwinia carotovora.*

Control

- Temperaturas de conservación bajas detienen el proceso.

Podredumbre por Alternaria tenuis
Es una enfermedad que aparece en el campo y también en almacenamiento. La zona afectada se mantiene firme y seca y toma una coloración negruzca con la superficie algo húmeda. Sobre la lesión se desarrolla una eflorescencia gris oscura, constituida por el micelio y la fructificación del hongo.
Son condiciones de predisposición:

- Rajaduras en la epidermis.
- Picaduras de insectos.
- Temperaturas bajas durante el ciclo del cultivo.
- Temperaturas que produzcan DPE.
- Quemaduras de sol.
- Podredumbre apical.
- Humedad Relativa alta y temperaturas entre 24-28º C.

Los frutos deben recolectarse en las canastillas adecuadas, los cuales deben estar en buenas condiciones y limpios.

Control

- Mantener condiciones sanitarias del cultivo mediante aplicaciones de ditiocarbamatos.
- Tratar de no cosechar o producir tomates en épocas que estén sometidas a bajas temperaturas frecuentes, que debilitarán los frutos y facilitarán la aparición de *A. tenuis*.

Podredumbre gris (Botrytis cinerea)
No es común encontrarla en el mercado, pero si aparece es más probable que se verifique con tiempo húmedo y frío. Las lesiones sobre el fruto emergen con más frecuencia en las áreas del hombro adyacentes a la cicatriz del pedúnculo y cáliz. Las áreas pueden tener un aspecto acuoso, virando las manchas del color verde al marrón. Ataca tanto los frutos maduros como verdes (figura 240).

La aparición del hongo de color grisáceo se produce en las lesiones que han agrietado, o se puede desarrollar lentamente sobre la superficie en el centro de las manchas más avanzadas.

Figura 240. Presencia de Botrytis en frutos cosechados

El desarrollo del hongo es más rápido a temperaturas de 24-16° C, y aunque es menos rápido a temperaturas bajas, continúa el desarrollo incluso a 0° C. Tomates expuestos a temperaturas moderadas bajas por períodos prolongados, tanto en el campo como en el transporte, parecen ser más susceptibles a la podredumbre que aquellos a temperaturas normales. La enfermedad puede ser, por lo tanto, más dominante a temperaturas bajas que a temperaturas de 24-26° C, las cuales son aptas para el desarrollo del hongo. Aunque la podredumbre puede diseminarse desde los frutos podridos a frutos sanos en el empaque, la mayoría de las podredumbres vistas en el mercado son originadas por infecciones ocurridas en el campo, en el momento de la cosecha o del empaque.

Control

- Buen manejo sanitario en plantación.
- Tomates verde maduros deben ser transportados entre 13-18° C
- Frutos virados deben mantenerse a menor humedad relativa (85%) y 21° C.

Para el manejo de las enfermedades en poscosecha se recomienda la aplicación de productos foliares a base de calcio durante el cultivo, ya que el calcio fortalece los tejidos de los frutos y disminuye los problemas fisiológicos y patológicos en poscosecha. Además es importante ofrecer al cultivo las condiciones adecuadas de luminosidad y aireación.

Durante la cosecha se deben utilizar guantes y recipientes limpios y en buen estado. En el cultivo se deben adecuar sitios protegidos del sol para evitar que los frutos sean trasladados y manipulados de manera excesiva y prolongada. Los cuartos de selección, clasificación y almacenamiento deben poseer condiciones de buen aseo, ventilación y luminosidad.

Muchos de los organismos que son plagas y patógenos en poscosecha y las impurezas (tierra, mugre, residuos de plaguicidas) pueden ser removidos mediante prácticas de lavado con surfactantes o dispersantes (Agrotin SL, Inex-A, jabón detergente) y desinfección de frutos con hipoclorito de sodio al 0,5% y lavado con agua y secado posteriores mediante flujos de aire cálido. Las fuentes de agua deben ser limpias, ya que se ha comprobado que en ocasiones pueden diseminar organismos patógenos. Aunque la calidad inicial de la fruta no puede ser mejorada aplicando tecnologías poscosecha, la aplicación de sistemas adecuados para su conservación sí permite mantener la calidad de la cosecha por espacios largos de tiempo.

La utilización de cuartos de almacenamiento con refrigeración es indispensable para hacer más lento el proceso de deterioro de los frutos, y limita el desarrollo de muchos de los patógenos poscosecha. Experimentalmente, algunos aislamientos de la levadura *Pichia onychis* en el manejo de los hongos *R. stolonifer, A. alternata y B. cinerea*, han sido efectivos en tratamiento poscosecha de frutos de tomate.

Los cuartos de almacenamiento, las bandejas de siembra, así como las canastillas en las cuales se transportan y comercializan las hortalizas, se deben desinfectar mediante aspersión en los cuartos, o inmersión de bandejas y canastillas en productos a base de hipoclorito de sodio al 1 o 2%, o yodo agrícola (Agrodyne SL en dosis de 2 a 3cc/l).

Manejo de residuos de cosecha

Los residuos orgánicos se pueden compostar en sitios o en lugares acondicionados para su elaboración.

Se debe capacitar a los productores sobre técnicas y estrategias de reciclaje de los residuos orgánicos de la finca.

La producción de tomate es un sistema altamente generador de residuos de cosecha y de otros tipos, que resultan de podas, plantas enfermas y renovación del cultivo. El manejo tradicional de estos residuos por el agricultor es incorporarlos al suelo sin ningún tratamiento, al momento de preparar el terreno para nuevas siembras. Generalmente, estos residuos son portadores de hongos, bacterias, y nemátodos fitopatógenos y de plagas fitófagas, que actúan como fuente de inóculo o de infestación para el nuevo cultivo, de esta forma se perpetúa el ataque de plagas y enfermedades, y el productor se ve obligado a aplicar, cada vez con más frecuencia, fungicidas e insecticidas para controlarlas.

La producción de compost a partir de residuos de cosecha (figura 241), para la obtención de materia orgánica, es una valiosa estrategia en la producción limpia

Manipular el fruto con cuidado para evitar las pérdidas por golpes o partiduras al momento de colocarlos en las canastillas

de hortalizas. El compost maduro aporta nutrientes y humus, mejora la capacidad de retención de agua, el drenaje y la aireación del suelo, reactiva la microflora del suelo, ayuda a la formación de sustancias protectoras, antibióticos, auxinas y otros componentes bióticos que permiten la defensa de las plantas al ataque de plagas y enfermedades. También mejora la asimilación de los nutrientes minerales del suelo, al permitir la disminución de la dependencia de aplicaciones externas de fertilizantes sintéticos, y es una solución para el manejo de residuos de cosecha que pueden ser fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

Figura 241. Compostaje para el manejo de residuos de cosecha

En el proceso de descomposición de los residuos de cosecha actúan una serie de microorganismos benéficos, que favorecen el proceso de fermentación necesario para la obtención de materia orgánica, tales como bacterias ácido-lácticas, levaduras y algunas bacterias fotosintéticas, hongos actinomycetos y otro tipo de microorganismos. También favorecen la degradación de plaguicidas, suprimen los hongos del suelo que pueden atacar las plantas cultivadas, incrementan el reciclaje de nutrientes en el suelo y producen compuestos bioactivos, tales como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Entre estos microorganismos del suelo se pueden mencionar:

Las bacterias *Bacillus subtilis, Pseudomonas flourescens*, y *Pseudomonas putida*, que producen antibióticos para el control de hongos fitopatógenos. Los hongos *Trichoderma harzianum, Trichoderma viride, Penicillium fumiculosum, Aspergillus ocharaceus*, que controlan hongos del suelo del género *Fusarium spp., Rhizoctonia solani, Pythium sp.* y *Phythophthora sp.*

Los hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana, Paecilomyces spp.* y *Nomurea rileyi*, que afectan las poblaciones de insectos plaga del suelo, como chiza y trozadores.

El hongo Paecelomyces *lilacinus*, un eficiente controlador de los nemátodos fitopatógenos, los cuales también son afectados por los hongos depredadores *Athrobotrys sp., Dactylaria sp.* y ciertas bacterias quitinolíticas.

Los nematodos benéficos entomófagos como *Steinernema carpocapsae, Heterorahbditys spp.* y otros, que parasitan los insectos del suelo y ciertos nemátodos fitopatógenos.

En el comercio existen varios productos, con combinaciones de diferentes microorganismos, cuya función principal es la de acelerar el proceso de descomposición de residuos de cosecha para la producción de materia orgánica en el suelo e incrementar la comunidad de organismos benéficos del mismo.

Costos de producción

Conceptos básicos

Se entiende por costo la inversión requerida para producir un bien o prestar un servicio. El costo tiene la connotación de contribuir a un objetivo productivo, en esto se diferencia del concepto de gastos.

Los costos de producción agrícola son un instrumento para tomar decisiones; como tal, deben proveer la mejor información posible con el fin de disminuir el riesgo. Por esta razón, es básico construir costos de producción lo más cercanos a la realidad.

Algunas de las decisiones que se toman con base en los costos agrícolas son:

- Decisiones sobre política
- Orientar la investigación
- Establecer ventajas comparativas para invertir en un cultivo
- Otorgar financiación para inversiones agrícolas
- Constituir seguro de cosecha
- Recibir prendas sobre cultivos
- Avalúo de daños

La producción agrícola, a su vez, es el resultado del uso eficiente de la energía solar; esta eficiencia depende de la interacción de varios elementos, los cuales se pueden agrupar así:

- Potencial genético de la especie cultivada
- Disponibilidad de agua
- Disponibilidad de nutrientes
- Talento humano (manejo del cultivo, administración, control de plagas y enfermedades)

Factores que afectan los costos agrícolas

Los costos agrícolas son la inversión requerida para obtener una determinada cantidad de producto, dependen de la oferta ambiental, que es propia de cada ecosistema, del balance hídrico de la región, la luminosidad, la humedad relativa, las heladas, entre otros elementos. Así, el aporte de agua por precipitación determinará la necesidad de obtener costos por riego o mantenimiento de drenajes. La fotosíntesis depende de la luminosidad, la presencia de hongos patógenos puede estar influenciada por una mayor humedad relativa o mayor nubosidad. Los cambios bruscos de temperatura causan estrés a la planta y alteran su fisiología.

Igualmente, los costos agrícolas dependen de los patrones de tecnología. El uso indiscriminado o inadecuado de insumos industriales puede encarecer innecesariamente los costos.

De acuerdo con estos criterios se obtienen los costos totales por unidad de superficie, los cuales son específicos para cada ecosistema.

Costos unitarios

El costo unitario se obtiene del costo total del cultivo dividido por el número de unidades producidas, es decir, el costo de producir una unidad de producto, ya sea un kg o una tonelada. Este costo unitario de producción se puede comparar con el precio unitario que paga el mercado por el producto, para, a partir de ahí, tomar decisiones.

Si se mantiene constante el patrón de costos totales, en la medida en que la producción sea más eficiente, expresada como cantidad mayor de unidades producidas, el costo unitario disminuye; por el contrario, una menor producción aumenta el costo unitario. De igual forma, si se mantiene constante la producción, pero disminuyen los costos totales, se logra bajar el costo unitario del producto.

En general, la disminución de costos unitarios garantiza la competitividad del cultivo y su permanencia en el mercado, y debe ser un propósito de los productores apoyados por los investigadores, extensionistas y asistentes técnicos.

Con base en el costo total, es importante conocer en qué proporción cada uno de estos costos participa en el costo final y tener la estructura de costos.

Con estos conceptos se establece la importancia de los costos de producción agrícola y, por ende, de la necesidad de profundizar en el tema, adelantar una discusión sobre el mismo y llegar a un sistema de clasificación y un procedimiento para establecerlo.

Clasificación de los costos agrícolas

Hay diferentes maneras de establecer los costos. Para establecer los costos agrícolas se utiliza la clasificación de acuerdo a la identidad con respecto al producto. Algunos costos pueden ser identificables por su participación en la elaboración del producto; en otros casos, esto no es fácil de hacer; entonces se clasifican en:

- *Costos directos:* pueden ser fácilmente identificables con la producción; se causan directamente para el proceso productivo. Tal es el caso de insumos, mano de obra, transporte, arrendamiento de tierras, empaques, maquinaria, materiales.
- *Costos indirectos:* usualmente son costos globales que demanda el negocio. Es muy difícil identificarlos con el producto, por ejemplo: honorarios profesionales, relaciones públicas, seguros, servicios públicos y asesorías. Igualmente, papelería, licencias, trámites, contabilidad, etc.
  Los costos de ventas corresponden a las comisiones pagadas por ventas, publicidad y gastos de notaría y registro.
- *Los costos financieros:* corresponden al costo del dinero vinculado con el proyecto de inversión, comprenden los valores financiados por el sistema financiero. Generalmente en los proyectos agrícolas y de construcción equivalen al 80% de los costos directos. Sin embargo, los recursos financieros propios del inversionista tienen un interés de oportunidad, ya que podrían generar rendimientos si no estuviesen vinculados al proyecto; por esta razón se estima

el costo financiero sobre los saldos negativos dentro del flujo de caja en el período analizado.
El valor del dinero sale de un costo promedio ponderado entre el interés de oportunidad del dinero del inversionista y el costo del dinero en el sistema financiero.

Costos en proyectos de mediano y tardío rendimiento

Los negocios tienen ciclos de acuerdo con su complejidad y duración; un proyecto de inversión puede contemplar: etapas de preinversión, como estudios de pre y factibilidad, etapa de puesta en marcha o inversión y etapa de operación.

Los costos de preinversión corresponden generalmente a estudios, investigaciones y diseños preliminares; si el proyecto muestra viabilidad, estos costos son imputables a la inversión.

Costos de inversión

Se puede decir en términos generales que los costos de inversión comprenden todas las erogaciones hasta el momento en que el negocio empieza a producir beneficios. Pueden ser los estudios preliminares, compra de terrenos, construcciones, maquinaria y equipos, establecimiento de cultivos, compra de semovientes, etc.

Costos de operación

Cuando el negocio inicia la producción de beneficios, termina la fase de inversión y tiene lugar la fase de operación. En esta etapa, los costos que se causan se denominan costos de operación, y corresponden a las erogaciones rutinarias para que el negocio funcione: insumos, mantenimiento, servicios, administración, costos de ventas, etc.

Método para determinar los costos

El nivel de tecnología establecido para un cultivo da lugar a una serie de actividades, cada una de las cuales tiene unos costos, para determinarlos se establecen, en primera instancia, las unidades físicas requeridas expresadas en magnitud y número. Por ejemplo: fertilizantes requeridos: 300 kg/ha; para control de malezas: 25 jornales/ha.

Este patrón de actividades es más o menos constante para cada cultivo, de tal manera que una vez establecido se sigue utilizando hasta que se produzca un cambio tecnológico significativo.

Para cada ciclo del cultivo se establece el costo de cada unidad y de cada actividad, y para ello se toman los precios de mercado; estos precios son el elemento variable, y para cada época es necesario investigarlos.

Los costos de producción agrícola son un instrumento para tomar decisiones. Proveen la mejor información posible para disminuir el riesgo, y por esta razón es necesario construir costos de producción lo más cercanos a la realidad

La suma de todos los costos corresponde a los costos totales. Una vez que se establecen los costos totales y se conoce el número de unidades que se espera producir, se obtiene la relación entre los dos datos para obtener el costo por unidad producida.

Ejemplo:
Los costos totales de un cultivo ascienden a $1'500.000 pesos, el total de unidades producidas es de 2.500 kg, de tal manera que el valor por unidad productiva es igual a:

Costo Unitario = $1'500.000/2.500 kg = $600/kg

Si el precio del mercado de ese producto es de $800/kg, el negocio analizado es viable; si, por el contrario, fuese únicamente de $500/kg, el negocio no es rentable. Con estos datos el productor tiene elementos de juicio para tomar decisiones.

En la tabla 18 se relacionan los costos de producción para 1.000m^2 de tomate bajo invernadero, discriminando todas las actividades de producción, así: mano de obra, fertilizantes, plaguicidas, infraestructura y otros.

Tabla 19. Costos de producción de 2.272 plantas de tomate bajo invernadero de 1.000 m^2 .

Actividades	Producto utilizado	Unidad	1.000 m^2	Valor total
Mano de obra				
Transplante			3	45.000
Aporque			3	45.000
Fertilización			26	390.000
Tutorado			31	465.000
Deschuponado			29	435.000
Fertilización foliar			5	75.000
Poda de hojas			15	225.000
Descolgado			22	330.000
Poda de yema terminal			3	45.000
Control sanitario			15	225.000
Cosecha			24	360.000
Subtotal			**176**	**2.640.000**
Porcentaje de participación				**44,71**
Insumos	Materia orgánica	Kilos	350	56.000
Fertilizante	Cal Dolomitica	Kilos	100	18.000
	Sulfato de magnesio	Kilos	10	1.600
	Sulfato de potasio	Kilos	50	73.600
	Nitrato de calcio	Kilos	50	78.600
	10–20–20	Kilos	150	165.000
	17–6–18–2	Kilos	350	350.000
	Vicor 2	Kilos	50	63.900
	Folkabo	Kilos	1	15.000
	Nitrato de potasio	Kilos	200	400.000
	Foskaprin	Litros	1	15.000
	Nitro cal	Litros	4	50.000
	Fosfato de amonio DAP	Kilos	50	55.000
	Wuxal magnesio	Litro	1	25.000
	Micorrizas	Kilos	50	60.000
Subtotal				**1.285.700**
Porcentaje de participación				**21,78**

Plaguicidas	Benoagro	bolsa 100 g	3	27.300
	Curzate	Libra	1	15.000
Fungicidas y bactericidas	Koccide 1001	Kilo	1	18.100
	Cobrethane	Kilo	1	18.210
	Antracol	bolsa 400 g	1	15.000
	Previcur	Litro	1	100.000
	Kasumin	Litro	1	77.000
	Score	Frasco 500 cc	1	100.000
	Derosal	Frasco 500 cc	1	34.000
Subtotal				**404.610**
Porcentaje de participación				**6,85**
Insecticidas	Match	Frasco 500 cc	1	75.000
	Decis	Frasco 500 cc	1	50.000
	Dipel WG	Libra	1	80.000
	Capsialill	Frasco 500 cc	1	50.000
	Ecomix	Frasco 500 cc	1	16.000
	Polo	Frasco 500 cc	1	25.000
Subtotal				**296.000**
Porcentaje de participación				**5,01**
Otros	Semilla	plta	2.386	357.900
	Argollas	unidad	6.818	340.900
	Fibra	conos (9.000)	6	42.000
				740.800
Porcentaje de participación				**12,55**
Total				**5.367.110**
Imprevistos 10%				**536.711**
Porcentaje de participación				**9,09**
Gran total				**5.903.821**

Producción por planta	7 kg
Rendimiento por 1.000 m^2	15.904 kg
Porcentaje de pérdidas (-10%)	1.590 kg
Rendimiento neto	14.314 kg
Precio de venta de un kilo	$800
Costos de producción 1.000 m^2	$5.903.821
Costo de producción por planta	$2.598,50
Costo de producción de un kilo	$371
Utilidad de un kilo	$429
Ingreso 1.000 m^2	$11.451.200
Utilidad neta	$5.547.379
Rentabilidad	115,57%

Recordemos que si sé cuánto dinero gasté, sé cuanto gané

Tabla 20. Costo de Invernadero 1.000 m^2

Infraestructura	Unidad	Valor unidad	Valor total
Costo invernadero*	**1 m^2**	**9.000**	**9.000.000**
Riego**	1 m^2	1.400	1.400.000
Estacones***	300	3.500	1.050.000
Grapas****	1	4.900	4.900
Alambre N.º 12****	15	4.500	67.500
Total			**11.522.400**
Análisis de suelos			120.000

* El costo se puede diferir a 6 cosechas; **diferir a cinco cosechas;
***diferir a tres cosechas; ****diferir a cuatro cosechas.

Salud, seguridad y bienestar

Condiciones de trabajo y de los trabajadores

Uno de los ejes fundamentales de las Buenas Prácticas Agrícolas es la protección a los trabajadores de los predios agrícolas. Para esto se deben cumplir las especificaciones que se mencionan a continuación y, de manera anexa, toda la legislación relacionada con el tema.

Hay que subrayar que todos los trabajadores deben contar con contratos de trabajo, tener sus cotizaciones provisionales al día y tener un horario de trabajo establecido. Estas mismas exigencias se deben hacer al trabajar con contratistas. Se debe guardar copia de estos documentos en el predio.

Capacitación

- Todo el personal que labora en la finca debe recibir capacitación en las labores que realiza.
- Todo el personal, tanto permanente como temporal, debe recibir capacitación básica sobre higiene para el manejo de los productos. Se debe dar especial énfasis a la higiene de las manos, la protección de cortes en la piel y la limitación de fumar, comer y beber en los lugares permitidos.
- Todo el personal que trabaje con productos fitosanitarios debe recibir una capacitación especial referida a la preparación, manipulación y aplicación de fitosanitarios, y al uso del equipo de protección personal y de los equipos de aplicación.
- Las normas entregadas en las actividades de capacitación deben ser proporcionadas por escrito y de manera entendible para el personal.
- Esta capacitación debe ser efectuada por cualquier institución, profesional o monitor con experiencia comprobable en el tema.
- Cada capacitación debe quedar registrada y contar con un certificado de asistencia o aprobación. Se debe indicar tema de capacitación, fecha, encargado de la capacitación, nombre y firma del participante. Estos documentos deben quedar archivados.
- Cada vez que ingrese un nuevo trabajador, o que una persona sea removida de una función a otra, debe capacitarse en su nueva labor.

Seguridad

- Se debe desarrollar un plan de acción que promueva condiciones de trabajo seguras y saludables.
- Deben prepararse procedimientos para casos de emergencia y accidentes. Estas indicaciones deben estar escritas y ser de fácil entendimiento para los trabajadores. Se deben incluir los teléfonos de emergencia para incendios, accidentes, intoxicaciones, etc.

- Los distintos peligros que se presenten en el predio deben ser claramente identificados mediante señalizaciones.
- Debe haber botiquines equipados adecuadamente en el lugar donde se realice alguna labor. La ubicación del botiquín debe ser de fácil acceso y conocida por el personal.
- Los trabajadores deben contar con el equipamiento necesario para su protección personal según las labores que realicen. Esta condición reviste especial importancia en el caso de manipulación de productos fitosanitarios.
- Las maquinarias y equipos de trabajo, y los equipos eléctricos deben mantenerse en buen estado. Se les debe realizar revisiones periódicas para evitar accidentes de los trabajadores.

Servicios básicos para el personal

- En todas las jornadas se debe de contar con agua potable o potabilizada destinada a la bebida y lavado de manos del personal (figura 242).
- El agua debe ser distribuida por medios sanitariamente adecuados. En caso de utilizar envases:
  - Deben estar limpios, exterior e interiormente.
  - No deben tener sedimentos en su interior.
  - Deben tener una llave dispensadora para sacar el agua.
  - Se deben mantener sobre alguna estructura que evite su contacto con el suelo.
  - El agua debe estar limpia, fría y sin olores extraños.
  - Los bidones con agua de bebida deben mantenerse a la sombra.
- Se debe disponer de baños fijos o móviles para el personal. Éstos deben mantenerse en buen estado y limpios; deben estar en número adecuado para la cantidad de trabajadores y ser de fácil acceso (figura 243).

Figura 242. Agua potable

Figura 243. Baños para uso del personal que labora en el predio

- Los baños deben ubicarse a más de 100 m de fuentes o cursos de agua.
- Todos los baños deben contar con un sistema de recepción de aguas servidas. No se puede verter esta agua a cursos de agua o directamente en los campos.
- Cualquiera que sea el tipo de baños existente en la finca, se debe cumplir con las siguientes normas mínimas de higiene:

  - Deben ser fáciles de lavar y deben mantenerse siempre limpios, interior y exteriormente.
  - Si los baños se utilizan durante faenas nocturnas, deben tener iluminación.
  - Las puertas deben cerrar bien.
  - Deben contar con basureros con tapa.
  - Deben contar con dispensador de papel higiénico.
  - Deben tener señalización que indique la obligación de lavarse las manos después de usar el baño.
  - No deben contaminar el suelo, agua, materiales ni equipos, por ejemplo a través de filtraciones.
- A la salida de los baños debe haber instalaciones para el lavado de manos. Deben contar con los siguientes elementos mínimos:
  - Agua potable o potabilizada. Puede estar contenida en un recipiente de plástico, cerrado y con llave dispensadora para sacar el agua.
  - Dispensadores de jabón.
  - Elementos para secado de manos, los cuales deben ser desechables.
- Se debe elaborar un programa de limpieza de los baños que incluya productos, dosis, frecuencia de aplicación, persona encargada y lista de verificación. Se debe llevar un registro de esta actividad.
- Aquellos predios que cuenten con colectivos o viviendas para el personal, deben cumplir con lo siguiente:
  - Mantenerlos en buen estado, limpios, bien ventilados y con una iluminación adecuada.
  - Tener piso liso.
  - Contar con servicios higiénicos (baños y duchas) de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente.
  - Se debe contar con un programa de higiene del lugar y se debe incluir en el programa de control de vectores y plagas.
- Deben existir instalaciones básicas para la alimentación del personal. Se puede disponer de comedores fijos o móviles, los cuales deben:
  - Mantenerse limpios y ordenados.
  - Contar con basureros con tapa.
  - Tener agua potable o potabilizada para el lavado de manos del personal.
  - Contar con un medio de conservación de los alimentos, cocinilla y lavaplatos cuando los trabajadores deban llevar su alimento.
  - Ubicarse en áreas protegidas del sol o de otros factores climáticos (viento, lluvia, etc.).
  - Existir un programa de limpieza del recinto. En él se debe documentar la forma de limpieza, los productos, dosis y frecuencia de aplicación, y el encargado de ello.
  - Las superficies de las mesas deben ser lavables y deben permanecer limpias.

Medidas de higiene

- El personal debe respetar las medidas de higiene e inocuidad dispuestas por el predio.

Se debe desarrollar un plan de acción que promueva condiciones de trabajo seguras y saludables.

- El personal debe conocer las distintas señales educativas presentes en el predio y respetar lo que se quiere de ellas, en lo referente a medidas de higiene ("Lávese las manos"; "Use los baños"), restricción de acceso a lugares prohibidos y zonas habilitadas para comer y fumar.
- El personal con enfermedades contagiosas o con síntomas de ellas (diarrea, vómito, etc.), debe dar aviso al encargado, y no trabajar manipulando producto fresco.
- Las visitas que lleguen al recinto deben cumplir con las mismas exigencias que el personal que labora en él.

Vías de intoxicación por plaguicidas en el organismo humano

Los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo humano por varias vías: por ingestión (vía oral), por inhalación (por la nariz), y por contacto con la piel (vía dérmica) y los ojos. Usualmente los trabajadores agrícolas solamente tienen claro el concepto de la intoxicación por vía oral.

Vía oral o ingestión: es la vía que generalmente produce las consecuencias más graves. Se presenta en intoxicaciones accidentales por diversas causas como son:

- Comer, beber o fumar con las manos (o los guantes) contaminados.
- Consumir alimentos contaminados. Los alimentos pueden contaminarse en el almacenamiento o durante el transporte, o por guardar alimentos, aguas u otras bebidas en recipientes que han contenido plaguicidas, etc. Igualmente, se consumen alimentos contaminados cuando no se tienen en cuenta los plazos recomendados entre la última aplicación del plaguicida y la cosecha (periodo de carencia).
- Por errores o confusiones que se presentan por reenvasar plaguicidas en recipientes de alimentos o bebidas. Por ejemplo, un plaguicida líquido en una botella de cerveza o gaseosa, un polvo blanco en un tarro de leche en polvo, etc.
- Por tratar de destapar las boquillas o los filtros de los equipos soplándolos.

Vía respiratoria: Puede presentarse por causas tales como:

- Preparar mezclas y cargar los equipos de aplicación con productos tóxicos y volátiles en ambientes cerrados o con baja ventilación, especialmente en climas cálidos.
- Preparar mezclas o cargar los equipos con productos en polvo, expuesto al viento.
- Aspirar la nube de aspersión. Esta circunstancia se da sobre todo al hacer aplicaciones en ambientes cerrados como bodegas o invernaderos o a cultivos altos (arriba de la cintura del aplicador o mayores).
- Aspirar la nube de polvo al aplicar sustancias sólidas para espolvoreo.
- Aspirar los vapores o gases de productos de fumigación, bien sea al momento de la aplicación o después.
- Aspirar nieblas finas como las producidas por aerosoles o termonebulizadores.
- Aspirar humos o vapores procedentes de incendios en los cuales estén involucrados plaguicidas o de quemas de envases contaminados.
- En las bodegas o almacenes, aspirar vapores tóxicos, procedentes de recipientes mal cerrados o rotos, o de derrames no limpiados oportunamente.
- Usar respiradores inadecuados o filtros contaminados.

Por la vía respiratoria es que se presentan efectos más rápidamente y éstos generalmente son graves. Cuanto más pequeñas sean las partículas suspendidas en el aire, más fácil y profundamente penetran por esta vía. Partículas menores de 10 micras pueden llegar hasta el alvéolo pulmonar. Partículas de 50

a 100 micras son retenidas por la cavidad nasal y se absorben por las mucosas. La superficie de absorción de los pulmones es de unos 70 metros cuadrados y el alvéolo pulmonar, donde se produce el intercambio de gas carbónico y el oxígeno en la sangre, sólo presenta una capa de células, de modo que los gases, vapores, humos o partículas en general que logren llegar al alvéolo, se incorporan fácilmente en la sangre.

Vía dérmica: Es la vía más frecuente de intoxicación ocupacional con plaguicidas. Se estima que un 90% de las intoxicaciones ocupacionales se presentan por esta vía. La intoxicación por vía dérmica ocurre por causas tales como:

- Derrames o salpicaduras en la piel de productos concentrados (por ej.: al medir los productos o tanquear los equipos de aplicación) o diluidos (por ej.: por fugas en los equipos de aplicación, tanques, mangueras o conexiones).
- Por exposición continuada a la nube de aspersión o a su depósito.
- Por el uso de ropas o elementos de protección contaminados o rotos.
- Por tocarse la piel con los guantes contaminados (por ej.: para limpiarse el sudor o quitarse el respirador.
- Por malos hábitos de higiene o carencia de ellos.
- Por reparar equipos de aplicación contaminados.

La piel es una buena barrera contra algunas sustancias, pero también puede absorber otras que entran en contacto con ella; no todas las zonas del cuerpo humano tienen la misma capacidad de absorción. En ensayos hechos con productos organofosforados se encontró que la parte externa del antebrazo era la de menor absorción; en comparación, la absorción por la cara y el cuero cabelludo es unas cuatro veces mayor, por el abdomen unas dos veces mayor y en la región genital casi doce veces mayor.

Los ojos, la lengua y la boca tienen también una gran capacidad de absorción. Las heridas, raspaduras e infecciones en la piel, así como la sudoración, aumentan la capacidad de absorción.

La formulación de un plaguicida también influye en la facilidad con que es absorbido por la piel. Las formulaciones líquidas que contienen solventes, como los concentrados emulsionables, penetran más rápidamente que las formulaciones secas como los granulados, polvos mojables o de espolvoreo, etc. Los ingredientes activos que son solubles en grasas (liposolubles) penetran más fácilmente por la piel.

Cuando hay contaminación de la piel, la probabilidad de intoxicación aumenta en proporción con el área contaminada y con el tiempo que transcurra entre la contaminación y el lavado de la piel.

Es necesario el uso de la ropa de protección puesto que los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo humano por varias vías: ingestión (vía oral), inhalación (nariz) y contacto con la piel (vía dérmica) y los ojos. Los trabajadores agrícolas necesitan tener capacitación sobre estos y los distintos temas que necesite para desempeñarse adecuadamente en la unidad productiva.

Registros y trazabilidad

Establecer un sistema documentado de implementación de trazabilidad

Un sistema de trazabilidad hace parte de las Buenas Prácticas Agrícolas (véase norma NTC 5400:2005), por tanto contribuye al logro de la inocuidad alimentaria, porque permite a los productores, fabricantes y autoridades sanitarias seguir la pista de un alimento desde su origen hasta que llega a manos del consumidor, incluyendo las materias primas y el material de empaque; contribuye además a que las autoridades sanitarias activen la red de alerta alimentaria e inmovilicen rápidamente los productos inseguros y, si es necesario, los retiren del mercado, cuando se tengan sospechas fundadas de que un alimento puede causar problemas de salud. Igualmente, a los productores y fabricantes les sirve para localizar rápidamente un lote problemático, de manera que el resto de la producción no se vea afectado.

A los consumidores les da tranquilidad saber que, si surge una inconformidad con el producto, pueden utilizar su derecho de reclamación y asegurar la toma de acciones correctivas, además del derecho que tienen a recibir información sobre el origen y otros datos esenciales del alimento que les permitan decidir si consumen o no ese producto.

En términos de implementación, la trazabilidad se inicia con la identificación de la finca y los respectivos lotes de producción. Se recomienda elaborar un plano topográfico que permita visualizar toda el área, ubicar la infraestructura, las vías de acceso, los nacimientos y corrientes de agua, las áreas cubiertas con bosque y cada uno de los lotes. En forma complementaria se debe elaborar documentación que registre todas las actividades que se desarrollen en el predio en función de obtener el producto.

Esta información, además de permitir rastrear el producto, permite hacer seguimiento y tener control sobre las diferentes operaciones que se realizan en la unidad productiva, y con base en ello establecer los planes de mejoramiento continuo.

Para implementar un sistema de trazabilidad se requiere establecer una codificación que permita identificar el producto, el lote, la finca, la comercializadora y las personas que participan en el proceso, de tal manera que en cualquier momento sea posible hacer el rastreo.

Plan de manejo de documentación y registro

Los planes operativos estandarizados, el manual de procedimientos y los instructivos son documentos que permiten unificar criterios en torno al objetivo y la forma de realizar cada una de las actividades, para evitar pérdidas de recursos y de tiempo. Los procedimientos deben ser realizados bajo los lineamientos de manejo de documentación contenidos en la Norma ISO 9000 versión 2000. Los instructivos y procedimientos deben contener:

- Definición y alcance: describir lo que se quiere hacer. Objetivo: Es el propósito que se espera alcanzar.

- Contenido: describe la forma, cómo, con qué y la frecuencia como se deben realizar las diferentes tareas u operaciones que, en su conjunto, permitirán lograr el objetivo.
- Documentos de referencia que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del instructivo o procedimiento.

Los procedimientos o instructivos principales que se requieren elaborar para BPA son:

- Obtención de semillas de calidad.
- Toma de muestras de suelos.
- Aplicaciones de fertilizantes.
- Aplicaciones de productos fitosanitarios.
- Operaciones de cosecha.
- Operaciones de manejo poscosecha.
- Preparación del terreno para la siembra.

Los formatos de registros son documentos de especial importancia en los que se guarda información sobre cada una de las labores que se realizan en las diferentes etapas de la cadena, que le sirven al empresario para evaluar su desempeño y aplicar correctivos para mejorar en forma continua. Con vistas a implementar Buenas Prácticas Agrícolas, se recomienda registrar la información por lotes. Los registros principales en las BPA son:

Libro diario de actividades
El formato debe contener, como mínimo: en el encabezado el nombre de la finca, la ubicación (vereda, municipio), el lote, el cultivo, la variedad, la fecha de siembra, si se trata de árboles el número de plantas, y las distancias de siembra. En el cuerpo del formato debe consignarse:

- La fecha.
- La actividad.
- Las horas o jornales invertidos.
- Los insumos utilizados describiendo el nombre de cada uno, la cantidad aplicada y el nombre del responsable de la aplicación.

Registro de aplicación de fertilizantes
Este formato debe contener en su encabezado el nombre de la finca, la vereda y el municipio; el propietario, el cultivo, el lote, la especie, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener:

- Fecha
- Nombre del fertilizante
- Presentación
- Justificación de la aplicación
- Dosis
- Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación

Registro de aplicación de abonos orgánicos
Los registros para las aplicaciones de abonos orgánicos, en su encabezado, deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener:

- Fecha
- Nombre del abono orgánico
- Registro ICA
- Presentación (líquido, sólido)
- Justificación de la aplicación
- Dosis
- Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación

Registro de nuevas siembras
Los registros para nuevas siembras en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener:

- Fecha de siembra
- Distancias
- Procedencia (de la misma finca o comprado en viveros)
- Certificación o Registro sanitario
- Cantidad de plantas
- Edad
- Nombre de la persona responsable de la compra

Registro de aplicaciones de productos fitosanitarios:
Los registros para las aplicaciones de productos fitosanitarios en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico; El cuerpo del formato debe contener:

- Fecha
- Nombre del producto fitosanitario
- Ingrediente activo
- Presentación (líquido, sólido)
- Categoría toxicológica
- Justificación de la aplicación
- Dosis
- Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación

Registro de cosecha:
Los registros para la cosecha en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener:

- Fecha de cosecha
- Lote
- Total de kilos cosechados
- Calidades (Primera, segunda, terceras)

Los formatos de registros son documentos de especial importancia en los que se guarda información sobre cada una de las labores que se realizan en las diferentes etapas de la cadena, que le sirven al productor para evaluar su desempeño y aplicar correctivos para mejorar en forma continua.

- Rechazos o pérdidas poscosecha
- Destino del producto
- Nombre del operario que supervisó la cosecha

Otros registros:
En las unidades productivas también se recomienda llevar registros sobre:

- Aplicaciones de productos protectantes, desinfectantes o desinfectantes de fruta en poscosecha.
- Registro de visitantes a la unidad productiva.
- Registro de capacitaciones del personal de apoyo.

Planes y procedimientos para la obtención de materiales de propagación

Con base en la reglamentación nacional y que propende por la calidad de los materiales de propagación, en cuanto a resistencia a plagas y enfermedades, se recomienda elaborar un plan que describa en forma precisa los procedimientos para obtención de materiales de propagación.
Si la decisión es producir material en la unidad productiva porque la especie así lo permite, se debe elaborar un procedimiento o instructivo escrito, el cual como mínimo debe contener:

- Título: Procedimiento para la selección, obtención o tratamientos del material de propagación.
- Definición y alcances.
- Objetivo.
- Contenidos:
  - Procedimiento para la selección de plantas madre.
  - Procedimiento para la obtención del material de propagación (semillas, acodos, colinos, esquejes, estacas).
  - Procedimiento para la desinfección del material de propagación.
  - Procedimiento para el almacenamiento del material de propagación.
- Si la decisión es comprar el material de propagación, se debe asegurar que le garanticen calidad genética, calidad sanitaria, calidad fisiológica y calidad acorde con la oferta ambiental (suelo y clima).

En todos los casos de compra de material de propagación vegetal, exija los documentos que acreditan al vendedor como ente autorizado con su respectivo registro ICA y que le aseguren calidad. Recuerde que el inicio de un cultivo con calidad de semilla garantizada le asegura un 50% del éxito del negocio.

Medio ambiente

Los agricultores deben demostrar que las actividades que realizan impactan mínimamente la flora, la fauna y el entorno. Igualmente deben poner en práctica los programas regionales de acuerdos de producción más limpia, conservación de suelos y protección del medio ambiente y mantenimiento de la biodiversidad.

Impacto ambiental derivado de la explotación de recursos agropecuarios

El problema ecológico y la crisis ambiental surgen del hecho de que los seres humanos pueden intervenir activamente el medio para satisfacer sus necesidades, y a través de ello están causando mucho daño al medio y a todos los seres vivos que dependen de ese medio.

La intervención de la humanidad sobre la naturaleza se ha ampliado en la era moderna como consecuencia del desarrollo científico y tecnológico. Algunas personas han sometido la naturaleza a una sobreproducción, explotando recursos naturales renovables y no renovables de manera incontrolada, de este modo, han puesto en peligro la vida sobre el planeta.

Las actividades agrícolas y las de ganadería contribuyen a la contaminación del ambiente. El desequilibrio ecológico que se genera al introducir labores agrícolas en un ambiente produce tal desajuste que da lugar a la propagación de plagas que atacan las cosechas. Para poder combatir las plagas, se desarrolló la producción de plaguicidas (fungicidas, herbicidas, insecticidas, bactericidas), sustancias capaces de acabar también con la vida de cualquier especie vegetal y animal.

Infortunadamente, los plaguicidas matan la plaga pero ocasionan los siguientes problemas:

- Interfieren en el equilibrio ecológico porque dañan especies que no tienen nada que ver con el cultivo.
- Entran en la cadena alimentaria a través de los consumidores de primer orden como son los herbívoros, y luego causan daños a las personas.
- Ocasionan daños en la salud de los seres humanos como intoxicaciones o dermatitis, cuando se consumen vegetales que han sido irrigados por plaguicidas.
- Contribuyen a la contaminación del agua, cuando se infiltran hacia aguas subterráneas que surten ríos y lagos.

Por su parte, los fertilizantes son sustancias químicas producidas por la industria con el fin de suministrar nutrientes al suelo, como sales nitrogenadas, fosfatadas o de potasio, calcio, magnesio y azufre, para favorecer las cosechas y aumentar la productividad vegetal.

La contaminación del suelo, aire y agua por la utilización de fertilizantes se debe principalmente a:

- La utilización indiscriminada del fertilizante por parte de los agricultores en los cultivos.
- La forma de distribución del fertilizante sobre grandes extensiones agrícolas.
- Los nitritos presentes en los fertilizantes pueden provocar enfermedades graves como el cáncer.
- Por su parte, la tala de árboles crea un desequilibrio ecológico, y la quema para renovar los pastos destruye la materia orgánica que enriquece los suelos, y promueve la extinción de animales y plantas.
- Las especies desarrollan resistencia a los plaguicidas cuando son utilizados con mucha frecuencia, de ese modo, las concentraciones de estas sustancias se aumentan para que sean efectivas contra la plaga.

Actividad agropecuaria en Colombia

La agricultura en Colombia se considera irracional porque viola los principios que regulan los sistemas ecológicos, produce grandes impactos en el medio ambiente, como la tala y quema de bosques con el objeto de aprovechar las tierras para el cultivo; se cultiva en zonas no adecuadas, lo cual genera agotamiento en la fertilidad de los suelos, y deterioro de los suelos agrícolas por el abuso de los fertilizantes e insecticidas y el uso de tecnología inapropiada.

Alternativas de solución

- Alternar diferentes cultivos para disminuir la degradación del suelo.
- Usar enemigos biológicos naturales para combatir las plagas sin dañar el ambiente.
- Desarrollar cepas vegetales resistentes a los insectos por ingeniería genética, en vez de insecticidas
- Evitar la tala y quema indiscriminada, para proteger el suelo de la erosión.
- Controlar la deforestación. En caso necesario, hacerlo en la medida y cantidad de suelo que se requiera, dejando zonas boscosas que sirvan de refugio a la fauna del lugar.

Para regular el uso irracional de los recursos, la Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare-CORNARE-, a través de un proceso en el cual participó ampliamente la comunidad, los entes territoriales, las ONG, y las entidades públicas y privadas, formuló su Plan de Gestión Ambiental Regional "Oriente Antioqueño, región desarrollada y limpia" 1998- 2006.

El Plan de Gestión Ambiental Regional -PGAR- para el Oriente antioqueño constituye un instrumento de planeación de mediano y largo plazo que orienta las acciones y responsabilidades de quienes habitan y actúan en la región, en torno a la consecución de un desarrollo sostenible, con una proyección al año 2020.

En el plan de gestión ambiental se contemplan acuerdos dirigidos a la protección y regulación del recurso hídrico y del recurso suelo, la conservación de la cobertura boscosa en un 80% del total del área y la conservación de la densidad máxima de ocupación de una vivienda por hectárea en la zona de aptitud forestal. Igualmente, se plantea en los artículos segundo y tercero del Acuerdo 016, cuáles zonas son consideradas de protección, que presentan limitaciones lo suficientemente severas para restringir su uso; así mismo, en las zonas de protección se permiten únicamente usos y actividades de conservación de los recursos naturales, enriquecimiento forestal, manejo de la sucesión vegetal o reforestación, preferiblemente

con especies nativas y con fines de protección, investigación, educación e interpretación ambiental. Las zonas de protección son las que presentan las siguientes características:

1. Pendiente superior al 75%.
2. Alto riesgo de desastre.
3. Cobertura en bosque natural primario.
4. Áreas de retiro de los cauces de la red hídrica.
5. Relieve escarpado con condiciones de susceptibilidad alta al deterioro.

Todos los acuerdos firmados por la entidad rigen a partir de su publicación, y son de amplia circulación en el departamento de Antioquia.

La planeación Ambiental orienta las acciones y responsabilidades de quienes habitan y actúan en un contexto buscando un desarrollo sostenible.

Glosario

Abono orgánico o fertilizante orgánico: Producto de la transformación de residuos orgánicos en humus, por la acción de diversos organismos (Bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc.) que provee elementos nutritivos, mejora la estructura, porosidad, retención de agua y aire del suelo y aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades.

Agua de escorrentía: Agua superficial proveniente de precipitaciones o de riego, que corre libremente en sentido de la pendiente y se constituye en un aporte a los cauces superficiales.

Agua de riego: La que se aplica artificialmente a los cultivos en las operaciones de riego. No incluye las aguas de lluvia.

Agua potable: Agua apta para consumo humano que cumple con las especificaciones de la legislación nacional vigente.

Agua servida: Desechos líquidos provenientes del uso domestico, que llevan disueltas o en suspensión materias orgánicas e inorgánicas que proviene de la descarga de sumideros, fregaderos, inodoros, cocinas o lavanderías.

Alimento contaminado: Alimento que contiene agentes y/o sustancias extrañas, de cualquier naturaleza, en cantidades superiores a las permitidas en las normas nacionales o, en su defecto, normas reconocidas internacionalmente.

Análisis de laboratorio: Operación técnica que consiste en la determinación de una o varias características o condición de un producto, sustrato o sustancia por medio de un procedimiento específico.

Análisis de peligros: Proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para determinar los que son importantes respecto de la inocuidad de los alimentos.

Análisis de riesgos: Enfoque para la toma de decisiones basado en la ciencia, que separa la totalidad del riesgo en tres componentes: evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación del riesgo.

Análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC): Sistema que identifica, evalúa y controla los peligros más importantes para la inocuidad de los alimentos.

Área de acopio: Lugar donde se recopila o acoge el producto agrícola para su selección, clasificación, evaluación, inspección, distribución o comercialización.

Biodiversidad: Diversidad de seres vivientes y especies en la tierra.

Buenas prácticas agrícolas (BPA): Conjunto de prácticas para el mejoramiento de los métodos convencionales de producción agrícola haciendo énfasis en la inocuidad del producto para asegurar su buena condición fitosanitaria y reducir los riesgos de contaminación biológica, química y física, con el menor impacto de las prácticas de producción sobre el medio ambiente, la fauna, la flora y la salud de los trabajadores.

Calibración: Operación de comparar el resultado de un equipo de medida frente el resultado de un patrón de exactitud conocida cuando el mismo resultado es aplicado a ambos equipos. Durante el proceso de calibración el equipo debe ser verificado para un conjunto de puntos representativos de todo su rango de medida.

Certificación: Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional,

Certificación de BPA: Procedimiento por el cual un organismo de certificación reconocido se asegura que un proceso de producción agrícola se ajusta a lo dispuesto en un reglamento nacional o internacional sobre Buenas Prácticas Agrícolas.

Certificado de BPA: Documento expedido por un organismo de certificación, para hacer constar que un proceso de producción de frutas y hortalizas y hierbas aromáticas cumple con las especificaciones de normas o reglamentos nacionales o internacionales.

Codex Alimentarius (Código alimentario): Conjunto de normas alimentarías y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas, desarrollados bajo el programa conjunto FAO/OMS de normas alimentarías. Las materias principales de este programa son la protección de la salud de los consumidores, asegurar unas prácticas de comercio claras y promocionar la coordinación de todas las normas alimentarías acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

Compostaje: Proceso al que se someten los sustratos orgánicos que a través de procesos bioxidativos controlados, incluyendo una etapa inicial termofílica, estabiliza la materia orgánica, elimina olor y reduce el nivel de patógenos.

Contaminante: Cualquier agente físico, biológico, químico, materia extraña u otras sustancias en los alimentos que representen un riesgo para la salud del consumidor.

Desinfectante: Sustancias germicidas utilizadas para eliminar o reducir drásticamente los contaminantes biológicos asociados a equipos, herramientas o productos agrícolas (frutas y hortalizas).

Desinfección: Tratamiento físico y químico aplicado a las superficies limpias en contacto con el alimento, con el fin de destruir las células vegetativas de los microorganismos que pueden ocasionar riesgos para la salud y reducir sustancialmente el número de otros microorganismos indeseables, sin que dicho tratamiento afecte adversamente la calidad e inocuidad del alimento.

Desinfectar: Reducir el número de microorganismos presentes en las frutas y hortalizas así como en los utensilios que entran en contacto con las mismas, por medio de agentes químicos o métodos físicos, a un nivel que minimice los riesgos a la salud del consumidor.

Diagrama de flujo: Esquema que ilustra de manera gráfica la secuencia de operaciones a realizar para la producción de frutas y hortalizas frescas, desde la selección y preparación del terreno, hasta la cosecha y, en su caso, selección, almacenamiento y transporte.

Drenaje: Canal natural o artificial cuya función es recoger y guiar el agua sobrante proveniente de lluvias, de riego o de lavado para impedir que la escorrentía erosione el suelo al arrastrar la capa vegetal o contamine fuentes de agua superficiales.

Enfermedad transmitida por alimentos (ETA): Toda enfermedad transmitida a las personas a través de alimentos contaminados.

Enmienda: Toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de por lo menos un característica, física, química o biológica del suelo.

Evaluación de riesgo de plagas: Evaluación de la probabilidad de entrada, radicación o propagación de plagas o enfermedades en el cultivo o en la planta.

Fertilizante o Abono: Producto que aplicado al suelo o a las plantas, suministra a estas uno o mas nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Higiene de los alimentos: Todas las condiciones y medidas necesarias para asegurar la inocuidad y la aptitud de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaría.

Inocuidad de los alimentos: Garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que están destinados.

Impacto ambiental: Impacto positivo o negativo que ejerce el hombre o los procesos agrícolas sobre el ambiente, suelos, agua, o el aire.

Infestación: Presencia y multiplicación de plagas que pueden contaminar o deteriorar los las plantas, frutas, hortalizas o cualquier vegetal.

Insumo agrícola: Todo material utilizado en la producción agrícola primaria como semillas, plántulas, agroquímicos o bioinsumos.

Instructivo: Documento que contiene instrucciones básicas precisa para desarrollar un proceso o una actividad

Laboratorio aprobado: Laboratorio nacional o extranjero aprobado, autorizado o acreditado por la autoridad competente que posee la idoneidad necesaria para llevar a cabo, en forma general, la determinación de las características, aptitud o funcionamiento de materiales o productos.

Labranza mínima: Práctica consistente en remover y aflojar la tierra solo donde se va a sembrar, con el fin de conservar la estructura del suelo, evitar su compactación, aumentar la fertilidad y ahorra mano de obra, agua e insumos.

Laminas de agua: Cantidad de agua que cae sobre u a superficie determinada. La lámina se expresa comúnmente en milímetros y se calcula como el volumen de agua en litros sobre el area de influencia en metros cuadrados.

Limite máximo de residuos (LMR): Cantidad máxima legalmente permitida de un plaguicida en o sobre alimentos

Lixiviación: Migración de materiales del suelo arrastrados por líquidos percolados

Manejo agronómico: Conjunto de prácticas utilizadas para crear o proporcionar las condiciones adecuadas para el desarrollo de un cultivo.

Manejo integrado de plagas (MIP): Aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, físicas, etológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o de selección de vegetales de modo que la utilización de productos fitosanitarios químicos se limite al mínimo necesario para mantener la población de la plaga en niveles inferiores a los que producirían daños o perdidas inaceptables desde u punto de vista económico.

Manual de procedimientos: Documento en el cual se especifican los procedimientos que se aplican en un proceso de producción agrícola.

Material de propagación: Órgano o tejido vegetal de origen sexual o asexual que da origen a una nueva planta.

Metales pesados: Elementos como cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo (Cr), Níquel (Ni), plomo (Pb), con características de bioacumulación en el medio ambiente y toxicidad, para las plantas y los animales. Su presencia limita la sostenibilidad del recurso y la posibilidad de reutilizarlo en la agricultura y otros usos.

Microorganismo patógeno: Organismo microscópico que produce enfermedades a los seres vivos.

Muestreo: Selección de partes representativas del proceso de producción o producto agrícola que sirven para verificar la aplicación y eficiencia de BPA mediante la inspección, análisis, diagnóstico de laboratorio o examen documental de las mismas.

Pasteurización: Tratamiento que consigue la destrucción de microorganismos sensibles al calor. No es sinónimo de esterilización por que no destruye todos los microorganismos. En la pasteurización se emplean temperaturas inferiores a100^{o}C, suficientes para destruir las formas vegetativas de un buen número de microorganismos patógenos y saprofitos.

Periodo de carencia: Tiempo legalmente establecido, expresado usualmente en número de días que debe transcurrir entre la última aplicación de un plaguicida y la fecha de cosecha.

Plaga: Todo tipo de organismo vivo que pueda causar un daño económico o deterioro a humanos, instalaciones, cosechas y productos a granel. Estas pueden ser de origen animal o vegetal, como aves, mamíferos pequeños, artrópodos, malezas y algunos moluscos.

Plaguicida: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, repeler, destruir o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera.

Plano: Representación gráfica, a escala y con precisión de una parte de la superficie terrestre, mediante un sistema de coordenadas que permita referenciarlo con respecto a un origen.

Plan de Organización Territorial (POT): Instrumento mediante el cual los municipios, distritos y áreas metropolitanas integran y proyectan en su territorio, las políticas y las estrategias económicas, sociales, ambientales y culturales, con el fin de lograr la coherencia entre sus objetivos de desarrollo y los procesos de uso y ocupación del territorio.

Plántulas: Plantas en sus primeros estados de desarrollo procedente de semilla, que se usa para la propagación de la especie.

Practicas culturales: Prácticas comunes al buen manejo de la tierra y el agua, fauna benefica, rotación de cultivos, preparación del suelo, cultivos trampas, cultivos asociados, control de época de siembra y de cosecha.

Procedimiento: Manera especifica de realizar una actividad. Contiene los propósitos y alcance de una actividad; lo que debe hacer y quien lo debe hacer; cuando, en donde y como se debe hacer; que materiales, equipos y documentos se deben usar; y como se controlará y se registrará dicha actividad.

Proceso de producción agrícola: Conjunto de actividades relativas al cultivo, cosecha, selección, almacenamiento y transporte de un producto agrícola.

Productos fitosanitarios y biológicos: Productos utilizados en la producción de plantas vegetales comestibles y que pueden ser sustancias químicas o agentes biológicos.

Protección fitosanitaria: Proceso para la toma de decisiones con el fin de reducir el riego de ataque, entrada y de establecimiento de una plaga en un cultivo.

Rastreabilidad (trazabilidad): Procedimiento para seguir el movimiento de un alimento (producto) mediante el cual se puede acceder a la información pertinente de los procesos o tratamientos realizados a un producto en cualquier fase de la cadena, desde su origen hasta su consumo, que puedan incidir en su inocuidad. Representa la capacidad de determinar el origen del producto, el lugar donde fue producido, los insumos y prácticas de producción y poscosecha que se le aplicaron, así como determinar su ubicación específica en la cadena de suministro a través de registros.

Registro: Documento que contiene evidencia objetiva y demuestra como se están realizando las actividades y que tipos de resultados se esta obteniendo.

Residuo de plaguicida: Cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, como consecuencia del uso de un plaguicida. El término incluye cualquier derivado de un plaguicida, como productos de conversión, metabolitos, y productos de reacción y las impurezas de importancia toxicologica.

Residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos): Residuos orgánicos son todos los residuos sólidos biodegradables, provenientes de la preparación y consumo de alimentos, de la poda de árboles y áreas verdes, estiércol, así como otros residuos sólidos susceptibles de ser utilizados como insumo en la producción de compost. Los residuos inorgánicos son todos aquellos que pueden ser sometidos a un proceso de valorización para su reutilización y reciclaje, tales como vidrio, papel, cartón, plástico, laminados de materiales

reciclables, aluminio y metales no peligrosos y demás no considerados como de manejo especial.

Responsable técnico: Persona encargada de vigilar la administración de un proceso de producción agrícola y la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas BPA en la unidad de producción, de acuerdo a los lineamientos de esta norma.

Selección: Procedimiento mediante el cual se clasifica y acondiciona un producto agrícola, con el objeto de minimizar riesgos sanitarios y fitosanitarios.

Semilla: Embrión vegetal en estado latente acompañado o no de un tejido nutricional y protegido por una cubierta. Material de propagación sexual formado por la unión de un gameto masculino y otro femenino (óvulo)

Sustrato: Son materiales orgánicos o inorgánicos usados como soporte para la producción de plántulas o cultivos en reemplazo del suelo, pueden ser de origen industrial, mineral o agropecuario.

Unidad de producción: Conjunto de áreas de cultivo, instalaciones y equipos aptos para producir, seleccionar, almacenar y transportar frutas y hortalizas frescas con Buenas Prácticas Agrícolas.

Bibliografía

ABI SADE. 1997. Cultivo bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot. Israel. 144 pp.

AGRICULTURA DE LAS AMÉRICAS. 2001. Hortalizas en condiciones protegidas. En: Revista Horticultura. Proyecto de asistencia técnica sostenible. Gobierno de Japón. Junio. 5 pp.

ARIAS, K. 2003. Tomate comercio internacional. En: Dirección de mercadeo y agroindustria. Servicio de información y de mercados. Informe No. 3. Costa Rica. 4 pp.

ÁVILA C.; VELANDIA, J. y LÓPEZ A. 1999. Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-, División de Sanidad Vegetal. Unidad de Proyectos de Prevención. Boletín N.º 16. Bogotá. 68 pp.

AZROM. 2004. Invernaderos innovaciones agrícolas. Israel. 41 pp.

BARBOSA D. R. y NEVILLE V. 2000. VI Curso internacional de Producción de Hortalizas. Octubre a noviembre de 2000. Brasilia (Brasil). 27 pp.

BARÓN, C.; BARÉS, C. y MARADEI, F. 2000. Manejo poscosecha del tomate. En: Inspección de frutas y hortalizas. Buenos Aires (Argentina). 13 pp.

BARRETO, J. D. et al. 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. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. p. 3-42.

BARTUSCH, MARÍA C. 2004. Buenas Prácticas Agrícolas en el manejo de agroquímicos o productos fitosanitarios. Argentina. 12 pp.

BERNAL E., J. A. y DÍAZ D., C. A. 2005. Tecnología para el cultivo del brevo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva. Manual técnico N.º 4. Rionegro, Antioquia (Colombia). 160 pp.

BRAVO, A. 1989. Producción de semillas de tomate. En: Curso Internacional en investigación y producción de semillas de hortalizas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, pp. 233-241.

BRUZÓN, S. 2000. La producción de tomate bajo invernadero. En: Revista Asiava. N.º 56. Palmira (Colombia). pp. 21-22.

CANO, J. et al. 1977. Diez temas sobre la huerta. 2.ª edición. Ministerio de Agricultura. Madrid. 164 pp.

CARRIJO, O. A. y MAKISHIMA, N. 2000. Principios de hidroponía. En: Circular Técnica Embrapa Hortalizas. Noviembre. Brasilia (Brasil). 27 pp.

CASTILLA, N. y HERNÁNDEZ, J. 1994. El cultivo protegido en el área mediterránea. En: Revista Horticultura. Madrid. pp. 37-42.

CASTILLA, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: El cultivo de tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid. pp. 190-221.

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. Turrialba (Costa Rica). 73 pp.

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2003. Especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Octubre. 47 pp.

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2003. Especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Hortalizas de fruto al aire libre. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Octubre. 48 pp.

CISNEROS U., F. H. 1980. Principios del Control de las plagas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima (Perú). 189 pp.

COLINAGRO S. A. Boro: su singular función. Noticias Agrícolas. Departamento técnico. 2 p.

_____. Nitrógeno, fósforo y potasio. Noticias Agrícolas. Elementos de descontento. Departamento técnico. 8 p.

_____. El zinc, clave para obtener beneficios. Noticias Agrícolas. Departamento técnico. 4 p.

_____. Micronutrientes. Noticias Agrícolas. Departamento técnico. 4 p.

_____. El cobre como macronutriente. Noticias Agrícolas. Departamento técnico. 4 p.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL -CCI. 1999. Agricultura ecológica. Una opción promisoria para el campo. Bogotá. 215 pp.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL - CONPES. 2005. Política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el Sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Bogotá (Colombia). Septiembre. 39 pp.

DODSON, J. et al. 1997. Enfermedades del tomate. Seminis Vegetable Sedes. California (EE. UU.). 61 pp.

EMBRAPA HORTALIÇAS. 2001. Gotejamiento: Opção para a irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados. Brasilia, D.F. 4 pp.

ESCOBAR, H. y LEE, R. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales -CIAA-, Colciencias. Bogotá. 134 pp.

ESCOBAR H.; UBAQUE, H.; FUENTES, L. S. y LEE, R. 2002. Información práctica para la producción de tomate bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, Colciencias. Bogotá. 52 pp.

FUENTES Y., J. L. 1991. Características agronómicas del riego por goteo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Madrid. 23 pp.

GRANOBLES, J. Manejo de tomate riogrande híbrido. Reporte Técnico. Peto Seed.

_____. Manejo de tomate kada híbrido. Reporte Técnico. Peto Seed.

GUARÍN M, H.; PELÁEZ V, G. y GALEANO A. 2003. Hospederos, enemigos naturales e insectos asociados a cultivos susceptibles a Trips palmi. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. Boletín divulgativo N.º 7. 24 pp.

HERNÁNDEZ, J.; ESCOBAR, I. y CASTILLA, N. 2000. Nivel tecnológico de los invernaderos en costa andaluza. Caja rural de Granada (España). 21 pp.

_____. 2001. Radiación solar en invernaderos mediterráneos. Finca Experimental "La Nacla". Junta de Andalucía, Caja Rural de Granada (España). 34 pp.

HERNÁNDEZ, M. I. y CHAILLOUX, M. 2001. Ensayo de la nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo de tomate (Licopersicon esculentum Mill). En: Temas de ciencia y tecnología. Vol. 5, N.º 13. pp. 11-27.

HOWELER, R. H. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales. Centro internacional de agricultura tropical. 27 pp.

IMPULSORES INTERNACIONALES LTDA. 2005. Manual técnico. Impulsemillas. Bogotá. 175 pp.

INFOAGRO. 2004. El cultivo de tomate. Disponible en: www.infoagro.com [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2004]. 24 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO -ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación. Manual de asistencia técnica N.º 25. Centro de investigación Tibaitatá. Noviembre. 64 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS -Icontec. 2005. Norma Técnica Colombiana NTC 5400. Buenas Practicas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas. Registros Generales. Bogotá. 27 pp.

JARAMILLO N., J. E. 2001. El manejo agronómico de cultivos como herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza. En: Hortalizas: plagas y enfermedades. Compendio de eventos 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. Sociedad Colombiana Entomológica -Socolen-. pp. 5-21.

JARAMILLO N., J. E. y ATEHORTÚA L. 2002. El poder de los vegetales. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Asociación Hortofrutícola de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 64 pp.

JARAMILLO N., J. E.; RODRÍGUEZ V. P.; GUZMÁN A. M. y ZAPATA C., M. A. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín técnico N.º 21. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 48p.

_____. 2006. Investigación en la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas (Proyecto piloto). Informe final Ministerio de Agricultura y Dsarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica- C. La Selva. Rionegro, Antioquia. 54 pp.

JARAMILLO N., J. E.; DÍAZ D., C. A.; SÁNCHEZ L., G. D. y TAMAYO M., P. J. 2006. Manejo de semilleros de hortalizas. Manual técnico N.º 8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 52 pp.

JARAMILLO N., J. E.; GUZMÁN A. M. y ZAPATA C., M. A. 2006. Evaluación y selección de materiales hortícolas importados para la región del Oriente Antioqueño con participación de productores. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 64 pp.

LATORRE, B.; APABLAZA, J. U.; VAUGHAN, M. A.; KOGAN, M.; HELFGOTT, S. y LORCA, G. 1990. Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado. Oficina regional de la FAO. Santiago de Chile.

LOAIZA C., A. L. 2005. Lineamientos de políticas sobre uso y manejo mesurado de plaguicidas con énfasis en el sector agropecuario y forestal del Departamento de Antioquia. Gobernación de Antioquia, Departamento Administrativo del Medio Ambiente -DAMA-, Corporación para la Educación Integral y el Bienestar Ambiental -CEIBA-, Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare -Cornare-. Medellín. 116 pp.

LOBO M. A. y JARAMILLO V. J. 1985. Tomate. En: Hortalizas. Manual de asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-. pp. 41-47.

LÓPEZ A.; MUÑOZ, D. F. y AGREDO, D. M. 2000. Normas nacionales e internacionales sobre niveles de tolerancia de plaguicidas en frutas y hortalizas (valores límite). Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-. Tecnología en poscosecha. Popayán. 38 pp.

LUNA G., L. A. 2001. Producción, uso y manejo de bioestimulantes, abonos orgánicos, acondicionadores y biofertilizantes a partir de fuentes no convencionales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. Málaga, Santander. 60 pp.

MAKISHIMA, N. y CARRIJO, O. A. 1998. Cultivo protegido do tomateiro. En: Circular técnica Embrapa Hortaliças. Brasilia D.F. 18 pp.

MAROUELLI, W. A.; SILVA W., L. C. y MORETTI, C. L. 2001. Gotejamiento: opcão para irrigacão do tomateiro da agricultura pecuaria e abastecimiento. Empresa Brasilera de Pesquisa Agropecuaria. EMBRAPA Hortalizas. Brasilia. 4 pp.

MARTÍNEZ P. F. 2001. Materiales plásticos para cubierta de invernadero. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Agencia Española de Cooperación Internacional. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). Octubre.15 pp.

_____. 2001. Control climático en cultivo protegido. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Agencia Española de Cooperación Internacional. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). Octubre. 37 pp.

MATEOS, C. 2005. Tomates. Nuevas evidencias científicas sobre la eficacia del tomate en la prevención del cáncer y los infartos. Centro de Investigaciones Biológicas Aplicadas. CIBA. España. 4 pp.

MAYA P., DÍAZ R., L. B. 2004. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación -FAO. 20 pp.

MENESES, J. R. 1992. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. En: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. FAO. Santiago (Chile). pp. 173-218.

MESA, N. C. 2001. Consideraciones básicas sobre problemas entomológicos en el agroecosistema de tomate y propuesta de un manejo integrado de plagas. En: Compendio de eventos hortalizas, plagas y enfermedades. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, Regional 4, Rionegro, Antioquia (Colombia). pp. 23-29.

MICROFERTISA. Manual Técnico. Bogotá. 100 pp.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE. ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES -ANDI-. CÁMARA DE LA INDUSTRIA PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS. 2003. Guías ambientales para el subsector de plaguicidas.103 pp.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA -SAC-. FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTIFRUTÍCOLA; ASOCIACIÓN HORTOFRUTÍCOLA DE COLOMBIA. 2002. Guía ambiental para el subsector hortifrutícola. Dirección general ambiental sectorial. 77 pp.

MORALES J. Coadyuvantes, una respuesta a la agricultura del siglo XXI. En: Ventana al campo andino. Sección desarrollo Cosmoagro S. A. 2 pp.

MUÑOZ A., R. 1995. Fertilización del tomate (Lycopersicon esculentum) en Colombia. En: Memorias del Seminario sobre fertilización de cultivos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Antioquia. pp. 56-75.

_____. 1996. Toma de muestra de suelos e interpretación de análisis químicos. En: Memorias del Curso Pasturas Tropicales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. C. I. La Selva. Medellín. 20 pp.

NATHAN R. 2005. La fertilización combinada con el riego. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el desarrollo agrícola -CINADCO-; Ministerio de Relaciones Exteriores. Centro de Cooperación Internacional -MASHAV-, Servicio de extensión. Departamento de Riegos y Suelos. Israel. 79 pp.

NUEZ, FERNANDO. 1995. El cultivo de tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 224 pp.

OLSEN, J. K. et al. 1999. Effects of network of mycorrhizae on capsicum (Capsicum anual) grown in the field with five rates of applied phosphoros. En: Aust. J. Agric. Res. N.º 50, pp. 239-252.

PALACIOS, CARLOS N. Manual para el instructor. Curso para productores y exportadores de frutas y hortalizas. CroLife Latin America. Guatemala. 173 pp.

PALACIOS, Y. 1989. El cultivo de tomate en Colombia. En: Taller sudamericano de manejo integrado de plagas y el cultivo de hortalizas. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). 13 pp.

_____. 1992. Preparación de semilleros y observaciones sobre la producción de plántulas en condiciones controladas. En: Primer curso nacional de hortalizas de clima frío. Instituto Colombiano Agropecuario -ICA. Tibaitatá, Cundinamarca. pp. 23-36.

PARRADO, C. A. y UBAQUE, H. 2004. Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano, PRONATTA, CIAA. Bogotá. 34 pp.

PEDRAZA R., J. M. 2006. Línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y Pecuarias para la cadena agroindustrial. Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas. Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-, Dirección de Formación Profesional. Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Regional Quindío. 19 pp.

PETOSEED. Semillas de Hortalizas. Cultivo de tomate. En: Catálogo Petoseed. 20 pp.

RAMOS A. A. 2005. Uso adecuado y eficaz de productos para la protección de cultivos. 4.ª edición. Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-. Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos, ANDI. 233 pp.

RODRÍGUEZ R, M. D. et al. 1994. IPM Tomate. Programa de Manejo Integrado en el cultivo de tomate bajo plástico en Almería. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. España. 78 pp.

SÁNCHEZ, G. D. 2002. Producción de tomate bajo cubierta. En: Taller de hortalizas. Productividad y mercadeo. Corpoica. Tibaitatá, Cundinamarca. pp. 53-61.

SEMPRECOL Ltda. Catálogo de semillas. Sakata, Semillas profesionales. Bogotá.

SERNA B., R. y CASTRO R. P. 2003. Aseguramiento de la calidad en la producción de hortalizas. Revista Universidad Católica de Oriente N.º 16. pp. 109 -119.

SERRANO C. Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Sevilla (España). 638 pp.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE -SENA. Cámara de la Industria para la protección de cultivos, ANDI. 2005. Manual de instrucciones para entrenamiento de agricultores y extensionistas en el uso seguro y eficaz de plaguicidas. 541 pp.

_____. 2004. Cómo hacer de manera segura la aplicación de productos para la protección de cultivos con aspersoras de espalda. 59 pp.

_____. 2004. Cómo hacer el mantenimiento, limpieza, y calibración de su bomba de espalda. 60 pp.

SGANZERLA, E. 1987. Nova agricultura a fascinante arte de cultivar com os pásticos. Sao Paulo (Brasil). 297 pp.

Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo.1994. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Editorial Guadalupe LTDA. Bogotá. 1994. 528p.

TAMAYO M., P. J. y JARAMILLO N. J. E. 2006. Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 100 pp.

TAMAYO M., P. J. y LONDOÑO M. E. 2001. Manejo integrado de enfermedades y plagas del fríjol. Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 80 pp.

TAMAYO M., P. J. 1994. Integración de métodos de control de las enfermedades de las plantas. Guía ilustrada. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, Boletín de divulgación. Regional N.º 4. C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRÍCOLA LA MOLINA. 2006. Proyecto Implementación de una Unidad de Investigación. Enseñanza y Manejo de Invernaderos. 41 pp.

VEGA C. y MOLINA J. A. 2003. ¿Qué es el riego? ¿Por qué, cuándo y cuánto regar? Universidad Nacional Experimental de Táchira. Departamento de Ingeniería Agronómica. Plegable informativo. San Cristóbal (Venezuela).

WITTWER S. H. y CASTILLA N. 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. Hort Tecnology. Enero-Marzo. pp. 6-22.

YARA INTERNATIONAL. Tomato plantmaster. Oslo (Noruega). 37 pp.

ZEIDAN, O. 2005. Tomato production under protected conditions. MASHAV, CINADCO, Ministry of Agriculture and Rural Development, Extension Service. Israel. 99 pp.

Créditos de figuras

CIAT, 1984: 1
CIAT, 1982: 14
PAVCO S.A. : 2
GUARÍN, M., J. H., 2003: 55
TAMAYO, 1994: 129
CATIE, 1990: 140
CORPOICA: 3-13, 15-54, 56-128, 130-139 y 141-243

Anexos

ANEXO. 1: Registro de sustrato para semilleros

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Sustrato comprado		Sustrato elaborado		Cantidad kg	Composición del sustrato	Observaciones
	Proveedor	Marca	Municipio	Vereda región geográfica			

ANEXO 2: Registros de desinfección para sustratos elaborados (solarización)

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Tipo de sustrato/mezcla	Localización	Fecha inicio solarización	Fecha volteo y humedecimiento	Fecha terminación solarización	Operario	Observaciones

ANEXO 3. Registros de aplicación de fertilizantes

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de Siembra _____ Variedad_____

Fecha	Lote	Área	Nombre comercial	Dosis			Método de aplicación	Operario	N.º de bombas	Bomba N.º	Observaciones
				kg/ha	g/ planta	cc/lt					

ANEXO 4. Registro de mantenimiento y calibración de aspersoras

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Actividad realizada	Tipo de aspersora	Aspersora N.º	Operario	Observaciones	Visto bueno/ Firma

ANEXO 5. Registro de aplicación de plaguicidas en el cultivo

Finca_____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Invernadero/ nave	Área asperjada o número de plantas	Producto - Categoría toxicológica	Dosis/lt	N.º Aspersoras aplicadas	Motivo de la aspersión	Operario	Observaciones

ANEXO 6. Registro de formato de entrega de elementos de proteccion personal (EPP)

Finca_____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de Siembra _____ Variedad_____

Fecha de entrega	Elementos de protección personal (EPP)	Cantidad	Firma/operario	Firma coordinador	Observaciones

ANEXO 7. Registro de identificación de empacadores (centro de acopio)

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de Siembra _____ Variedad_____

Mes	Nombre del trabajador	Código del empacador	Día																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

ANEXO 8. Registro de disposición de residuos biodegradables

Finca_____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha de compostaje	Tipo de residuos (hojas, frutos, tallos, chupones)	Cantidad de microorganismos eficientes (EM) aplicados	Tiempo de compostaje	Cantidad de compost producido	Observaciones

ANEXO 9. Registro de distribución producto final a punto de venta

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Tipo de producto	Cantidad	Tipo de vehículo y placa	Nombre del conductor	Hora de entrega	Observaciones

ANEXO 10. Registro de disposición de residuos no biodegradables

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Tipo de material	Recolectado (kg o und.)	Despachado (kg o und.)	Destino

ANEXO 11. Registro de labores culturales del cultivo

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Labor realizada /Actividad a realizar	Operario	Tiempo requerido		Observaciones
			Horas	Jornales	

ANEXO 12. Registro de especificaciones
Medidas de control

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Plaga o enfermedad (1)	Tipo de monitoreo	Criterio de control o umbral de tratamiento	Medida de control	Observaciones

(1) Ingrese el nombre común de la plaga o enfermedad

ANEXO 13. Registro de monitoreo de plagas, enfermedades y organismos benéficos

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de Siembra _____ Variedad_____

Lote_____ Estado fenológico _____ Fecha de monitoreo_____ Responsable_____

N.º muestra	Plaga (1) o enfermedad					Observación (2)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

(1) Para las plagas indique los estados observados (Ej: huevo, pupa, ninfa, adulto)
(2) Indique algún organismo benéfico u otra observación importante

ANEXO 14. Registro de riego del cultivo

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Edad del cultivo	Duración del riego (horas, minutos)	Descarga promedio de los goteros (l/hora)	Número de goteros/área	Operario	Observaciones

ANEXO 15. Registro de cosecha

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Área invernadero_____ Cultivo_____ N.º plantas_____

Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad_____

Fecha	Kg cosechados	Kg según calidad			Rechazo o pérdida	Destino			Operario	Observaciones
		Extra	Primera	Segunda		Extra	Primera	Segunda		

ANEXO 16. Registro de capacitación

Finca _____ Vereda_____ Municipio_____

Cultivo_____ Tema _____ Capacitador _____

Fecha_____ Duración _____ Contenidos _____

Nombre	Cédula	Firma

ANEXO 17. Registro de asistencia técnica

Fecha _____ Finca _____

Nombre del asistente técnico_____ Cultivo_____

Edad del cultivo _____

Situación encontrada:

_____

_____

Recomendación: _____

Justificación de la aplicación:

_____

_____

_____

Nombre del producto	Dosis	Método de aplicación

Observaciones

_____

_____

_____

ANEXO 18. Registro de costos de producción

Finca: Vereda: Municipio

Área invernadero: Cultivo: N.º Plantas:

Distancia de siembra Fecha de siembra: Variedad:

Fecha	Actividad o insumo	Horas/hombre	Cantidad	Costo/Unidad	Costo Total	Observaciones

Distancia de siembra Fecha de siembra Variedad:

ANEXO 19. Registro de compra de insumos agrícolas

Finca: Vereda: Municipio:

Área invernadero: Cultivo: N.º plantas:

Fecha	Insumos	Cantidad	Costo $	Proveedor	Especificación técnica	Nombre de quien recibe	Observaciones

ANEXO 20. Registro de temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa

Fecha (d/m/año)	Hora	Temperatura máxima (ºC)	Temperatura mínima (ºC)	Humedad relativa (%) (mañana)	Humedad relativa (%) (medio día)

ISBN 978-92-5-305833-4