UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

TESIS DE POSGRADO

MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Presenta

ING. SANTIAGO SEMAAN LINCE

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

Director de Tesis

M en C. Adán Mercado Luna

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

Manual de producción de Tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) bajo condiciones de invernadero

Opción de titulación
Tesis o Publicación de artículos

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

Presenta:
Ing. Santiago Semaan Lince

Dirigido por:
M en C. Adán Mercado Luna

M en C. Adán Mercado Luna
Presidente — Firma

Dra. Rosalía V. Ocampo Velázquez
Secretario — Firma

Dr. Enrique Rico García
Vocal — Firma

Dr. Andrés Cruz Hernández
Suplente — Firma

Dr. Genaro M. Soto Zarazúa
Suplente — Firma

Dr. Aurelio Domínguez González
Nombre y Firma
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Nombre y Firma
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo 2015
México

RESUMEN

La agricultura protegida en México se ha convertido en la actividad más dinámica y de mayor crecimiento en el país dentro del rubro agrícola. El ritmo de crecimiento de la agricultura protegida en México es de 1,200 ha/año equivalente a un incremento del 25% promedio anual. El tomate es una de las principales hortalizas bajo cubierta (70%) entre las que destacan las tipo redondo y cherry (Ponce, 2011). Esta tendencia se ha reflejado a nivel nacional donde se practican dos ciclos cortos de producción al año. Sin embargo, existen factores asociados a problemas en el cultivo de tomate como el clima, manejo cultural, sanidad, etc., que de no ser monitoreados y controlados adecuadamente pueden provocar bajos niveles de productividad. El tener datos específicos del manejo agronómico de tomate es una herramienta valiosa para mejorar la productividad. El objetivo de este trabajo fue recopilar e integrar la información teórica-práctica y financiera de un sistema de producción de tomate bajo condiciones de invernadero, con el fin de hacerla disponible para todas las personas interesadas en el área.

Palabras clave: Condiciones climáticas, manejo cultural, sanidad y productividad.

SUMMARY

In Mexico, protected agriculture has become the most dynamic and fastest growing in the country within the agricultural sector. The growth rate of protected agriculture in Mexico is 1,200 ha/year corresponding to an increase of 25% annual average. Tomato is one of the main vegetables under cover (70%) where most of the cultivars are round and cherry (Ponce, 2011). This trend is reflected nationally where two short production cycles per year are performed. Nevertheless, there are factors associated with tomato crop problems such as climate, cultural practices and plant health management, etc., if not being monitored and controlled properly may result in low productivity levels. For these reasons, having specific data of tomato agronomic management is a valuable tool to improve productivity. The aim of this work was to collect and integrate the theoretical, practical and financial information of tomato production system under greenhouse conditions, in order to make it available for all people interested in the field.

Key words: Climatic conditions, cultural management, plant health and productivity.

DEDICATORIA

A DIOS, quien inspiró mi espíritu para la conclusión de este manual.

A mis padres, quienes me dieron vida, educación y han sido los principales responsables de inculcar todas las bases y los valores que me han permitido ser lo que soy y llegar hasta donde he llegado. Quienes, con su apoyo y amor incondicional nunca han dejado de depositar su confianza en mí, siempre animándome a seguir adelante dando mi mayor esfuerzo.

A mi hermana, quien ha sido prácticamente una segunda madre para mí. Ella es un ejemplo a seguir que con sus virtudes infinitas y su gran corazón me lleva a admirarla cada día más.

A mi hermano, que a pesar de la distancia su espíritu guerrero se ha convertido en un gran impulso para mí.

A mis maestros, quienes influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi manual.

Al personal del campus Amazcala, quienes aportaron de forma directa e indirecta a la culminación de este trabajo.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia porque me brindaron tanto su apoyo moral y económico lo que me permitió seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un futuro mejor y ser orgullo para ellos.

A mis queridos formadores que con su sabiduría y conocimiento tuvieron la paciencia de transmitirlo con la iniciativa de crear mejores profesionales. En especial al M en C. Adán Mercado Luna quien como director de tesis me compartió todos sus conocimientos y me guio en la realización de este trabajo. A la Dra. Rosalía V. Ocampo Velázquez que como coordinadora del programa y sinodal dirigió y creó este programa apoyándome con todos los recursos. Al Dr. Enrique Rico García quien con sus sabios consejos e indicaciones logré plasmar lo aprendido e iniciar mi trabajo de tesis. A los Dres. Andrés Cruz Hernández y Genaro M. Soto Zarazúa quienes se tomaron el tiempo y la dedicación de hacer parte de mi grupo de sinodales y revisarme el trabajo de tesis.

Al personal administrativo de Amazcala, quienes con su trabajo y coordinación se pudieron llevar todos los procesos logísticos y administrativos con éxito.

A los trabajadores de los invernaderos, en especial los del invernadero 5,600 (Cruz, Tara, Consuelo Juan, Felipe, Benny, Charlie y Eleazar) que con su dedicación y experiencia fueron mis maestros en toda la parte empírica del proyecto.

A mis compañeros de la especialidad (Daniel, Raúl, Tania y Christopher) con quienes compartí más de un año de arduo trabajo bajo el sol y con quienes logré un excelente trabajo en equipo para culminar con éxito esta etapa de mi vida. A Jann por tomarse el tiempo de hacerme las correcciones pertinentes relacionadas con la escritura y estructuración del manual. A Luis que a pesar de no ser parte de la especialidad sus sabias lecciones y gran conocimiento fueron elementos fundamentales para incrementar mi conocimiento y seguir con mi curva de aprendizaje.

A la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) quien a pesar de ser extranjero me dio la bienvenida tal y como si fuera un ciudadano nacional más. El apoyo y las oportunidades que me brindó son incomparables. Me alegra mucho ahora ser parte de uno de los egresados de tan prestigiosa institución. Mis felicitaciones a la UAQ y a su excelente cuerpo académico y administrativo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en conjunto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) que gracias a su convenio y su apoyo económico tuve la oportunidad de seguir estudiando. Espero que se sigan dando estos convenios entre nuestros países para que cada vez se formen mejores profesionales.

En general, a todos los que de alguna manera me ayudaron a lo largo de esta especialidad, para que yo pudiera concretar este trabajo, a quienes me proporcionaron lo necesario para realizar los estudios concernientes a este trabajo que hoy concreto, a todos ellos les dedico este manual. Para todos ellos hago les doy mis más sinceros agradecimientos.

Gracias…

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

2. PROBLEMÁTICA 2

3. JUSTIFICACIÓN 2

4. OBJETIVOS 3

4.1 OBJETIVO GENERAL 3

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

5. ANTECEDENTES 4

6. GENERALIDADES DEL CULTIVO 5

6.1 ORIGEN 5

6.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA 5

6.3 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA 6

6.4 FENOLOGÍA DEL CULTIVO 11

6.5 MATERIALES DE TOMATE PARA LA PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO 12

7. FACTORES CLIMÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN 13

7.1 CONDICIONES DE CRECIMIENTO Y MANEJO DEL CLIMA ADENTRO DEL INVERNADERO 13

7.1.1 Altitud (msm) 13

7.1.2 Tolerancia a las heladas 13

7.1.3 Temperatura (°C) 14

7.1.4 Humedad relativa (HR %) 18

7.1.5 Ventilación 19

7.1.6 Luminosidad 24

7.1.7 Fotoperiodo 27

7.1.8 Radiación (Watts/m^2) 29

7.1.9 Dióxido de carbono (CO_2) 30

7.1.10 Suelo 31

7.2 DESÓRDENES FISIOLÓGICOS Y NUTRICIONALES 31

7.3 MEDIDAS PARA REDUCIR EL RAJAMIENTO 34

7.4 ANOMALÍAS A CAUSA DE CAMBIOS BRUSCOS EN EL CLIMA 34

8. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO 43

8.1 ACTIVIDADES EN EL SEMILLERO 43

8.1.1 Preparación del semillero ... 43
8.1.2 Siembra ... 44
8.1.3 Germinación, emergencia y crecimiento de plántulas ... 44
8.2 ACTIVIDADES EN EL INVERNADERO ... 46
8.2.1 Preparativos para el trasplante ... 46
8.2.2 Trasplante ... 47
8.2.3 Labores de cultivo ... 48
8.2.4 Manejo de las condiciones fitosanitarias ... 53

9. PRINCIPALES PLAGAS DE INVERNADERO ... 59
9.1 MOSCA BLANCA ... 59
9.2 ÁFIDOS O PULGONES ... 62
9.3 FUNGUS GNAT ... 66
9.4 ARAÑA ROJA ... 68
9.5 PULGÓN SALTADOR ... 70
9.6 TRIPS ... 75
9.7 GUSANO MINADOR ... 76
9.8 ÁCARO ... 79
9.9 GUSANOS ... 82
9.10 OTRAS MENOS COMUNES ... 84
9.11 NEMATODOS ... 85

10. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE INVERNADERO ... 87
10.1 CAUSADAS POR BACTERIAS ... 87
10.1.1 Clavibacter michiganensis ... 88
10.1.2 Pseudomonas y Xanthomonas ... 90
10.2 CAUSADAS POR HONGOS ... 92
10.2.1 Botrytis cinerea ... 92
10.2.2 Phytophthora infestans ... 96
10.2.3 Phytophthora parasítica ... 98
10.2.4 Cenicilla ... 100
10.2.5 Alternaria solani ... 101
10.2.6 Damping off ... 104
10.2.7 Fusarium Oxysporum ... 106

11. PRINCIPALES VIROSIS DEL TOMATE EN INVERNADERO ... 108

11.1 GEMINIVIRUS "PEPPER HUASTECO VIRUS" 109
11.2 MICOPLASMA / FITOPLASMA O "PERMANENTE DEL TOMATE" 109
11.3 TIC O TYLCV "HOJA DE CUCHARA DEL TOMATE" 111
11.4 VIRUS DEL PLATEADO 112
11.5 VIRUS DEL PEPINO 113
11.6 DIFERENTES VIROSIS DE MOSAICO Y VIRUS "Y" DE LA PAPA 113
11.7 CONTROL DE VIRUS 116

12. MANEJO POSCOSECHA Y EMPAQUE 117

12.1.1 La cosecha y su manejo 118

13. METODOLOGÍA 121

13.1 LOCALIZACIÓN 121
13.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA 121
13.3 CRONOGRAMA DEL CICLO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE 122
13.4 MATERIALES UTILIZADOS EN INVERNADEROS 122
13.5 ORGANIZACIÓN DENTRO DEL INVERNADERO Y FLUJO DEL PRODUCTO 125
13.5.1 Organización de equipos de trabajo 125
13.5.2 Organización en los pasillos centrales 127
13.6 REGLAMENTO A LA HORA DE INGRESAR AL INVERNADERO 128
13.6.1 Reglas a seguir por el personal de trabajo 128
13.7 DIAGRAMA DE PROCESO DEL MANEJO DEL CULTIVO DE TOMATE 129
13.8 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA PARA EL CICLO PRODUCTIVO 130
13.8.1 Elección del material vegetal 130
13.8.2 Siembra 132
13.8.3 Manejo de plántula 136
13.8.4 Trasplante 141
13.8.5 Distribución del cultivo 144
13.9 ADECUACIÓN Y PREPARACIÓN DEL INVERNADERO 144
13.9.1 Limpieza del ciclo anterior 145
13.9.2 Preparación del terreno 146
13.9.3 Arreglo de camas y pasillos 147
13.9.4 Colocación de cintilla y marcado de inicios de camas 147
13.9.5 Colocación del acolchado 148
13.9.6 Colocación del plástico 149

13.9.7 Remoción de malezas 151
13.9.8 Preparación y colgada de ganchos al sistema de tutorado 153
13.9.9 Armado del cabezal de riego 154
13.10 LABORES CULTURALES 155
13.10.1 Manejo de podas 155
13.10.2 Polinización 165
13.10.3 Tutorado de planta 181
13.10.4 Descolgado de planta 182
13.10.5 Tiempos promedio de las actividades al interior del invernadero 183

14. NUTRICIÓN 185
14.1 FERTILIZACIÓN 185
14.1.1 Cálculo de la solución nutritiva según los requerimientos del cultivo 186
14.1.2 Nutrición vía foliar 196
14.1.3 Manejo de deficiencias nutrimentales presentadas en el invernadero 199
14.2 RIEGO 200
14.2.1 Necesidades hídricas del cultivo de tomate 200
14.2.2 Determinación necesidades de riego del cultivo 202
14.2.3 Programación del riego 203
14.2.4 Manejo del riego 204
14.3 DISPOSITIVOS DE MONITOREO 206
14.3.1 Clima 207
14.3.2 Humedad del suelo 208
14.3.3 Lisímetro (Chupatubo) 211
14.3.4 C.E (dS/m^{-1}), pH, T°C y TDS 212
14.3.5 Concentración de iones en extracto celular de peciolo y suelo 212

15. PLAGAS Y ENFERMEDADES PRESENTADAS EN EL INVERNADERO 218
15.1 MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DURANTE EL CICLO DE PRODUCCIÓN 218

16. MANEJO DE COSECHA 221
16.1 CLASIFICACIÓN DE LA COSECHA 221
16.2 CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO 221
16.3 CLASIFICACIÓN POR ESTADO DE MADURACIÓN 222
16.4 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE FRUTOS 223
16.5 RECOMENDACIONES GENERALES DE MANEJO POSCOSECHA 225

17. PROTOCOLO DE REGISTROS Y CONTROL 226

18. CORRIDA FINANCIERA DEL CICLO DE CULTIVO DE TOMATE 227

18.1.1 Análisis económico del ciclo de cultivo 231

19. RESULTADOS 233

19.1 DATOS CLIMÁTICOS AL INTERIOR DEL INVERNADERO EN EL CICLO PRODUCTIVO 233

19.2 DATOS DE LA ACTIVIDAD DE RALEO DE FRUTOS 234

19.3 DATOS DEL CICLO DE PRODUCCIÓN 236

19.3.1 Datos de cosecha 236

19.3.2 Análisis del punto de equilibrio económico 237

20. CONCLUSIONES 239

21. RECOMENDACIONES 240

22. GLOSARIO 242

23. ANEXOS 250

23.1 PROGRAMA DE APLICACIONES PREVENTIVAS PARA CICLO DE TOMATE 250

23.2 MÉTODOS PARA UN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES 251

23.3 CRITERIOS PARA USO DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE TOMATE 252

23.4 LISTADO DE PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS EN EL TOMATE 254

23.5 LISTADO DE PLAGUICIDAS PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES DEL TOMATE 258

23.6 INSTRUCTIVO PRÁCTICO PARA USAR EL MINILAB 262

23.7 INSTRUCTIVO PRÁCTICO PARA USAR EL CARDY 271

23.8 LISTADO DE BITÁCORAS PARA EL MANEJO DE UN CICLO DE CULTIVO DE TOMATE 273

23.9 FORMATO DE GASTOS DE AGUA PARA INVERNADERO 285

23.10 FORMATO PARA GASTO DE ENERGÍA DE BOMBAS DE 3 HP Y 5 HP 292

23.10.1 Cálculo para gasto de energía bombas 300

23.11 FORMATO PARA GASTO DE ENERGÍA DE EXTRACTORES Y VENTILADORES 301

23.11.1 Cálculo para gasto de energía de extractores y ventiladores 309

24. BIBLIOGRAFÍA 311

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

6.2.1 Descripción taxonómica del tomate 6

7.1.1 Temperaturas y efectos producidos en el tomate 17

7.1.2 Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo 17

7.1.3 Efectos de la luz en las plantas 25

7.1.4 Respuesta generalizada de las plantas a diferentes niveles de luz 29

7.1.5 Intervalo de radiación media diaria en función de la fase de crecimiento 29

9.1.1 Principales diferencias entre *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* 60

13.3.1 Cronograma del ciclo de producción 122

13.4.1 Características deseables en el agua de riego 124

13.7.1 Diagrama de proceso del manejo del cultivo 129

13.8.1 Solución nutritiva aplicada en plántula 139

13.9.1 Aplicaciones para combatir malezas 153

14.1.1 Programa de fertilización días después del trasplante (ddt) 185

14.1.2 Programa de fertilización de micronutrientes (ddt) 192

14.1.3 Criterio para el muestreo de hojas para el análisis foliar 197

14.1.4 Manejo de deficiencias nutrimentales presentadas en el invernadero 199

14.2.1 Coeficientes de cultivo de tomate en diferentes etapas fenológicas 201

14.2.2 Interpretación de lecturas en tensiómetro 204

14.2.3 Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate 205

14.3.1 Niveles de referencia en extracto celular de pecíolo en el cultivo de tomate 217

14.3.2 Rangos recomendados de nutrimentos (N, P y K) para extracto de pecíolo..... 217

14.3.3 Rangos de los principales nutrimentos para extracto de suelo (ppm)..... 217

14.3.4 Límites de los nutrimentos mediante el método de extracto de suelo (meq/L) 217

15.1.1 Manejo de plagas y enfermedades en el invernadero 218

16.2.1 Clasificación del fruto por tamaño..... 221

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

6.3.1 Elementos de una planta de tomate 7

6.3.2 Características del fruto del tomate 9

6.3.3 Características de la semilla del tomate 10

6.4.1 Fases fenológicas de un cultivo de tomate 11

7.1.1 Consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas 15

7.1.2 Consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas 16

7.1.3 Diferentes termómetros y termo hidrógrafos para tomar temperaturas 21

7.1.4 Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero 26

7.1.5 Rango del espectro de luz para las plantas 28

7.2.1 Daño típico en fruto por una deficiencia de calcio 32

7.2.2 Rajamiento en los frutos 33

7.4.1 Frutos con malformaciones Caregato 35

7.4.2 Fruto con placenta descubierta 35

7.4.3 Aborto de flores en la inflorescencia 36

7.4.4 Frutos con maduración manchada 37

7.4.5 Consecuencias de hoja enrollada 38

7.4.6 Plantas que perdieron su punto de crecimiento 39

7.4.7 Frutos huecos 40

7.4.8 Edema por saturación de agua en las hojas 40

7.4.9 Frutos con estrías tipo cremallera 41

7.4.10 Frutos con golpe de sol 42

8.2.1 Incidencia de plagas según la etapa de cultivo 54

9.1.1 Mosca blanca 59

9.1.2 Ciclo de vida de la mosca blanca 59

9.1.3 Daños directos e indirectos por mosca blanca 61

9.1.4 TYLC (tomato yellow left curt virus) virus de hoja de cuchara por mosca blanca 61

9.2.1 Áfidos o pulgones 62

9.2.2 Reproducción del pulgón 63

9.2.3 Características del pulgón *Macrosiphium euphorbiae* 64

9.2.4 Daños directos causados por pulgones 64

9.2.5 Daños indirectos por pulgones y su detección en estado adulto en trampas 65

9.3.1 Ciclo de vida del Fungus gnat 66

9.3.2 Daños directos por Fungus gnat 67

9.3.3 Monitoreo en trampa del Fungus gnat 67

9.4.1 *Tetranychus urticae* o Araña roja 68

9.4.2 Ciclo de vida de la araña roja 68

9.4.3 Síntomas y daños causados por araña roja 69

9.5.1 Ciclo de vida de la *Paratrioza cockerelli* 70

9.5.2 Huevecillos de *Paratrioza* 71

9.5.3 Ninfas de *Paratrioza* y daños causados 71

9.5.4 Adulto de *Paratrioza* 72

9.5.5 Daños directos causados por *Paratrioza* 73

9.5.6 Daños indirectos por *Paratrioza* 74

9.6.1 Trips 75

9.7.1 *Liriomyza munda* 76

9.7.2 Ciclo de vida del Gusano Minador 77

9.7.3 Daños por el Gusano Minador 78

9.8.1 *Aculops Lycopersici* o ácaro 79

9.8.2 Ácaro en planta 80

9.8.3 Síntomas y daños causados por el ácaro 81

9.8.4 Consecuencias del ácaro (*Clavibacter michiganensis*) 82

9.9.1 Gusanos 82

9.9.2 Daños causados por gusanos 83

9.10.1 Otras plagas menos comunes 84

9.11.1 Daños por Nematodo 86

10.1.1 Principales formas de dispersión de las enfermedades causadas por bacterias 88

10.1.2 Síntomas de *Clavibacter michiganensis* 88

10.1.3 Síntomas de *Pseudomonas* y *Xanthomonas* 91

10.2.1 Principales formas de dispersión de las enfermedades causadas por hongos 92

10.2.2 Síntomas de *Botrytis cinerea* 94

10.2.3 Procedimiento para curar *Botrytis cinerea* 95

10.2.4 Síntomas de *Phytophthora infestans* 97

10.2.5 *Phytophthora parasítica* 99

10.2.6 Cenicilla 100

10.2.7 Procedimiento para mitigar y prevenir la cenicilla 101

10.2.8 Síntomas de *Alternaria solani* 103

10.2.9 Damping off en planta y daños causados 105

10.2.10 Daño por *Fusarium Oxysporum* 106

11.1.1 Síntomas del Geminivirus 109

11.2.1 Síntomas del Micoplasma / Fitoplasma o “Permanente del Tomate” 110

11.3.1 Hojas con el virus de cuchara de tomate 111

11.4.1 Virus del plateado 112

11.5.1 Virus del Pepino 113

11.6.1 Diferentes virosis de mosaico 115

13.8.1 Criterios a tener en cuenta al momento de recibir el sobre con las semillas 131

13.8.2 Procedimiento de siembra 132

13.8.3 Procedimiento de monitoreo y germinación 134

13.8.4 Procedimiento del manejo de plántula 137

13.8.5 Procedimiento del trasplante 142

13.8.6 Diseño y distribución del cultivo 144

13.9.1 Procedimiento de limpieza del ciclo anterior 146

13.9.2 Procedimiento de preparación del terreno (se barbechea) 146

13.9.3 Procedimiento de arreglo de camas y pasillos 147

13.9.4 Colocación de cintilla y marcado de inicios de camas 148

13.9.5 Colocación del acolchado 149

13.9.6 Colocación del plástico 151

13.9.7 Remoción de maleza 152

13.9.8 Procedimiento de preparación y colgada de ganchos al sistema de tutorado 154

13.9.9 Procedimiento de armado del cabezal de riego 155

13.10.1 Poda de formación 156

13.10.2 Poda de deschuponado o brotes axilares 157

13.10.3 Poda y manejo del deshojado 160

13.10.4 Poda o aclareo de frutos 161

13.10.5 Poda apical o despunte 162

13.10.6 Esquema de una flor 167

13.10.7 Polinización mecánica por aire con sopladora 168

13.10.8 Polinización manual 168

13.10.9 Polinización mediante golpeada de alambre 169

13.10.10 Polinización por vibradores 170

13.10.11 Revisión de colmenas al momento de recibo 172

13.10.12 Revisión de colmenas dentro del invernadero 173

13.10.13 Instalación y ubicación de las colmenas 174

13.10.14 Programa de introducción de colmenas 175

13.10.15 Polinización por abejorro 176

13.10.16 Recolección de flores para monitoreo de polinización 177

13.10.17 Los diferentes niveles de polinización 178

13.10.18 Cálculo para obtener el % de polinización y el nivel predominante 178

13.10.19 Compatibilidad con el uso de agroquímicos 180

13.10.20 Uso de la puerta de doble seguro de la colmena 180

13.10.21 Tutorado de planta utilizando anillos sujetadores (clip) 182

13.10.22 Descolgado de planta..... 183

14.2.1 Sensores de humedad 204

14.3.1 Dispositivos para el monitoreo del clima..... 208

14.3.2 Pasos para colocar un tensiómetro..... 209

14.3.3 Time Domain Reflectometry (TDR)..... 210

14.3.4 Colocación del lisímetro o chupatubo 211

14.3.5 Potenciómetros 212

14.3.6 Dispositivos para medir concentración de iones..... 213

16.1.1 Clasificación por calidad..... 221

16.4.1 Procedimiento de selección, clasificación, peso de canastilla y despacho 224

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida altamente tecnificada comprende retos importantes en el desarrollo de sus componentes desde el diseño de plásticos con características especiales en cuanto a resistencia, durabilidad y mayor eficiencia en la transmisión de radiación que permita a las plantas una mayor fotosíntesis y el diseño de estructuras apropiadas para diversas condiciones en cuanto a resistencia, forma, altura y composición. Sumado a esto, las especies y cultivos seleccionados y adaptados a estas condiciones, junto con los sistemas de riego, fertilización y manejo integrado de los cultivos que deben funcionar armónicamente bajo las estructuras. Complementariamente, la mecanización y automatización del sistema para medir y monitorear las variables climáticas de forma tal que el cultivo tenga condiciones óptimas para su desarrollo (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Buscando responder a dicho retos el siguiente trabajo se enfocará en un cultivo de tomate con el fin de fortalecer el conocimiento sobre este cultivo debido a su importancia respondiendo a los desafíos de la agricultura protegida anteriormente mencionados.

El tomate es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, sólo superado por el ganado vacuno (Contreras, Olivarez, Vázquez, & Zavala, 2009). Por esta razón, surge la necesidad de elaborar un manual del manejo del cultivo de tomate en el que se ilustre en detalle y a modo de instructivos los procedimientos necesarios para llevar a cabo un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Asimismo, de las buenas prácticas agrícolas que un productor debe llevar a cabo.

El documento ilustrará el paso a paso de un ciclo de cultivo de tomate, desde el monitoreo y control bajo ciertos formatos dentro de los cuales se encuentran el

de clima, nutrición, plagas y enfermedades, fertirrigación, polinización, morfología de la planta, tensiómetros y mano de obra; como forma de recopilar la información, junto con sus respectivos análisis e interpretación. Incluso, se hará un análisis económico del cultivo en donde se pueda tener una referencia de los costos mediante los resultados de una corrida financiera. De igual forma, se suministrarán instructivos de los posibles imprevistos que puedan ocurrir dentro de un invernadero, de manera que cualquier persona que afronte uno de ellos pueda reaccionar rápidamente y controlar la situación.

El manual está enfocado al público en general, de modo que las técnicas, los procedimientos y la tecnología manejada sean transferibles y accesibles a cualquier persona o entidad que desee replicarlo. No obstante, cabe resaltar que los resultados obtenidos serán de mayor utilidad para las personas que planeen colocar sus cultivos en zonas con condiciones ambientales semi-seco, semi-cálido, con lluvia en verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5%, tipo Amazcala, El Marqués, sitio donde se llevó a cabo el ciclo del cultivo de tomate.

2. PROBLEMÁTICA

La no disponibilidad de manuales de producción que contengan instructivos técnicos-financieros que cualquier productor pueda utilizar como guía para llevar a cabo un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero junto con sus buenas prácticas agrícolas. Recurso que podría ser utilizado como oportunidad de negocio.

3. JUSTIFICACIÓN

El tomate es una de las principales hortalizas en el país debido a su valor nutricional y medicinal como su gran potencial de antioxidantes y gran contenido de vitaminas, así como estimulante del sistema inmune ayudando a detener las enfermedades degenerativas. Según (Valedes Martínez, 2007) aunque su producción en los últimos 7 años ha estado variando, en 1999 al 2005 se mantuvo en doscientos millones doscientas mil toneladas por año en promedio, gran parte

destinadas a exportación y aun mostrando una oferta insuficiente. Por tal motivo, resalta la urgente necesidad de lograr competitividad implementando invernaderos automatizados que permitan cultivar tomates en cualquier época del año y aprovechando mejor los recursos.

Así pues, el generar un manual de producción detallando las prácticas agrícolas utilizadas y los resultados obtenidos técnico-financiero puede ser una fuente de consulta para aquellos que quieran implementarlo como un recurso de producción, y como una oportunidad de negocio. Adicionalmente, se plasmará una evaluación económica donde mediante indicadores tales como: punto de equilibrio económico y la relación costo/beneficio se pueda evaluar la rentabilidad del proyecto, de modo que el productor tenga una base para tomar decisiones en función de su capacidad financiera y accesibilidad a los diferentes mercados.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Presentar un manual de producción técnico-financiero con los protocolos de las buenas prácticas agrícolas para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

4.2 Objetivos específicos

- Documentar las prácticas agrícolas del tomate bajo condiciones de invernadero.
- Someter al análisis económico la información generada a partir del cultivo de tomate para la determinación de rendimiento y rentabilidad económica en un sistema de producción bajo invernadero.

5. ANTECEDENTES

Desde siempre el hombre ha desarrollado diferentes técnicas de cultivo para cumplir con las necesidades alimenticias que la población va demandando, instinto que va ligado con la supervivencia del ser humano. Hoy en día, se cuenta con un mundo cada vez más poblado, con suelos erosionados y contaminados. Así pues, la técnica de hidroponía y bajo condiciones de invernadero se ha mostrado como una alternativa de producción en lugares donde se creía que los recursos se habían agotado y donde se había marcado el terreno como inservible.

Debido a lo anterior han surgido nuevas tecnologías de producción como la producción en sistemas controlados (invernaderos) las cuales han incrementado el rendimiento de las hortalizas por unidad de superficie; sin embargo, para maximizar la producción, se aplican altas cantidades de fertilizantes y otros productos químicos, los cuales deben ser utilizados racionalmente, debido a que un uso inadecuado del agua de riego, lixivia nutrimentos tales como nitratos y fosfatos que contaminan las aguas subterráneas (Zuñiga, y otros, 2004). Los invernaderos tienen la ventaja del reciclamiento o reutilización de la solución nutritiva drenada (si se tiene), evitando o disminuyendo con esto la contaminación de las corrientes subterráneas y mantos acuíferos.

El poblador rural o el suburbano, con escasos recursos y bajos ingresos, en las regiones de América Latina y el Caribe, puede desarrollar y apropiarse de tecnologías, siendo ésta una de las prioridades de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la FAO. A través de este proceso, que incluye capacitación y transferencia de tecnologías aptas para las condiciones socioeconómicas de estos países, se promueve el desarrollo de herramientas que permitan mejorar las condiciones de vida e incrementar el ingreso y la alimentación de sus pobladores (Marulanda & Izquierdo, 2003).

La mayoría de la población mundial no posee los recursos suficientes para llevar a cabo invernaderos de alta tecnología en donde se tiene control de casi todas

las variables (temperatura, humedad relativa, CO_2, etc.) y aún menos la capacidad económica de contratar asesoría externa altamente capacitada. Debido a esta situación, el presente manual está enfocado en función a las necesidades y capacidades tanto adquisitivas como económicas de la mayoría de la población, puesto que el proyecto se llevó a cabo en un invernadero no automatizado en el control de variables y en suelo.

Existen varios manuales de tomate entre ellos el de INTAGRI, SAGARPA, La FAO y otros de diversos países, sólo que muchos se han enfocado a campo abierto y otros han estado sujetos a otras condiciones ambientales y climatológicas además de no contar con ciertos protocolos que le pueden ser útil al productor como formatos e instructivos de actividades que se presentan durante el manejo de un invernadero. Aunado a esto, este manual contiene e ilustra un análisis económico de un caso real de manera que cualquier persona pueda llevar a cabo un ciclo de cultivo de tomate bajo invernadero.

6. GENERALIDADES DEL CULTIVO

6.1 Origen

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. (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

6.2 Clasificación taxonómica

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanácea y al género *Lycopersicon L. esculentum* es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas. El género *Lycopersicon* se sitúa en el siguiente contexto taxonómico (Cuadro 6.2.1).

Cuadro 6.2.1 Descripción taxonómica del tomate

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

Fuente: (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

6.3 Morfología de la planta

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva anualmente. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta y según el hábito de crecimiento (Figura 6.3.1) las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas. Las variedades de hábito indeterminado, usualmente las de invernadero tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos, presentan la yema terminal del tallo vegetativa y hay de tres o más hojas entre cada inflorescencia a lo largo del tallo (Flores, 1986); (Catie, 1990); (Martínez, 2001); (Zeidan, 2005).

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. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

Tallo

Los tallos son ligeramente angulosos, semi-leñosos. El tallo principal de la planta de tomate tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis (Zeidan, 2005). Los tallos y ramas son de consistencia herbácea, por lo cual la planta no se sostiene por sí sola, siendo necesario el empleo de tutores para su cultivo, particularmente en las variedades indeterminadas (Lobo & Jaramillo, 1984). En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Figura 6.3.1).

Tallo **Hoja** **Flor** **Fruto**

Figura 6.3.1 Elementos de una planta de tomate

Fuente: (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

Hojas

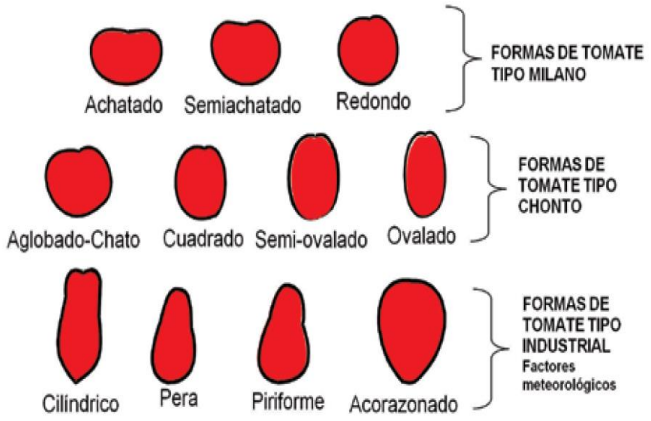
La planta presenta hojas compuestas, imparipinnadas, con un foliolo terminal y de ocho a nueve foliolos laterales, los cuales generalmente son peciolados, lobulados, con borde dentado y recubiertos de pelos glandulares (Figura 6.3.1). Las hojas compuestas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Lobo & Jaramillo, 1984).

Flores

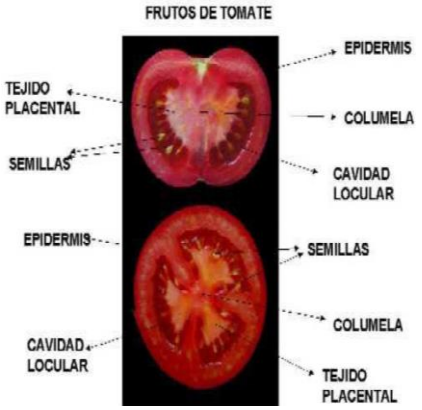
Las flores del tomate son hermafroditas y constan de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos (Figura 6.3.1). Tienen un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que lo encierra, conformación que favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario, de un estilo largo, simple y levemente engrosado. El ovario tiene entre dos y 20 óvulos, formados de acuerdo con la variedad y que reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. 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 (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

Frutos

El fruto del tomate (Figura 6.3.1) se denomina baya y presenta diferentes tamaños, formas (Figura 6.3.2), color, consistencia y composición, según el tipo de tomate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas (Figura 6.3.2). Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares (Figura 6.3.2). En los lóculos se forman las semillas. Los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos; su maduración puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos estos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno. Es importante al momento de elegir una variedad determinar si el mercado acepta esta característica (Lobo & Jaramillo, 1984); (Flores, 1986); (Zeidan, 2005).



Diferentes formas de los frutos de tomate Fuente: (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, 1996).



Partes del fruto del tomate Fuente: (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

Frutos tetraloculares

Fruto plurilocular

Figura 6.3.2 Características del fruto del tomate

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Nota: El tomate tipo Chonto sería el equivalente al Saladette, mientras que el tomate Milano sería el equivalente al tomate Bola.

Semillas

La semilla del tomate es pequeña, generalmente de forma lenticular y con un diámetro de 3 a 5 mm. Puede ser de forma globular, ovalada, achatada o casi redonda, ligeramente elongada, plana, arriñonada, triangular y con la base puntiaguda; y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos (Figura 6.3.3). El embrión a su vez está constituido por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. Las semillas dentro del lóculo en sus últimas etapas de desarrollo aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Figura 6.3.3) (Lobo & Jaramillo, 1984); (Flores, 1986); (Zeidan, 2005). En un fruto se pueden encontrar entre 100 y 300 semillas dependiendo, proporcionalmente, del tamaño del fruto. Un gramo de semillas contiene entre 300 a 400 unidades.

Detalle de las semillas del tomate

Semillas de tomate dentro de la pulpa del fruto

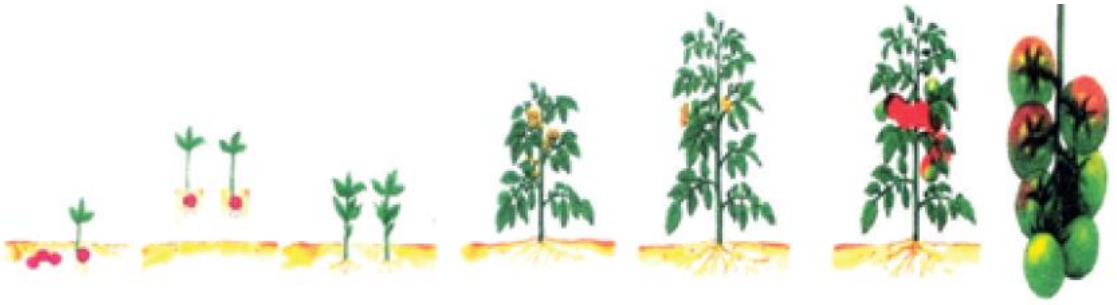
Figura 6.3.3 Características de la semilla del tomate

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

6.4 Fenología del cultivo

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

Una vez florece la planta se inicia la fase reproductiva, que incluye la etapa de floración la cual inicia a los 25 - 30 ddt, desde la formación del fruto y su llenado hasta la madurez para su cosecha, entre los 85 a 100 ddt. La etapa reproductiva tiene una duración cercana a los 180 días. Se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Pérez, Hurtado, Aparicio, Quirino, & Larín, 1996). El ciclo total del cultivo es de aproximadamente siete meses cuando el cultivo se lleva a diez racimos.



Semillero	Trasplante	Floración	Formación del fruto	Primera cosecha
0 – 30 Días	30 – 35 Días	28 – 35 Días	55 – 60 Días	85 – 90 Días

Ciclo total: 210 Días – 7 Meses Aprox. DDT – Días después del trasplante

Figura 6.4.1 Fases fenológicas de un cultivo de tomate

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

6.5 Materiales de tomate para la producción bajo invernadero

La producción de tomate bajo invernadero se basa principalmente en la siembra de híbridos. Entre las ventajas que presentan dichas semillas híbridas se destacan su alto vigor, buena uniformidad, alta producción, excelente calidad y tolerancia a algunas enfermedades.

El productor con el fin de garantizar el éxito en el cultivo debe comprar semillas certificadas, que sean producidas por compañías acreditadas y que estén apropiadamente empacadas; además, para asegurar la calidad de lo que está comprando, la etiqueta debe incluir las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla, incluyendo una evaluación que describa su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar. Por otra parte, los consumidores consideran de buena calidad un tomate con excelente apariencia, firme, de color y maduración uniforme, de buen sabor, buen precio y con una mayor duración en poscosecha por lo que es muy importante una correcta selección de la variedad.

7. FACTORES CLIMÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN

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.

7.1 Condiciones de crecimiento y manejo del clima adentro del invernadero

El tomate es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo requiere de una buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, manejo de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la recepción de los rayos solares, especialmente en época lluviosa cuando la radiación es más limitada (Pérez, Hurtado, Aparicio, Quirino, & Larín, 1996).

7.1.1 Altitud (msm)

El tomate puede cultivarse desde los 20 a los 2.000 msnm tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido.

7.1.2 Tolerancia a las heladas

Los tomates son vegetales de clima cálido, que no tienen tolerancia incluso a heladas leves. Estas plantas no sobreviven a temperaturas por debajo de los 50 grados Fahrenheit (10ºC). El rango de temperatura óptima para las mismas se encuentra entre los 75 y los 85°F (entre 24 – 29.5ºC). Los tomates en condiciones de mucho frío o humedad no prosperarán, y serán más susceptibles a infectarse y pudrirse (Tun, 2014).

7.1.3 Temperatura (°C)

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.

El tomate es una planta sensible a cambios extremos de temperaturas y/o humedades, siendo necesario mantener estas últimas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo. La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo durante el día debe estar entre 18 – 22ºC y en la noche no superior a 16ºC. Para el desarrollo productivo es necesaria una temperatura diurna entre 23 – 28ºC y en la noche, entre 15 – 22ºC. Cuando las temperaturas son mayores de 25°C y menores de 12°C la fecundación no se da o es muy baja, ya que se disminuye la cantidad y calidad del polen produciendo caída de flores y deformación de frutos (Martínez, 2001).

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

Consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas:

- Reducción de la cantidad y la viabilidad del polen, polen estéril.
- Reducción de la cantidad de flores y frutos por inflorescencia (Figura 7.1.1).
- Distorsión de las anteras, lo que impide una adecuada polinización.
- Elongación del estilo por encima de las anteras.
- Asimetría en la forma de la inflorescencia (Figura 7.1.1).
- Cambios morfológicos dados principalmente por la elongación y escasez de los entrenudos (Figura 7.1.1).
- 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 7.1.1) (Flores, 1986); (Martínez, 2001); (Zeidan, 2005); (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

Reducción de flores en el racimo | **Asimetría de la inflorescencia** | **Entrenudos largos** | **Mal llenado de frutos por mala fecundación**

Figura 7.1.1 Consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas:

- Reducción de la viabilidad y cantidad del polen.
- Distorsión y elongación del ovario y deformación del fruto (Figura 7.1.2).
- Distorsión de los estambres y, por lo tanto, mala polinización.
- Elongación de frutos (Figura 7.1.2).
- Frutos huecos por deficiencia en la polinización (Figura 7.1.2).
- Entrenudos cortos, densos y plantas compactas (Figura 7.1.2) (Zeidan, 2005); (Martínez, 2001); (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

Deformación de frutos | **Elongación de frutos** | **Frutos huecos** | **Entrenudos cortos**

Figura 7.1.2 Consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Cuando se produce un aumento de temperatura en un invernadero, esta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos, que son de necesario conocimiento en las plantas cultivadas bajo condiciones protegidas (temperatura óptima, mínima y máxima) (Cuadro 7.1.1).

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

Temperaturas máximas y mínimas biológicas: Indican valores, por encima o por debajo respectivamente, en los cuales no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa (como floración, fructificación, etc.).

Cuadro 7.1.1 Temperaturas y efectos producidos en el tomate

Temperatura	Efecto que produce en la planta
Mínima 8 – 12ºC	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 – 27ºC	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, floración y fructificación son adecuados.
Máxima 32 – 36ºC	Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre muerte de la planta.

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. Los rangos de temperatura en cada uno de los estados de desarrollo del tomate se presentan en el Cuadro 7.1.2.

Cuadro 7.1.2 Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo

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

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Las temperaturas elevadas en el momento de la apertura floral y llenado pueden provocar la caída de flores y de frutos junto a la formación de frutos pequeños o inmaduros, e igualmente producirse pudrición apical. En caso de presentarse temperaturas por debajo de los 10ºC por más de 4 horas durante la noche, deberá implementarse un sistema de calefacción. Es recomendable tener un termómetro de máximas y mínimas para monitorear de forma continua esta variable (Mercado & Rico, 2011).

7.1.4 Humedad relativa (HR %)

La humedad relativa óptima juega un papel importante dentro del invernadero, incidir directamente en la presencia de plagas y enfermedades y en los niveles de polinización. Cuando se alcanzan valores superiores al 80%, el grano de polen se aglomera y cuando son valores por debajo del 60% el grano de polen se deshidrata reduciendo el cuaje de los frutos. Además, una alta humedad incrementa la presencia de plagas y enfermedades. Por lo tanto, para el tomate se debe mantener un rango que oscile entre 60 – 80% (Mercado & Rico, 2011) y entre un 50% y un 65% para su óptimo crecimiento y fertilidad según (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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

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

En el caso contrario, cuando se produce una excesiva humedad al interior del invernadero, se reduce la transpiración de las hojas, lo que lleva a la planta a

desplazar el agua absorbida hacia los frutos; esto se produce con tanta presión que puede originarse un rajamiento de frutos.

7.1.5 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 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. Para determinar el porcentaje de ventilación se puede realizar con la siguiente fórmula:

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

Cuando existen corrientes de vientos calientes o fríos, se ve afectada la floración y se altera el balance fotosintético de las hojas. Los vientos fuertes, asociados con humedad relativa alta, son más propicios para el ataque de enfermedades bacterianas y de hongos.

En este caso se requiere la implementación de cortavientos para reducir la velocidad del viento, los que permiten reducir los daños mecánicos de vientos fuertes sobre las plantas contribuyendo a disminuir la evapotranspiración del cultivo y, en consecuencia, las necesidades de riego y a mantener la temperatura del invernadero evitando que este se enfríe, proporcionando un mayor balance térmico. Los cortavientos naturales y tradicionales a base de árboles, arbustos, especies aromáticas arbustivas o cañas, están paulatinamente siendo sustituidos por los de mallas de polietileno o polipropileno. Para su uso, las barreras cortavientos deben estar ubicadas a una distancia de 6 a 8 m del invernadero con el fin de evitar la interferencia de la luz (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

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.

Los principales propósitos para la ventilación dentro invernadero son:

- Remover la humedad al interior del invernadero.
- Eliminar el exceso de calor.
- Enriquecer el interior con CO_2 (remoción de gases tóxicos).

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

Sumado a lo anterior, en la noche baja la temperatura de la cubierta, del aire y de las superficies en el invernadero (estructura del invernadero, plantas y el suelo); por tanto, se debe evitar al máximo el escape del aire caliente a través del cierre de las cortinas, lo cual debe hacerse en promedio alrededor de las 3 o 4 de la tarde. Generalmente la cubierta es la superficie más fría sobre la que se deposita en su interior la condensación de la humedad del ambiente, y si la cubierta no tiene aditivos (anticondensación) la humedad se sitúa sobre el follaje de las plantas en forma de rocío, el cual es uno de los factores de mayor predisposición para el ataque de enfermedades como la gotera (*Phytophthora infestans*) y mancha gris (*Botrytis*

cinerea). Otra alternativa es la quema de leña o carbón dentro de recipientes metálicos en el interior del invernadero formando brasa (no llamarada) en las horas de la noche cuando esté más baja la temperatura, colocando los recipientes en sitios estratégicos al interior del invernadero y cuidando de no causar algún tipo de incendio. Dichos recipientes deben ser tapados dejando una pequeña abertura para la entrada de oxígeno a fin de mantener la llama prendida por un mayor tiempo. Es importante al día siguiente abrir el invernadero para permitir la salida del gas carbónico.

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

En los invernaderos no climatizados es importante la instalación tanto de termómetros que midan temperaturas máximas y mínimas, como de equipos que tomen datos de humedad (higrómetros) al interior del invernadero y que permitan conocer el comportamiento del clima para tomar medidas acerca del manejo de la ventilación buscando disminuir el impacto de estos cambios extremos (Figura 7.1.3).

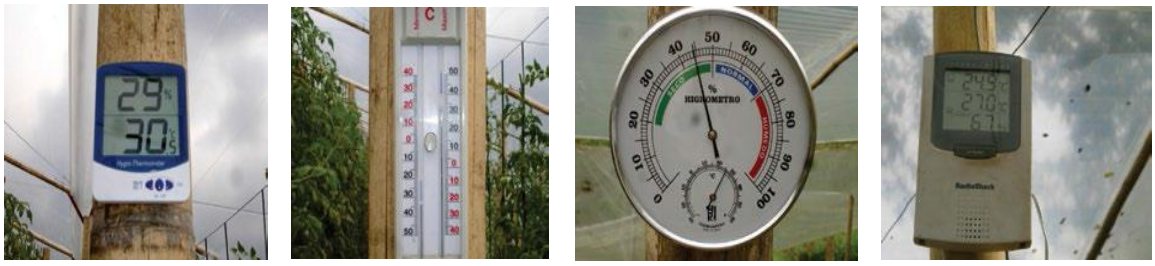


Figura 7.1.3 Diferentes termómetros y termo hidrógrafos para tomar temperaturas

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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

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

Alternativas para la reducción de temperaturas máximas:

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

Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas:

- Cierre de cortinas para evitar la entrada de aire frío que desplace el aire caliente.
- Pantallas térmicas (son más eficientes las aluminadas pero tienen un alto costo, instalación complicada y deben ser móviles).
- Cubiertas dobles (de polietileno de escaso espesor (50 a 100 micras; 1 micra = 0.25 galgas); estas reducen la transmisibilidad en un 10%).
- Calefacción (alto costo).
- Generadores de aire caliente (mediante la utilización de mangueras plásticas para una distribución homogénea del aire).
- Conducción de agua a altas temperaturas (30 a 40ºC) a través de tubería galvanizada.

Alternativas para la reducción de la condensación:

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

Alternativas para el aumento de la humedad relativa:

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

Alternativas para bajar la humedad relativa:

- La presencia de niebla o lluvia indica que la humedad relativa del aire es demasiado alta; las cortinas no deben ser abiertas bajo estas condiciones, pues la humedad del aire al interior del invernadero está más adecuada a las exigencias de las plantas que a la humedad de él, además no se permitiría mantener el calor suficiente al interior del invernadero debido a la baja radiación.

- Las plantas cultivadas en un invernadero transpiran menos que las que se cultivan a campo abierto, razón por la que necesitan un menor número de riegos. La irrigación debe ser realizada solamente cuando sea necesario, a fin de evitar que la evaporación del agua aumente la humedad relativa.
- El productor debe escoger las horas del día más adecuadas para regar las plantas, o sea en los periodos menos húmedos o en las horas de la mañana.
- La utilización de coberturas plásticas en el suelo que evitan la evaporación de la humedad contenida en él.
- Mantener el cultivo libre de malezas, las cuales con su transpiración contribuyen al aumento de la humedad relativa.

7.1.6 Luminosidad

Como impulsora de la fotosíntesis, la luz es fundamentalmente importante para la producción de los cultivos. El desarrollo y crecimiento de la planta son influenciados significativamente tanto por la cantidad como por la calidad de la luz. La energía luminosa también es relevante para otros factores. El cálculo de evapotranspiración (ET) para programar los riegos usa radiación solar como variable clave. Los largos periodos de humedad en las hojas o la alta humedad del ambiente, las cuales son condiciones propensas para contraer enfermedades, pueden ser mitigados con días soleados en contraste con días nublados. Es importante que los productores entiendan esta importante variable para producir plantas de calidad en forma eficiente (Reed, Nagpal, Pool, Furuya, & Chory, 1993); (Erwin, Rohwer, & Gesick, 2005); (Ellington, 2003). En el Cuadro 7.1.3, el productor podrá tener una referencia de los niveles e influencia de la luz en las plantas.

Cuadro 7.1.3 Efectos de la luz en las plantas

Nanómetros	Término	Efectos
280 – 315	Ultravioleta	Poca influencia en procesos morfogenéticos y fisiológicos, blanqueo de colores, causante de quemaduras y esporulación de algunos hongos.
315 – 400	Ultravioleta – Azul	Leve absorción por parte de la clorofila, influye en la fotoperiocidad, inhibe la elongación de las células, causante de quemaduras y esporulación de algunos hongos.
400 – 520	Azul	Alta absorción por parte de la clorofila y carotenoides, tiene una gran influencia en la fotosíntesis.
520 – 610	Verde	Absorción baja por pigmentos.
610 – 750	Roja	Baja absorción por parte de la clorofila, influye en gran medida en la fotosíntesis y en la fotoperiocidad, su bloqueo puede ralentizar el estiramiento.
750 – 1,000	Roja lejana	Baja absorción, estimula la elongación de las células, influye en la floración y germinación, su bloqueo puede ralentizar el estiramiento.
1,000 +	Infrarroja	CALOR – la absorción de energía se convierte en calor.

Fuente: (Spectrum, 2014).

En la mayoría de las plantas la tasa de crecimiento en cuanto a peso por unidad de área está influenciada por la radiación: a mayor radiación, mayor estimulación del crecimiento vegetativo y como resultado más alta producción, debido principalmente al incremento de la asimilación y producción de materia seca. La baja luminosidad incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, reduce la viabilidad del polen, limita la evapotranspiración, reduce la absorción del agua y nutrientes, y favorece la deficiencia de calcio o podredumbre apical del fruto. También, 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.

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

La producción y su calidad se ven severamente afectadas por el sombreo artificial o por la acumulación de polvo sobre la superficie externa de los plásticos (Figura 7.1.4), lo cual reduce la cantidad e intensidad de la penetración de la luz dentro del invernadero. La luminosidad también se ve afectada al interior del invernadero cuando se utilizan altas densidades de siembra, ya que las mismas plantas se producen sombreo entre sí, e igualmente al exceso de estructuras al interior del invernadero que reduce la cantidad de luz.

Figura 7.1.4 Acumulación de polvo sobre el plástico en un invernadero

Fuente: (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007).

7.1.7 Fotoperiodo

La planta de jitomate debe de recibir diariamente un mínimo de 8 a 16 horas de luz. En el tomate, la influencia de éste factor es menor que en otros cultivos, el nivel óptimo en intensidad de luz es intermedio, pero es conveniente que la luminosidad sea intensa cuando la planta está en producción (coloración de frutos), 12 horas diarias de luz es el mejor fotoperiodo: si es menor, el desarrollo es lento y, si es mayor la síntesis de proteínas se dificulta y los hidratos de carbono se acumulan en exceso (Garza & Molina, 2008). El crecimiento y desarrollo de la planta está condicionado por la intensidad de la luz, la cual depende de la época y el lugar de producción. Durante el verano en zonas de alta radiación se recomienda el uso de mallas sombras para evitar quemaduras en la hojas y frutos por exceso de radiación (Mercado & Rico, 2011).

Las plantas usan la luz para producir sus alimentos mediante el proceso que se denomina fotosíntesis, la luz es absorbida por las partes verdes (hojas y tallos) de las plantas cuando el espectro de luz es visible, es decir, entre los 380 y 750 nm (nanómetros), pero el espectro de luz óptimo para la planta es 430 y 662 nm (Figura 7.1.5), que corresponde a la luz azul-violeta y anaranjado. Por lo tanto, es importante que la cubierta de plástico del invernadero no bloquee las dos secciones del espectro de luz que requiere la planta. Por encima de los 750 nm se encuentra el espectro de luz infrarroja, este espectro es el que genera calor de manera que el plástico utilizado como cubierta de los invernaderos deberá dejar pasar este espectro de luz (si lo que se desea es guardar calor).

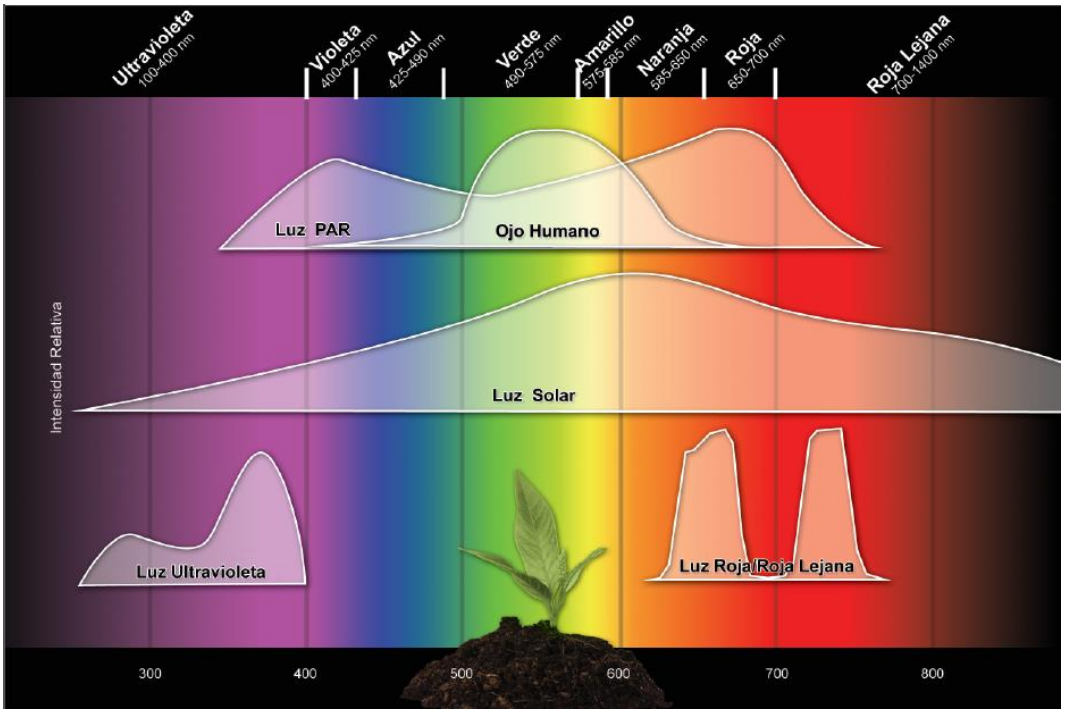


Figura 7.1.5 Rango del espectro de luz para las plantas

Fuente: (Spectrum, 2014).

Para que la iluminación solar sea utilizada adecuadamente se debe tomar en cuenta tanto la intensidad como la duración de la misma, es por esto, que se recomienda medir la intensidad de luz para poder hacer recomendaciones de cuando aplicar el blanco España o encalado. La iluminación se mide a través del fotómetro, para el tomate se reporta entre los 6,000 y 8,000 foot candle (Garza & Molina, 2008) (Cuadro 7.1.4).

Cuadro 7.1.4 Respuesta generalizada de las plantas a diferentes niveles de luz

Nivel relativo de Luz	DLI – Integración de Luz Diaria	Intensidad de Luz* al Medio Día	Respuesta General de Crecimiento
Muy bajo	2 a 5	100 a 200 (500 a 1,000 pc).	Baja calidad.
Bajo	5 a 10	200 a 400 (1,000 a 2,000 pc).	Mínima calidad aceptable.
Medio	10 a 20	400 a 800 (2,000 a 4000 pc).	Buena calidad.
Alto	20 a 30	800 a 1,200 (4,000 a 6,000 pc).	Excelente calidad.
Muy Alto (exteriores)	30 a 60	1,200 a 2,000 (6,000 a 8000 pc).	Excelente calidad.
			*Micromoles (□mol/m^{2}s) Pc = pie candela o foot candle.
Nota: No es posible hacer una conversión directa entre una medición instantánea de luz y DLI. También la temperatura es un factor clave en la calidad de la planta.			

Fuente: (Hamrick, 2003).

7.1.8 Radiación (Watts/m^2)

La radiación es esencial para la fotosíntesis, donde la energía obtenida es utilizada para sintetizar carbohidratos y donde se crea la materia orgánica de la planta. Para la floración y el cuajado el umbral mínimo de radiación total es 0.85 MJ/m^2, aunque es preferible mayor radiación en menor periodo de tiempo, que radiación más débil durante más tiempo. En función de cada fase de cultivo, las necesidades son diferentes (Cuadro 7.1.5) (Rodríguez F. , 2005).

Cuadro 7.1.5 Intervalo de radiación media diaria en función de la fase de crecimiento

Objetivo	Fecha	Radiación [MJ/m^2 día]
Crecimiento vegetativo antes de que aparezcan las flores.	Noviembre – Diciembre	0.5 – 1.5
Desarrollo de fuertes racimos y flores.	Enero - Febrero	1.0 – 10.0
Mantenimiento el balance de la planta.	Febrero – Abril	2.0 – 20.0
Mantenimiento la calidad de flores.	Mayo – Julio	10.0 – 27.0
Mantenimiento la calidad de frutos.	Agosto – Noviembre	3.0 – 12.0

Fuente: (Rodríguez F. , 2005).

Por último, la etapa de plántula o semillero en la que se recomienda no superar los 3.24 MJ/m^2 (900 w/m^2) puesto que disminuye la fotosíntesis y la transpiración, provocando plantas mal proporcionadas, débiles. En semilleros se maneja entre 0.72 MJ/m^2 (200 w/m^2) y 2.52 MJ/m^2 (700 w/m^2) (Lozano, 2010).

Alternativa para reducir radiación

Utilizar el método de encalar: Se agrega dos kilos de resina y 11 kilos de blanco España en 100 litros de agua, además se le puede agregar nopal picado como espesante de manera que tenga una mejor adhesión al plástico. La mezcla de agua, cal y baba de nopal se debe dejar reposar por tres días. Es importante que a la hora de echar el producto se filtre bien de manera que no tape la boquilla de la máquina aspersora. Con esta técnica, se logra reducir la temperatura de 4 – 10°C.

7.1.9 Dióxido de carbono (CO_2)

Este parámetro es uno de los principales determinantes de la producción, ya que forma parte de la fórmula base de la fotosíntesis. La concentración de CO_2 necesaria para un cultivo de tomate de ciclo largo durante un año según sus diferentes fases son las siguientes: en crecimiento vegetativo antes de que aparezcan las flores es de 700 – 1,000 partes por millón (ppm), en desarrollo de fuertes racimos y flores es de 500 – 700 ppm, en el mantenimiento del balance de la planta es de 900 – 1,500 ppm, en el mantenimiento de la calidad de las flores es mayor de 400 ppm y por último en el mantenimiento de la calidad de los frutos es de 1,000 – 1,250 ppm (Rodríguez, 2005). Asimismo, es importante mantener una cantidad de 300 – 350 ppm de CO_2 (concentración atmosférica) para el adecuado desarrollo de las plantas; esto se logra a través de la renovación del aire por medio de ventilación natural al interior del invernadero utilizando el sistema de ventanas laterales y cenitales (Mercado & Rico, 2011).

7.1.10 Suelo

Aunque el tomate puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en suelos profundos (1 m o más), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil. Suelos con temperaturas entre los 15 – 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante. El pH debe estar entre 5.5 y 6.8 y la conductividad eléctrica de entre 0 y 2.5 dS/m (Mercado & Rico, 2011).

Es importante recabar la información histórica de las siembras anteriores y conocer el comportamiento que tuvieron los cultivares previos, la existencia de los insectos – plaga, de los nematodos, de las enfermedades y de los herbicidas aplicados, ya que es posible que se tenga que tomar la decisión de cambiar a la siembra del sustrato, si las condiciones del suelo pronostican no ser favorables para el cultivo de tomate. De ser necesario, el suelo puede fumigarse con metam sodio o metam potasio (50 L/Ha), con formalina, con vapor de agua, o con la radiación solar y residuos orgánicos (biosolarización). No obstante, bajo condiciones protegidas es muy común que se utilicen sustratos por medio del método de semi – hidroponia donde se le va a suministrar parcial o completamente todos los requerimientos nutrimentales.

7.2 Desórdenes fisiológicos y nutricionales

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

Pudrición apical del fruto o “culillo” (Figura 7.2.1): Este desorden fisiológico se presenta en frutos verdes y maduros, manifestándose como una necrosis o pudrición en la parte apical del fruto, deteriorando su calidad.

Para prevenirlo pueden tomarse algunas medidas preventivas, entre las que se encuentran: encalar el suelo para subir el pH y aumentar la disponibilidad de calcio; mantener un buen nivel de calcio en la solución nutritiva; evitar el estrés de agua en el suelo, tanto por déficit como por exceso; evitar la alta o baja humedad relativa dentro del cultivo; utilizar variedades tolerantes a poco calcio en el suelo y efectuar aplicaciones foliares con productos a base de calcio como nitrato o cloruro de calcio, realizándolas en el momento de la floración (Zeidan, 2005).

Figura 7.2.1 Daño típico en fruto por una deficiencia de calcio

Grietas en frutos: Según (Zeidan, 2005); (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007) se presentan por:

- Riego irregular.
- Fluctuaciones de la humedad del suelo.
- Alta temperatura y alta irradiación del día y temperaturas nocturnas bajas.
- Diferencias extremas de temperatura entre el día y la noche, las cuales crean condiciones para la expansión y contracción de las células en el fruto.
- Variedades sensibles.
- Alta humedad del aire que limita la evaporación a través del follaje y crea estrés de agua causando rajamiento.
- Aparición de virosis, sobre todo TYLCV (virus de la cuchara).

- Plantas viejas con poca área foliar y escasa vegetación y/o hojas dañadas o defectuosas limitan la evaporación a través del follaje y esto puede causar un rajamiento debido al exceso de agua que alcanza el fruto.
- Poda fuerte de hojas que redunda en una disminución de la evaporación y pérdida de protección del fruto, lo cual incrementa el rajamiento debido a la presión de las raíces.
- Bajos niveles de nutrientes, especialmente potasio, calcio y magnesio, esenciales para la construcción y fortalecimiento de la pared celular.
- Tomates que son expuestos a los rayos directos del sol principalmente por pérdida de follaje.
- Altas concentraciones de azúcar y sólidos solubles en los frutos generan bajo potencial osmótico en el fruto más que en otras partes de la planta, fomentando la circulación de agua dentro del mismo y formando rajamientos. Esta causa es común en tomates cherry. Se pueden presentar tres tipos de rajamiento en los frutos (Figura 7.2.2):

Grietas radiales **Grietas concéntricas** **Grietas diminutas**

Figura 7.2.2 Rajamiento en los frutos

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

7.3 Medidas para reducir el rajamiento

Las medidas para reducir el rajamiento del fruto según (Zeidan, 2005) son:

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

7.4 Anomalías a causa de cambios bruscos en el clima

Malformaciones (Caregato): Es un desorden común en cultivos bajo invernadero que se presenta por la presencia de alta humedad relativa y bajas temperaturas, lo que conlleva a una disminución de la viabilidad y la cantidad del polen, y una distorsión tanto del ovario como de los estambres, produciendo la deformación del fruto acompañado de un tejido corchoso en las cavidades que se forman; esto hace que este tipo de frutos sean rechazados en el mercado (Figura 7.4.1).

Figura 7.4.1 Frutos con malformaciones Caregato

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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

Placenta descubierta: Esta se presenta por cambios bruscos en la humedad y en la temperatura, lo que ocasiona una mala polinización. El síntoma característico se presenta en los frutos, en los cuales se manifiesta una deformación dejando al descubierto la placenta en desarrollo donde se encuentran las semillas (Figura 7.4.2).

Figura 7.4.2 Fruto con placenta descubierta

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Caída de flores: Se da cuando la humedad relativa del invernadero está por debajo del 60% o cuando la planta está expuesta a vientos, lo cual evita la polinización normal de la flor, el polen se seca y causa su aborto, o también, el exceso de humedad relativa hace que el polen se humedezca, se compacte impidiendo la polinización y causando el aborto de flores (Figura 7.4.3). También se presenta por una deficiencia de boro en la planta, especialmente en época de floración, cuando se hacen aplicaciones excesivas de nitrógeno y por la presencia de enfermedades como moho gris o *Botrytis cinerea*.

Figura 7.4.3 Aborto de flores en la inflorescencia

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Maduración manchada (blotchy ripening): También denominado coloquialmente fruto “payaso”. Se presenta como una pérdida de color en ciertas áreas del fruto durante el proceso de maduración. Algunas áreas no se tornan del color rojo característico, sino que forman coloraciones bronceadas, las manchas no son uniformes ni en forma ni en tamaño y se extienden hasta cubrir gran superficie del fruto (Figura 7.4.4). Generalmente las áreas no maduras presentan mayor dureza que las áreas rojas. Este desorden se atribuye a una deficiencia de potasio.

Figura 7.4.4 Frutos con maduración manchada

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

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

Hoja enrollada: Se caracteriza por la presencia de un enroscamiento hacia arriba o hacia abajo de las hojas. Cuando el enroscamiento es hacia arriba es porque la planta es sometida a condiciones de estrés, por altas o bajas temperaturas (Figura 7.4.5), y cuando el enroscamiento es hacia abajo es por la exposición a la radiación directa del sol sobre la planta (Figura 7.4.5). Las plantas con esta

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

Hoja enrollada hacia arriba por condiciones de estrés en la planta

Hoja enrollada hacia abajo por alta radiación solar

Figura 7.4.5 Consecuencias de hoja enrollada

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Pérdida del punto de crecimiento o "planta macho": Cuando plantas de crecimiento indeterminado paran el punto de crecimiento por razones desconocidas, aparece una inflorescencia o una hoja en la corona similar a lo que sucede al final del punto de crecimiento en variedades determinadas. Es muy común en campo, cuando las plantas tienen una vegetación densa, un tallo delgado y grandes hojas como resultado de fertilización e irrigación incontroladas (Zeidan, 2005).

La desaparición del punto de crecimiento puede ocurrir tanto en semillero como en los primeros días del trasplante o después de la aparición normal de la 5 – 6 inflorescencia en la planta, y esta aparece en solamente un pequeño porcentaje

del cultivo. En ciertos casos la interrupción del crecimiento es total, mientras que en otros una nueva rama secundaria crece para reemplazar el punto de crecimiento (Figura 7.4.6) (Zeidan, 2005).

Figura 7.4.6 Plantas que perdieron su punto de crecimiento

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Frutos huecos: Este desorden en la planta es ocasionado por el excesivo uso de nitrógeno en la aplicación de fertilizantes, abuso de hormonas para el cuajamiento del fruto, baja radiación solar, una mala polinización y el empleo de variedades sensibles a esta anomalía. Por estas mismas condiciones, también pueden formarse frutos triangulares, que no poseen las mismas características de la variedad. Los frutos huecos presentan la formación de una cavidad o hueco entre la pared del fruto y la placenta que contiene las semillas, lo cual genera pérdida de firmeza en el fruto, acortando su vida útil (Figura 7.4.7) (Zeidan, 2005).

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

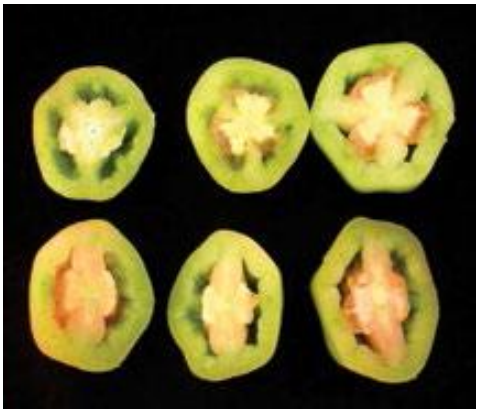


Figura 7.4.7 Frutos huecos

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Edema: Se caracteriza por protuberancias verdes como callos en las superficies superiores e inferiores de la hoja (Figura 7.4.8). Estas protuberancias pueden quebrarse a medida que crecen.

Figura 7.4.8 Edema por saturación de agua en las hojas

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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

combinación de alta humedad y baja temperatura. Los periodos prolongados de humedad favorecen el edema.

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

Fruto con estrías tipo cremallera: Se manifiesta en unas cicatrices delgadas bronceadas que van desde el cáliz del fruto hacia la base de este en diferentes longitudes y es causado por un problema de mala polinización, ya que al momento de formarse el fruto las anteras quedan adheridas en la pared del ovario (Figura 7.4.9). Aparece cuando hay extremos de temperaturas (altas o bajas) y exceso de humedad en el invernadero. Existen variedades más sensibles que otras.

Figura 7.4.9 Frutos con estrías tipo cremallera

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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 7.4.10). Se presenta cuando se realizan podas fuertes de hojas dejando el fruto descubierto, lo que aumenta repentinamente la temperatura del fruto ocasionando un daño en el tejido.

Figura 7.4.10 Frutos con golpe de sol

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

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

8. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

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

8.1 Actividades en el semillero

De acuerdo con (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003) comprende las actividades a realizar desde la preparación del semillero para la siembra, hasta el traslado de las plántulas a los invernaderos para su trasplante. Para facilitar la exposición se describe el proceso considerando charolas de 200 cavidades para realizar el trasplante en aproximadamente 30 días después de la siembra (dds).

8.1.1 Preparación del semillero

Pasos a seguir para la preparación del semillero:

- *Desinfección y limpieza del invernadero o del sitio del mismo usado como semillero* (generalmente se usa formalina o bases cuaternarias de amonio).
- *Lavado y desinfección de las charolas* (generalmente con jabón y agua y después cloro).
- *Humedecimiento del sustrato y llenado de charolas,* básicamente peat moss (Sunshine – mix, Soge – mix o alguna marca parecida preparada especialmente para semilleros) tratado para tener un pH entre 5.5 y 6.
- *Marcado para la siembra de la superficie del sustrato en cada cavidad,* a base de pequeñas incisiones (menor a 0.5 cm de profundidad). Puede hacerse de forma manual o mecánica.

8.1.2 Siembra

Pasos a seguir en el proceso de siembra:

- *Colocación de la semilla en las incisiones marcadas* (de preferencia sólo una semilla por cavidad).
- *Tapado de la semilla:* Lo recomendable es usar una capa de 0.5 cm de grosor de vermiculita por encima del peat moss. Ayuda a retener la humedad y como es liviana no impide el crecimiento de la semilla.
- *Riego:* Después de tapar regar profusamente con agua sola (o con una solución con 50 ppm de fósforo y 50 ppm de potasio como coadyuvantes de la germinación) provocando el drenaje por el fondo de las cavidades. El agua de riego de buena calidad (de preferencia menor a 1 mmho/cm de sales presentes) y estar a una temperatura entre 20 y 30°C[1].
- *Estibado y cubrimiento de charolas:* Es conveniente, para lograr una germinación más uniforme, estibar las charolas colocándolas una encima de otra formando grupos de 10; encima la última charola colocar otra vacía como aislante; juntarlas después de en cuatro conjuntos de 10 y cubrirlas completamente con polietileno para evitar la pérdida de humedad y conservar una temperatura estable. Las charolas así dispuestas deberán colocarse en un sitio protegido del frío y donde no de la luz solar directa por un espacio de 72 horas. La temperatura ambiente óptima es de 20 a 25°C.

8.1.3 Germinación, emergencia y crecimiento de plántulas

Los aspectos más relevantes a considerar dentro de este lapso son:

- *Extendido de las charolas en el semillero:* Después de tres días de estar estibadas, las charolas son destapadas y desestibadas para colocarlas en su lugar definitivo en el semillero.

---

[1] Estas características del agua deben mantenerse durante todo el periodo de semillero, independientemente de si los riegos se dan con agua o con soluciones nutritivas.

- *Germinación y emergencia:* Las semillas, para ese entonces, ya deben estar germinando aunque su emergencia ocurra dos o cuatro días después. Durante este periodo y hasta que se vean a simple las primeras hojas verdaderas (no los cotiledones) se deberán establecer riegos ligeros pero frecuentes (3 a 4 por día) con agua sola. La luz en el semillero deberá ser difusa y de una intensidad del orden de 3,000 a 6,000 pies – bujía (6 a 1,000 µmol de fotones/m^2/seg)[2].
- *Manejo de la nutrición:* A partir de la aparición de las primeras hojas verdaderas y hasta el momento del trasplante deberán darse todos los riegos con solución nutritiva. Esta solución generalmente oscilará en los siguientes rangos en ppm (mg/L): N = 100 – 150; P = 25 – 40; K = 100 – 150; Ca = 100 – 150; Mg = 20 – 40; S = 50 – 150; Fe = 1 – 3; Mn = 0.5 – 0.7; B = 0.3 – 0.6; Cu = 0.03 – 0.10; Zn = 0.03 – 0.10[3].

Muy eventualmente, y en función de la apariencia de las plántulas se considerará la aplicación de fertilizantes vía foliar. Se procurará que la conductividad eléctrica de la solución sea inferior a 2 mmhos/cm y el pH deberá ajustarse entre 5.5 y 6.5. En caso de sustrato la conductividad en el drenaje debe medirse diariamente y dar lecturas inferiores a 4 mmhos/cm; de no ser así deberá incrementarse la lámina de riego hasta un nivel en que se logre valores menores a la cifra mencionada. La temperatura de la solución deberá oscilar entre 18 – 25°C. El número de riegos por día estará en función de la edad de la plántula y las condiciones climáticas, pero se estima de 3 a 5 riegos/día.

---

[2] Luz directa de alta intensidad puede ocasionar daños por quemadura en la base del tallo debido a la ausencia de hojas que le den sombra. Esos daños eventualmente permiten la entrada de hongos patógenos difíciles de controlar como *Phytium* o *Fusarium*. Las gotas de agua en la base del tallo (favorecedoras de la esporulación de hongos), así como las sales que se evaporan ahí pueden actuar como lupas que aceleran el efecto quemante de los rayos solares.

[3] Molibdeno y cloro no se consideran pues se encuentran en el agua de riego y como impurezas en los fertilizantes a niveles superiores o los mínimos requeridos.

8.2 Actividades en el invernadero

Según (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003) comprende el conjunto de actividades que se le realizan al cultivo dentro de los invernaderos, desde los preparativos para el trasplante, hasta la limpieza de los mismos después de la cosecha.

8.2.1 Preparativos para el trasplante

A diferencia de las plántulas destinadas a cielo abierto, no se considera necesario y ni siquiera conveniente el "endurecer" las plántulas, mediante un tipo de estrés en el semillero, pocos días antes del trasplante, pues las condiciones en que éste se realiza son muy favorables y la plántula casi no resiente el cambio. Las principales actividades previas al trasplante son:

- *Esterilización o desinfección del sustrato o suelo:* Se recomienda hacer la esterilización del sustrato una vez al año o, a lo mucho cada dos ciclos de cultivo; existen varios métodos (vapor de agua, bromuro de metilo, vapam, formol, dazomet, solarización, etc.), siendo el más común, rápido y eficaz el que usa bromuro de metilo[4], aunque para el caso cuando el sustrato está en macetas es difícil, ya que hay que vaciarlas, esterilizar el sustrato y volverlas a llenar. En caso de que no se esterilice de un ciclo a otro el sustrato se puede desinfectar parcialmente con una solución de quintoceno (2 ml/L) y captan (2 g/L) a una dosis de 2 litros de solución por maceta, sobre todo para evitar hongos patógenos que suelen presentarse inmediatamente después del trasplante.
- *Limpieza y desinfección del interior del invernadero:* También es recomendable hacerlo después de cada ciclo o cuando mucho cada dos ciclos; los productos más comunes para la desinfección son el formol o las

[4] En todo caso, hay que hacer la esterilización con bastante antelación para asegurar que cuando se realice el trasplante ya no haya fitotoxicidad alguna en el sustrato debido al esterilizante usado (el periodo es diferente según el método).

sales cuaternarias de amonio, aplicados a presión. Se incluye techos, paredes laterales, cortinas, mallas antiáfido, estructura, equipos, mangueras, bolsas, piso de ground cover, etc. Previo a la desinfección hay que escombrar y limpiar los invernaderos, incluyendo el exterior de los mismos, donde debe deshierbarse en caso de ser necesario.

- *Alineación de bolsas* (en caso de ser sustrato de acuerdo al marco de plantación escogido y al sistema de producción a utilizarse.
- *Revisión y colocación de goteros o cintilla (según sea el caso):* Hay que asegurarse de que los goteros estén funcionando correctamente (si no limpiarlos o cambiarlos). Igualmente, detectar y corregir fugas en las líneas regantes y demás tuberías de conducción.

8.2.2 Trasplante

Para la realización de esta labor se debe tener un plan previo que incluya la densidad de plantación, las fechas de trasplante para cada invernadero, la hora más adecuada de iniciar y terminar los trasplantes que está en función de la condiciones climáticas que imperan en el lugar. Las principales actividades a desarrollar desde un día antes y hasta tres días después del trasplante son:

Riego pesado y elaboración de cepas en el sustrato o suelo para el trasplante: Un día antes del trasplante o el mismo día muy temprano en la mañana, hay que regar el sustrato a saturación con agua sola y hacer las cepas donde se colocarán las plántulas a trasplantar; éstas cepas deben ser lo suficientemente profundas para que las plántulas con todo y su cepellón queden enterradas a la profundidad deseada y evitando que las raíces queden dobladas hacia arriba.

Traslado de charolas a los invernaderos: Inmediatamente antes del traslado deberá darse un riego pesado a las charolas, colocarlas en el carrito de traslado y taparlas para protegerlas de una eventual contaminación en el camino a los invernaderos; el traslado debe hacerse lo más rápido posible, y ya en los invernaderos colocar las charolas en un lugar fresco y sin insolación directa.

Trasplante: Con las manos previamente desinfectadas, golpear la base de la charola cuyas plántulas se van a sembrar para aflojar y poder extraer las plántulas con todo y su cepellón (el sustrato de las charolas debe estar mojado) e irlas colocando en las cepas de cada maceta o suelo, mientras que otros trabajadores van tapando (apasionando bien para favorecer el contacto de la nueva raíz con el nuevo sustrato)[5].

Cuidados: El día del trasplante y los dos días posteriores al mismo se deben procurar cuidados especiales a las plantas, ya que su sistema radical está muy limitado y pudo haberse dañado con el trasplante, quedando muy susceptibles a marchitarse; por ello hay que procurar mantener una humedad relativa alta (del orden del 70%), evitar la insolación directa (puede usarse una malla sombra sobre el techo del invernadero o pintarlo con un tinte de fácil lavado), vientos fuertes y altas temperaturas; asimismo hay que regar varias veces al día con una solución nutritiva similar a la del semillero.

8.2.3 Labores de cultivo

Se refiere a las actividades que se realizan sobre el cultivo desde el trasplante hasta la cosecha. Las labores consideradas para el tomate son las siguientes de acuerdo con (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003):

Tutoreo: Esta labor comienza desde los 15 a 30 ddt; consiste en guiar verticalmente a las plantas. Existen muchos métodos de entutorado; el que con más frecuencia se usa a nivel internacional consiste en colgar cordones de rafia a partir de ganchos especiales, los cuales se sujetan de alambres gruesos (calibre 10 o 12) colocados a lo largo de las hileras de plantas y sostenidos de la estructura del invernadero a una altura de 3 a 3.5 m del suelo. La rafia es sujetada por anillos de plástico que abrazan el tallo de tomate. Normalmente, se coloca un anillo cada 50

---

[5] Algunos productores acostumbran sumergir las raíces con todo y cepellón por 5 a 10 segundos a una solución fungicida (captan 2 g/L + benlate 2 g/L o quintoceno 1 ml/L + captan 2 g/L) y luego trasplantar.

a 70 cm a lo largo del tallo de la planta, conforme va creciendo ésta. Otra forma más común y más simple es atar el hilo de la base de la planta y de un alambre superior guiando la planta en forma de espiral alrededor del mismo.

Deschupone: Consiste en la eliminación de los brotes laterales (chupones) conforme vayan apareciendo, con la finalidad de conducir la planta a un solo tallo evitando que los asimilados producidos en la fotosíntesis se desperdicien en crecimiento vegetativo o reproductivo no deseado. Esta labor se inicia aproximadamente a los 20 a 30 ddt y continúa a lo largo de todo el ciclo, en tanto la planta siga creciendo.

Para disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades es conveniente que esta labor se realice manualmente, desinfectándose las manos periódicamente con una solución de cloro (más o menos cada que se deschuponan 50 planta, lo ideal sería cada planta). Se debe tronchar el brote desde la base sin hincar las uñas[6]. Los brotes cortados debe colocarse en botes y sacarse lejos de los invernaderos, donde se dispondrá de ellos en forma que no actúen como agentes contaminantes (alimentación para borregos o cabras, compostas, enterrado o quemado). Se debe deschuponar tan frecuente como sea necesario (hasta una o dos veces por semana) para evitar que el chupón sobrepase los 10 cm de longitud, ya que además de evitar gastos de fotoasimilados, la labor es más fácil y no se producen lesiones grandes que pongan en riesgo la sanidad del cultivo; con todo es necesario después de cada deschuponeo aplicar fungicida de amplio espectro como preventivo (Por ejemplo: Manconzeb con cobre, Benlate o Ridomil).

Deshojado: Esta actividad consiste en quitar paulatinamente las hojas inferiores. Cuando las plantas crecen, las primeras tres o cuatro hojas (de abajo hacia arriba), generalmente quedan muy sombreadas por las hojas superiores y ya no contribuyen con fotoasimilados a la planta, además generalmente están en contacto con el

---

[6] El corte con tijera o el uso de las uñas para deschuponar implica una mayor posibilidad de poner en contacto la savia del floema de diferentes plantas, condición que promueve la infección de plantas enfermas hacia plantas sanas. Al tronchar se evita tocar la savia del floema.

sustrato o suelo húmedo y entorpecen la circulación normal del aire por lo que son susceptibles a enfermarse y con ello enfermar a la planta; por ello se recomienda removerlas desde unos 40 a 60 ddt. Por otro lado, para poder acostar las plantas debido a su crecimiento indeterminado, cuando sobrepasa los 2 a 2.5 m de altura, sin que las hojas queden en contacto con las macetas o con el suelo, conforme madura cada racimo, se quitan las hojas inferiores a él. Por las mismas razones sanitarias que el deschupone, la remoción de las hojas se debe hacer tronchándolas y no cortándolas con las uñas o con tijera o con navaja.

En plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres por cada racimo floral: la hoja A se ubica inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral y es la responsable del 75% del llenado del fruto, en tanto que la hoja B se ubica inmediatamente por encima del racimo y colabora con cerca del 15% del llenado del fruto, y la hoja C, que está por encima de la hoja B, aporta el 8%, repartiendo sus fotosintetizados en forma bilateral para el racimo 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, razón por la que las hojas A, B y C no deberían ser removidas sin un llenado óptimo del racimo.

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

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

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

Polinización: Las flores del tomate son hermafroditas y se autopolinizan cuando las condiciones de luz, temperatura, humedad relativa y viento son adecuadas. Una buena polinización y fecundación es especial para el amarre de los frutos y para el tamaño final que alcancen los mismos. En general las flores de las plantas requieren el movimiento del viento (o mecánico) para soltar su polen sobre el estigma y fertilizar los óvulos. Un método muy empleado en la actualidad es el uso de colmenas de abejorros en el interior de los invernaderos, por lo que habrá que sujetarse a las especificaciones de manejo señaladas por los proveedores de éstas como Koppert, sobre todo en cuanto a las fechas de colocación, el tiempo de actividad de una generación, los cuidados cuando se aplican insecticidas (productos compatibles e incompatibles con abejorros), etc. Otra forma de lograr el mismo propósito es agitar las flores, y esto puede lograrse soplándoles con una mochila espolvoreadora sin producto, sólo que se tiene el riesgo propagación por el movimiento de esporas de una planta a otra a través del viento.

Eliminación o raleo de flores y frutos pequeños: El crecimiento de los frutos generalmente se da en un ambiente de fuerte competencia por asimilados con otros frutos en crecimiento, con la continuación del crecimiento vegetativo (tallo y hojas nuevas) y con la raíz. Cuando crecen simultáneamente varios frutos, la competencia por asimilados entre ellos puede hacer que su tamaño sea menor, lo que comercialmente es castigado con un menor precio; por ello, una práctica común consiste en eliminar de cada inflorescencia un cierto número de flores o frutos muy pequeños a fin de que los que se dejan alcancen un mayor tamaño y buen precio. De acuerdo a las condiciones ambientales y el vigor de las plantas de cultivares tipo bola, se recomienda dejar entre 4 y 6 frutos por racimo en los primeros 6 racimos y de 3 a 5 frutos del séptimo racimo en adelante. La eliminación de las flores es una

labor periódica y de hace manualmente quitando las flores o frutos menos desarrollados o más débiles de cada racimo.

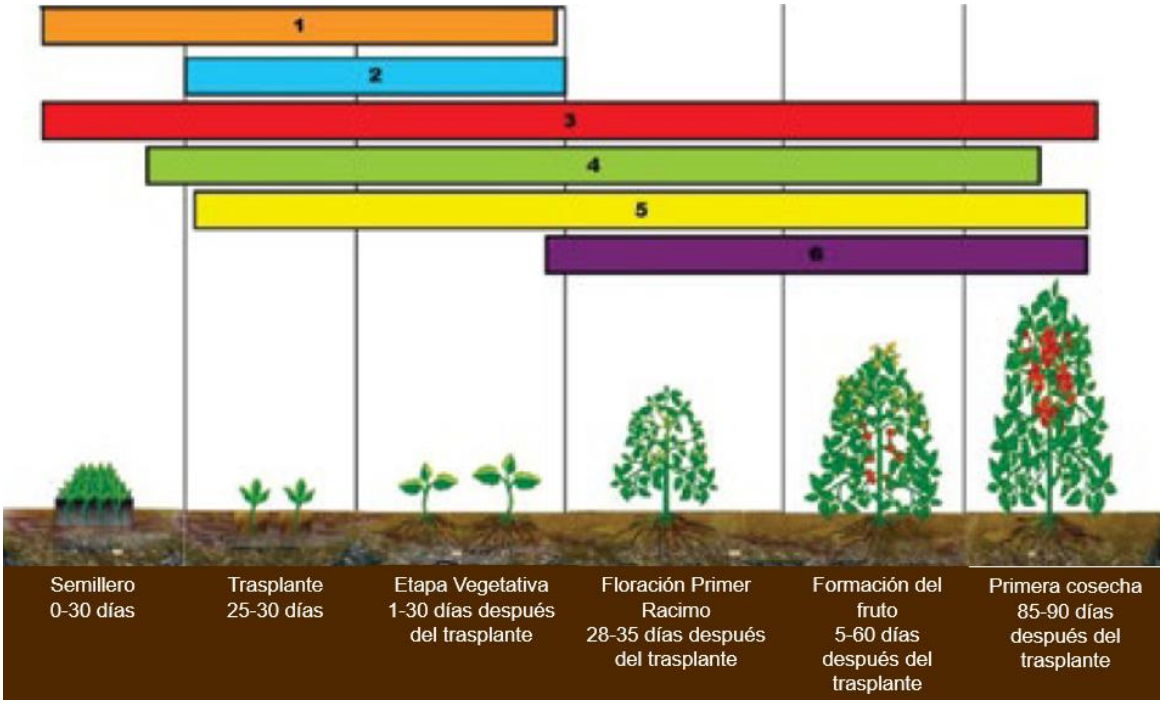
Bajado de las plantas: Es una labor relacionada con el tutoreo. Cuando las plantas alcanzan entre 2 y 2.5 m de altura, generalmente ya se inició la cosecha de los primeros racimos; para evitar que llegue al techo del invernadero donde las condiciones ambientales son más desfavorables y para facilitar la cosecha y otras actividades como los deschupones, es conveniente bajar las plantas acostando parte del tallo, sobre unos alambres en forma de “M” para evitar el contacto con el suelo. Esto se hace podando previamente las hojas inferiores hasta el último racimo que se ha cosechado, después de lo cual se va desenrollando la rafia de los ganchos especiales que la sostienen enredada, hasta que toda la parte del tallo a la que se le podaron las hojas quede en posición horizontal. Esta labor también se va haciendo periódicamente, conforme la planta sigue creciendo y sus racimos se van cosechando, de tal manera que la altura de la planta con carga siempre permanezca entre 2 y 2.5 m, eso sí, siempre evitando que los frutos toquen el suelo.

Despunte: Esta labor consiste en eliminar el crecimiento (yema) terminal de la planta, como si se tratara de un chupón, cuando se ha decidido ya parar el crecimiento o terminar la cosecha a un cierto número de racimos por planta. Se hace de la misma manera que el deschupone tronchando la punta de la planta. Se deben dejar dos hojas por encima del último racimo para que éste tenga un buen llenado.

8.2.4 Manejo de las condiciones fitosanitarias

El logro de altos rendimientos y calidad en los invernaderos involucra también el mantener los cultivos relativamente libre de plagas y enfermedades, que al atacar el follaje, las raíces, los tallos, las flores o los frutos, merman la producción y bajan la calidad o peor aún que sean causantes de virus y acabe con los cultivos. Hay que considerar sin embargo, que muchos de los plaguicidas usados para atacar plagas y enfermedades son persistente y pueden afectar la salud humana, aún en muy bajas concentraciones. Por ello debe ponerse especial atención (y hasta exageración) en la prevención. En caso de ser necesario un tratamiento curativo hay que hacerlo de inmediato con productos permitidos, amables con el ambiente y con el ser humano y respetando dosificaciones e intervalos de seguridad. Los siguientes son los aspectos más importantes a considerar para el manejo de las condiciones fitosanitarias que citan (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003):

Inventario y catálogo de plagas y enfermedades del tomate: Es muy importante contar con catálogos ilustrados con fotografías e inventarios de las plagas y enfermedades que se presentan en el tomate incluyendo información que permita identificarlos, etapas del cultivo (Figura 8.2.1) y condiciones que favorezcan su aparición, métodos efectivos de prevención y control, productos que se puedan usas según la normativa que imponga el mercado al que se destinen y dosificación, cuidados para el manejo y la aplicación de los productos, etc. Por lo tanto, el encargado de esta área debe tenerla bien estudiada, para saber qué hacer (preventiva o curativamente) en cualquier contingencia. Asimismo, se debe contar con un botiquín de primeros auxilios que incluya los antídotos específicos para cada producto en caso de intoxicación.



1. Trozadores (Agrotis, Babosas) – Franja Naranja
2. Comedores de follaje (Epitrix) – Franja Azul
3. Chupadores (Pulgón, Trips, Ácaros, Mosca Blanca) – Franja Roja
4. Minadores (Lyriomiza) – Franja Verde
5. Larvas de follaje (Manduca, *Trichoplusia, Tuta*) – Franja Amarilla
6. Larvas de flores y frutos (*Tuta,* Helionithis, Neoleonucinodes, Prodiplosis) – Franja Morada

Figura 8.2.1 Incidencia de plagas según la etapa de cultivo

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Manejo del invernadero para prevenir plagas y enfermedades: El invernadero es una instalación que se debe diseñar como una barrera física para evitar el acceso de las plagas a las plantas de cultivo y las condiciones desfavorables que se presenten y que propicien el desarrollo de enfermedades. Por ejemplo, el acceso a insectos vectores y además portadores de virus, el mojado de lluvias y el daño mecánico causado por el viento o el granizo; aislando el suelo del sustrato hidropónico para evitar el acceso de polvo contaminado y el crecimiento de malezas hospederas, controlando la humedad relativa; etc.). Para el caso de suelo, el aislamiento con ground cover. Considerando lo que se ha pagado por los invernaderos para proteger a las plantas del exterior, lo valioso del cultivo, lo que se puede ahorrar en pesticidas y el valor agregado que se le da a la cosecha por estar

libre de ellos, se justifica hasta el ser exagerado en las medidas de prevención. Las principales acciones de prevención son:

a) *Proteger todas las ventanas de ventilación con malla antiáfido:* deben ser lo suficientemente cerradas como para impedir la entrada de insectos tan pequeños como los trips (40 x 25 o 40 x 40 hilos por pulgada). En caso de detectar alguna rasgadura o huecos no cubiertos se debe reparar de inmediato.
b) *Cubrir el suelo del invernadero con un material opaco:* Se evita la eventual contaminación del sustrato con nematodos, hongos o bacterias patógenas presentes en el suelo y para impedir el crecimiento de malezas. Se puede hacer con cemento o cubrirse con ground cover negro.
c) *Tener una puerta de doble acceso:* Para entrar al invernadero lo primero que se debe hacer es sacudirse muy bien la ropa (si se hiciera con un cepillo mejor) para quitarse de encima posibles insectos adheridos a ella; después entrar al espacio entre las dos puertas de acceso, cerrar la puesta exterior, limpiarse los zapatos con una solución desinfectante (tapete sanitario) y si se van a manipular plantas, lavarse las manos con una solución de cloro u otro desinfectante; después de eso entrar al invernadero cerrando inmediatamente la puerta interior.
d) *Manejar la humedad relativa:* Ya se indicó la buena ventilación del cultivo para prevenir enfermedades, pues en general las humedades relativas altas pueden favorecer la aparición y propagación de hongos y bacterias fitopatógenos. La circulación de aire y su renovación por aire del exterior son fundamentales para prevenir enfermedades, por ello debe manejarse adecuadamente la apertura y cierre de ventanas.
e) *Manejo de la nutrición:* Una buena nutrición mineral contribuye a formar plantas más fuertes y resistentes a las enfermedades. Por ejemplo, la formación de paredes celulares gruesas hace más difícil la penetración de hifas de hongos y de los estiletes de insectos chupadores (potasio y calcio son los principales implicados). Plantas con excesos o deficiencias

nutricionales o estresadas por factores ambientales son más susceptibles a ataques de patógenos, incluyendo virus. Si una planta estresada se enferma, el efecto suele ser más grave que cuando se enferma una planta bien nutrida y no estresada.

f) *Manipulación de las plantas:* Cuando se hagan labores culturales como deschupones, deshojes o despuntes, los trabajadores deben usar guantes de plástico y llevar consigo un bote con solución desinfectante (cloro) para que cada cierto número de plantas trabajadas (5 a 10, ideal en cada planta) se laven los guantes con esa solución. Dado que se provocan heridas en las plantas, conviene que, después de terminar la labor, se aplique un fungicida preventivo con acción bacteriana (por ejemplo, Mancozeb con cobre).

   Se recomienda hacer estas labores en la mañana pues la aplicación del fungicida no debe hacerse muy tarde para evitar que follaje permanezca mojado mucho tiempo y la aplicación pueda ser contraproducente. Los brotes, hojas o demás estructuras podadas deben ser recogidos y llevados lejos del invernadero donde se utilizará como forraje, se quemarán o se enterrarán. En caso de que haya plantas sospechosas de enfermedad en el invernadero, primero se harán labores en las plantas sanas y por último se manipularán aquellas. Inmediatamente después de finalizar la cosecha se deberán remover las plantas (no dejarlas más tiempo, pues representan un foco de reproducción de estructuras reproductivas de hongos y de otras fuentes de infección), procurando sacar toda la raíz (aunque con ello se pierda el sustrato, si es el caso), pues el dejarla también representa un foco de infección para ciclos futuros; una vez hecho esto los invernaderos deben permanecer completamente cerrados durante el tiempo que no se usen (incluyendo el cierre completo de las ventanas) para favorecer la muerte de patógenos por altas temperaturas, proceso que se conoce como solarización.

g) *Aplicaciones preventivas:* Cuando a pesar de las medidas anteriores se tengan condiciones favorables para la presencia de enfermedades o de algunas plagas como ácaros, puede ser conveniente al hacer aplicaciones

preventivas de fungicidas o acaricidas en bajas dosis (sobre todo de productos sistémicos o de cierta residualidad, pero amables con el ambiente y sobre todo con los abejorros si se está polinizando con ellos.

Métodos de identificación de plagas y enfermedades: A fin de detectar y corregir problemas de plagas y enfermedades antes de que ocasionen un problema serio es conveniente realizar una serie de actividades. En primer lugar se deben hacer recorridos frecuentes en los cultivos (cada dos o tres días), principalmente con la persona familiarizada con las principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo. Hay que revisar las hojas tanto por el haz como por el envés a fin de detectar la presencia de huevecillos, minadores, ácaros o cualquier anormalidad; hay que buscar lesiones o alteraciones en los tallos; examinar las flores y si éstas corresponden a patógenos o a desórdenes fisiológicos; por último, en caso de encontrar plantas marchitándose, averiguar si es una lesión vascular, falta de riego o un patógeno. En caso necesario tomar muestras para proceder a su identificación con catálogos fotográficos y textos; si aún persisten las dudas, enviar muestra de inmediato a laboratorios especializados para identificar el problema y actuar en consecuencia.

Puede ser conveniente utilizar papel especial de colores atrayentes con adhesivo para monitorear la llegada y la intensidad de plagas como de mosquitas blancas y pulgones en color amarillo y trips de color azul a fin de establecer programas adecuados para su control.

Programas de aplicación preventiva y curativa: Estos programas son difíciles de establecer desde el inicio del ciclo debido a que se ignora en buena medida como van a ser las condiciones climáticas a lo largo de la estación de crecimiento y producción del cultivo y, por lo tanto, que plagas o enfermedades se pueden presentar. Ya se indicó que durante la etapa de semillero o incluso inmediatamente después del trasplante se puede considerar la aplicación de un insecticida sistémico como Confidor, sobre todo si se detecta mosquita blanca o minador. También, se señaló la aplicación de fungicidas preventivos de amplio espectro y de acción

bactericida como Mancozeb con cobre después de la realización de actividades como deschupones o las podas de hojas. La aplicación de fungicidas preventivos más específicos hacia *Phytophthora* y *Botrytis* debe considerarse cuando se tienen humedades relativas altas durante cierto tiempo (por ejemplo varios días lluviosos y nublados) y el follaje ya está grande. La aplicación de productos de azufre agrícola o de un acaricida persistente puede considerarse si hay varios días consecutivos soleados y secos (baja humedad relativa) ya que bajo estas condiciones se propicia la aparición de ácaros.

La acción curativa será específica para cada plaga o enfermedad identificada como problema, considerando la etapa fenológica, la residualidad e inocuidad de los productos a aplicar y el daño potencial a los abejorros encargados de la polinización y respetando las dosis y los intervalos de seguridad permitidos según la normatividad establecida para los clientes del producto. Un programa de dichas aplicaciones como referencia se puede observar en el Cuadro 23.1.

Esterilización del sustrato y desinfección de los invernaderos: Ya se dieron los pasos a seguir para esta actividad en el apartado referente a preparativos para el trasplante. Según el producto que se escoja para esterilizar o desinfectar, hay que ajustarse a las dosis y procedimientos recomendados por los fabricantes.

9. PRINCIPALES PLAGAS DE INVERNADERO

9.1 Mosca blanca

Bemisia tabaci ***Trialeurodes vaporariorum*** ***Bemisia argentifolii***

Figura 9.1.1 Mosca blanca

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción: Insectos cuyos adultos tienen el cuerpo recubierto de una fina capa de polvo blanco de aspecto harinoso (Figura 9.1.1). Parasita más de 300 especies de plantas, incluyendo ornamentales, malas hierbas y cultivos hortícolas. Su ciclo de vida se puede observar en la Figura 9.1.2. Cabe destacar dos especies de mosca blanca, las cuales son más comunes de encontrar *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporarirum*, el Cuadro 9.1.1 presenta algunas características que ayudarán a diferenciarlas.

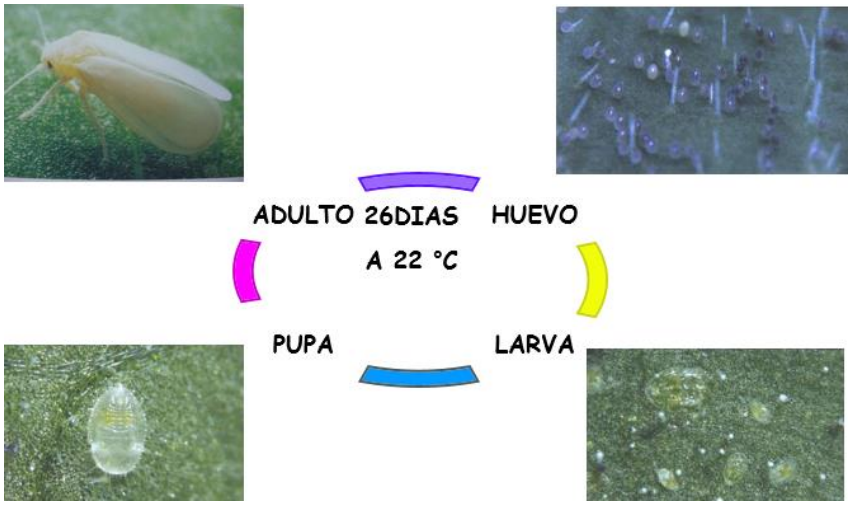


Figura 9.1.2 Ciclo de vida de la mosca blanca

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Cuadro 9.1.1 Principales diferencias entre *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*

	Bemisia	Trialeurodes
Huevos	Claros y aislados.	Negros y agrupados.
Larvas	Difícil distinguir.	Difícil distinguir.
Pupas	Curvas y pocos filamentos.	Sin curvas y muchos filamentos.
Pupas vista lateral	Forma de gota.	Forma de caja.
Adultos	Más pequeña y amarilla. Alas a dos aguas, se ve el cuerpo entre las alas.	Más grande y blanca. Alas más amplias, más blanca, no se ve el cuerpo.
Donde se encuentra	En toda la planta (no aguanta tanto calor y baja a la sombra).	En la parte alta.
Transmisión de virus	Sí transmite virus al tomate.	Casi no transmite virus al tomate.
Resistencia a químicos	Mayor resistencia.	Menor resistencia.

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños:

Directos: Son insectos chupadores, se alimentan de la savia y contenidos celulares. En ataques intensos se producen síntomas de deshidratación, detención y disminución del crecimiento. Las poblaciones se encuentran en el envés de la hoja y los daños se manifiestan con clorosis en el haz (Figura 9.1.3).

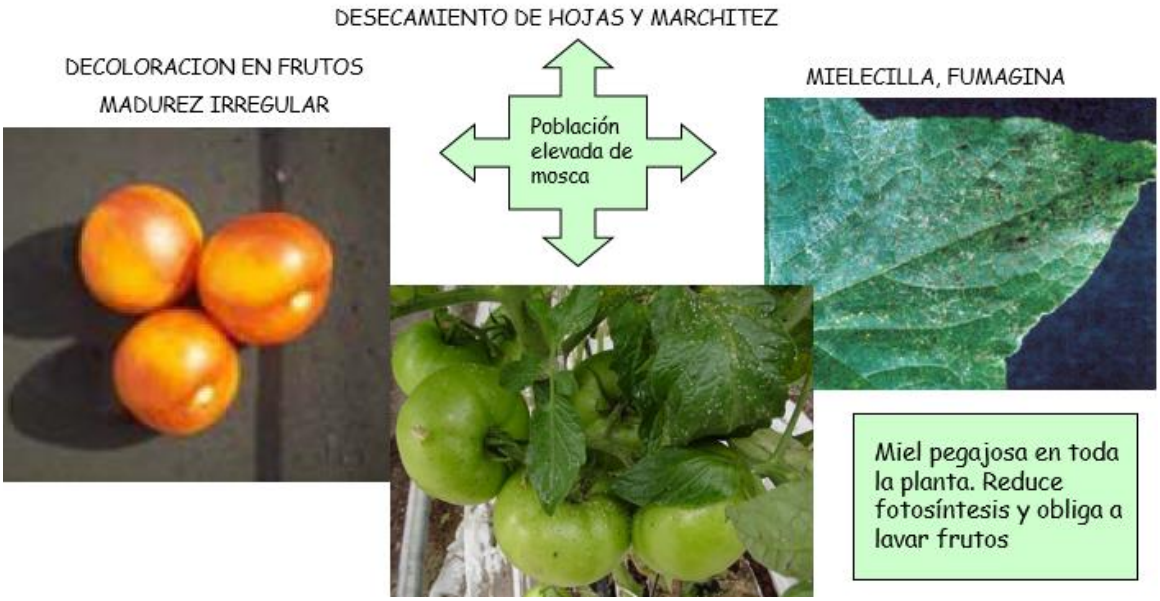


Figura 9.1.3 Daños directos e indirectos por mosca blanca

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Indirectos: Debido a la secreción de mielecilla se provoca asfixia vegetal, dificultad en la fotosíntesis, disminución en la calidad de la cosecha y mayores gastos de comercialización (Figura 9.1.3).

Transmisión de virus:

Esta plaga es capaz de transmitir gran cantidad de virosis (hasta más de 25 virus). Destacando entre ellos el TYLC (tomato yellow left curt virus) virus de hoja de cuchara (Figura 9.1.4).

Figura 9.1.4 TYLC (tomato yellow left curt virus) virus de hoja de cuchara por mosca blanca

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control preventivo:

- Eliminar las malas hierbas portadoras y los restos de cosechas anteriores en el interior y alrededores del invernadero.
- Emplear plantas sanas.
- Colocación de mallas antiáfidos y dobles puertas.
- Empleo de trampas cromáticas amarillas (placas pegajosas) para la detección de las primeras infestaciones por la plaga.

Control químico:

- **Confidor®** (Imidacloprid):
    - De 3 a 5 días antes del trasplante, diluir 4 ml en un litro de agua por cada 2 000 plántulas y asperjar.
    - Hacer una aspersión foliar en cultivos establecidos al observar los primeros ataques de la plaga.
    - Tiempo de Reentrada (TR): 12 horas.
    - Intervalo de Seguridad (IS): 21 días.

9.2 Áfidos o pulgones

Aphis gossypii

Macrolophus caliginosus

***Myzus* sp.**

Figura 9.2.1 Áfidos o pulgones

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción:

- Insectos chupadores (Figura 9.2.1).
- Cuerpo blando pequeño (2 – 3 mm) de aspecto globoso y forma redonda u ovalada.
- Hay pulgones ápteros (sin alas) y alados.
- El color puede variar, depende mucho del cultivo que se alimente, no sirve mucho para identificación de especies. Puede ir del blanco al negro, pasando por verde, amarillo, gris, rosa, rojo y pardo.
- Antenas del largo del cuerpo.
- Se encuentran en la parte alta de la planta, hojas jóvenes, en el haz. Le atrae el color verde amarillento de las hojas jóvenes.
- Segregan un líquido azucarado y pegajoso.
- Se puede reproducir de forma sexual o asexual (Figura 9.2.2).

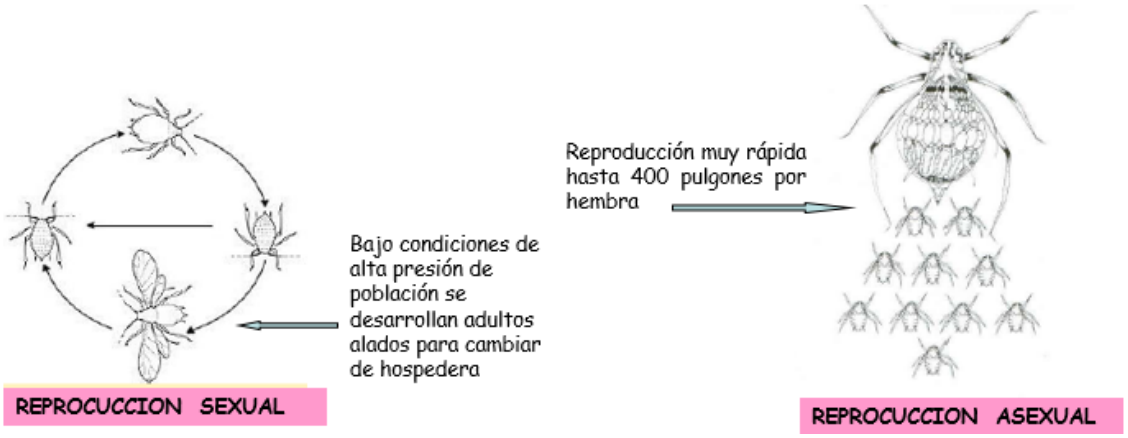


Figura 9.2.2 Reproducción del pulgón

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Características del Macrosiphium euphorbiae: Es el que más frecuentemente se puede encontrar en tomate. Es de colores verde, rosa o rojo. Sus antenas son más largas que el cuerpo, patas largas, ojos rojos y franja oscura a lo largo del dorso (Figura 9.2.3).

Figura 9.2.3 Características del pulgón *Macrosiphium euphorbiae*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños:

Directos: Se alimentan del floema, extrayendo nutrientes de la planta y alterando el balance de las hormonas del crecimiento:

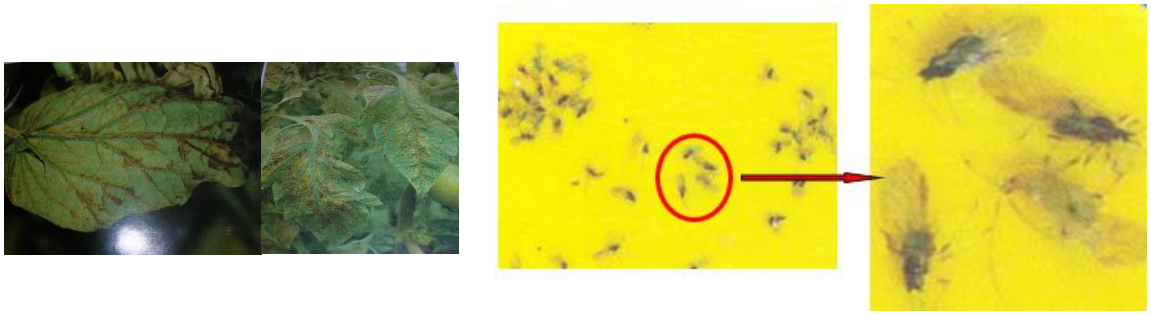
- Retarda el crecimiento, deforma la hoja y debilita la planta.
- Secretan una mielecilla sobre la que se desarrolla la fumagina (negrilla), lo que reduce la fotosíntesis y mancha los frutos (Figura 9.2.4).
- Inyecta toxinas formando agallas o malformaciones en la cabeza de la planta
- Si el ataque es muy severo puede secar la planta.

Figura 9.2.4 Daños directos causados por pulgones

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Indirectos: Los adultos, especialmente los alados son transmisores de diferentes virus. Como el virus del mosaico de la alfalfa y el virus Y de la papa. Los virus que transmiten los pulgones son virus no persistentes, se transmiten en periodos muy cortos y muy fácilmente de manera mecánica (Figura 9.2.5).

- Reducción de la fotosíntesis.
- La segregación de mielecilla favorece el desarrollo de negrilla (*Cladosporium* spp.)
- Pueden transmitir sustancias tóxicas.
- Vectores de virus fitopatógenos.



Daños indirectos causados por pulgones

Pulgones en estado adulto en trampas

Figura 9.2.5 Daños indirectos por pulgones y su detección en estado adulto en trampas

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Si se encuentran en trampas, serán adultos alados y vendrán de fuera a no ser que se tengan ya colonias muy fuertes instaladas en el cultivo, revisar trampas (Figura 9.2.5).

Control preventivo:

- Colocación de mallas en las ventanas del invernadero.
- Eliminación de maleza y restos de cultivos del interior y proximidades del invernadero.
- Colocar trampas cromotrópicas amarillas. Las trampas engomadas amarillas y las bandejas amarillas con agua son atrayentes de las formas aladas.

Control químico:

- **Tamarón®, Metamidofos 600® Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro (al envés). TR: 24 hrs; IS: 7 días.
- **Malathion®** (Malatión): 5 ml por litro. TR: 8 hrs; IS: 1 día.
- **Confidor®** (Imidacloprid): 2 ml por litro (ataques muy severos). TR: 12 hrs; IS: 21 días.

9.3 Fungus gnat

Descripción: El fungus gnat (o *Sciaridae, Bradysia, Lycoriella, Sciara)* en general se desarrolla en ambientes húmedos (Figura 9.3.1). Aparece comúnmente en viveros. (Ojo, en fibra de coco se da más que en tezontle, ya que retiene más humedad). Plantas grandes y sanas no son dañadas por esta plaga (con 50 mosquitos/trampa podría tener daños indirectos, enfermedades de la raíz).

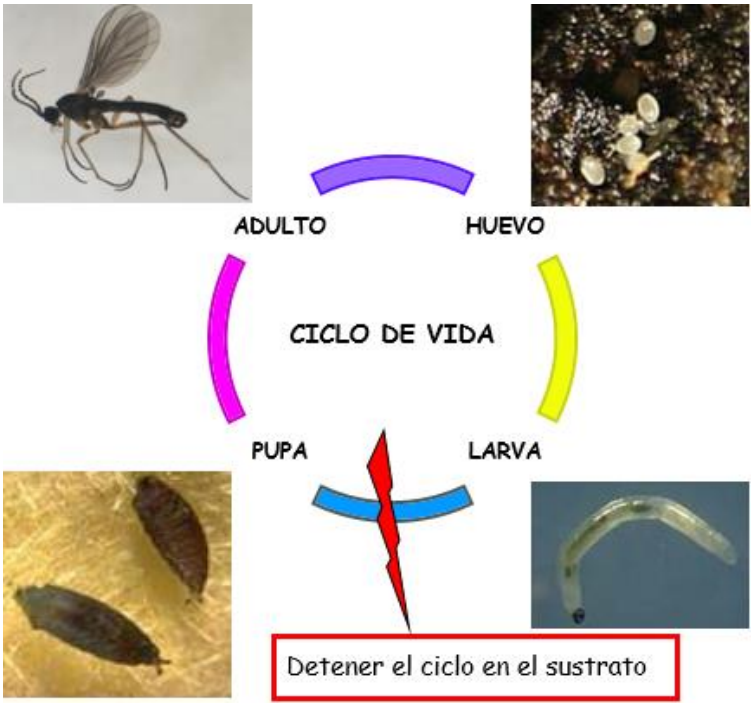


Figura 9.3.1 Ciclo de vida del Fungus gnat

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños directos:

- Se alimentan de algas y hongos del suelo. También de pelos radiculares, raíces suaves, tejidos del tallo e incluso hojas.
- En plantas dañadas se observa lento crecimiento y amarillamiento/arrugamiento de las hojas.
- En las raíces dañadas hay mal olor, color amarillo, desprendimiento de la epidermis (lignificada y color café) y textura babosa (Figura 9.3.2).

Figura 9.3.2 Daños directos por Fungus gnat

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños indirectos: Facilita el acceso a enfermedades, hongos, virus e incluso ácaros y nematodos presentes en el agua de riego por las heridas que hace en las raíces para su alimentación. El daño lo causan las larvas, se puede ver los adultos en trampa (Figura 9.3.3). Si se llegara a tener niveles superiores a 50 – 60 adultos/trampa se podría tener daños en cultivos grandes.

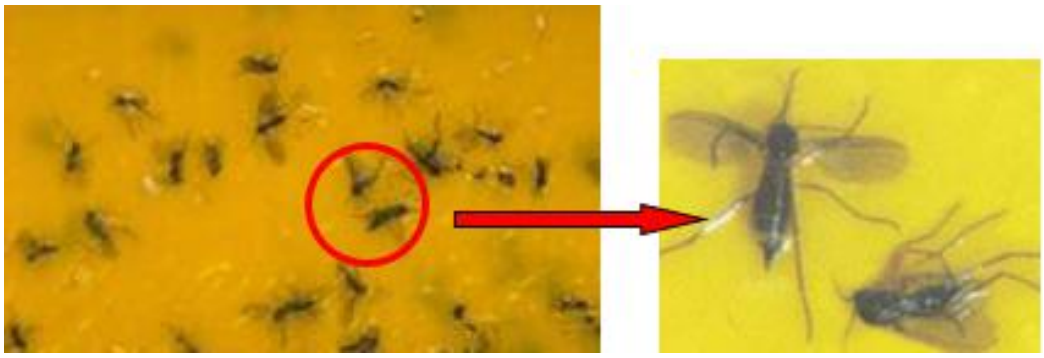


Figura 9.3.3 Monitoreo en trampa del Fungus gnat

Fuente: (CEICKOR, 2015).

En viveros o cultivos jóvenes, se puede aplicar control biológico (bacterias, ácaros) para controlar el Fungus y obtener muy buenos resultados. También control mecánico como reducir encharcamientos, colocar trampas amarillas horizontalmente a 15 – 20 cm. del sustrato y no dejar restos vegetales sobre sustrato.

9.4 Araña roja

Descripción: Es un arácnido que tiene cuatro pares de pares de patas y no tienen antenas (Figura 9.4.1). Se desarrolla entre de 12° y 40°C, la baja humedad relativa favorece su desarrollo. Tiene gran capacidad reproductiva y posee dos manchas en el abdomen. Su ciclo de vida se puede observar en la Figura 9.4.2.

Figura 9.4.1 *Tetranychus urticae* o Araña roja

Fuente: (CEICKOR, 2015).

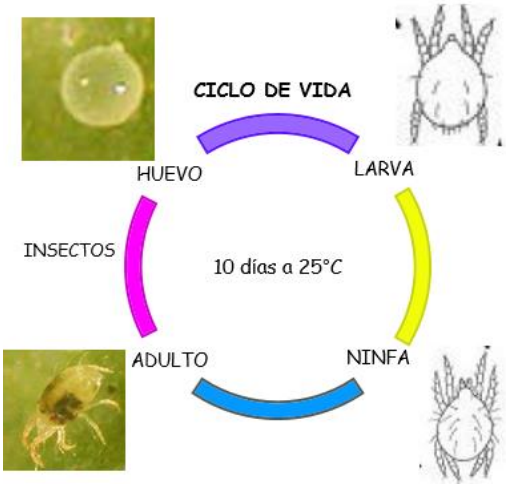
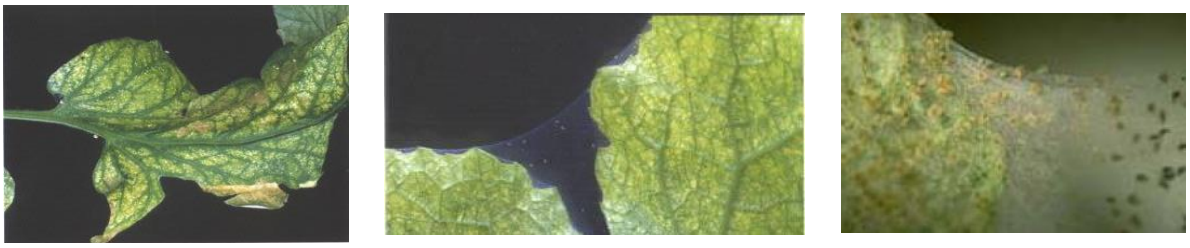


Figura 9.4.2 Ciclo de vida de la araña roja

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Síntomas y daños (Figura 9.4.3):

- Las arañas aparecen en el envés de las hojas y se pueden ver correteando.
- Se alimentan de tejidos de las células y de la savia de la planta los que produce hojas con clorosis.
- En las hojas aparecen puntitos amarillos o pardos por toda la hoja. Si los daños son muy graves toda la hoja se ve amarilla.
- Se ven finísimas telarañas por el envés de la hoja.
- Se hospeda en hierbas por lo que es muy importante tener el invernadero limpio.



Hoja con clorosis **Telaraña** **Dispersión**

Figura 9.4.3 Síntomas y daños causados por araña roja

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Dispersión (Figura 9.4.3):

- Movimiento de plantas infectadas.
- Transporte en ropa o herramientas.
- Mediante las telarañas con ayuda de corrientes de aire.
- Alta población incluso por cables o por el suelo.

9.5 Pulgón saltador

Descripción:

- Nombrado también psyllido o conocido como *Paratrioza.*
- Los adultos parecen pequeñas cigarras de color negro verdoso.
- Miden alrededor de 3 mm.
- Presentan un fleco blanco alrededor del abdomen.
- Sus alas son transparentes.
- Vuelan y saltan con facilidad cuando son molestadas.
- Su ciclo de vida se puede observar en la Figura 9.5.1.

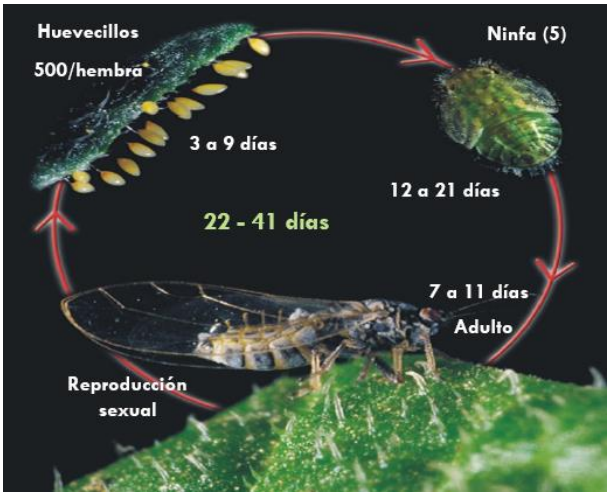


Figura 9.5.1 Ciclo de vida de la *Paratrioza cockerelli*

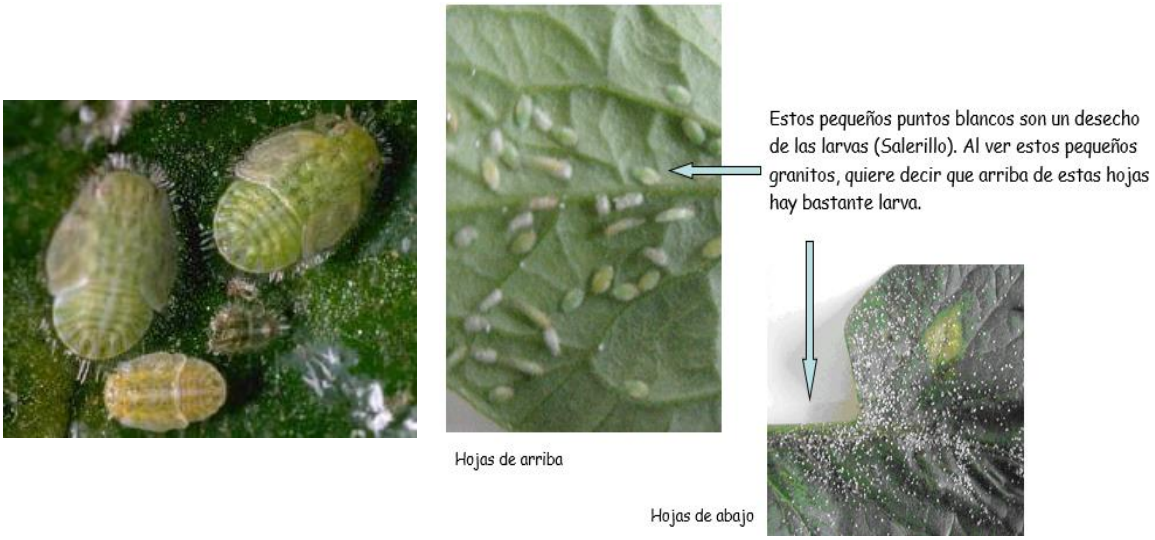
Fuente: (CEICKOR, 2015).

Huevecillos: Se encuentran en el margen de la hoja y sobre las venas del envés son de color amarillo - anaranjado y de forma ovalada asimétrica. Si se encuentra algún adulto en el cultivo se debe buscar estos huevecillos (Figura 9.5.2). Huevos, ninfas y adultos se encuentran en la parte media - alta de la planta (Monitorear hojas jóvenes). Se pueden hacer aplicaciones localizadas de Agrimec (Abamectina). En cuanto al control biológico se está investigando (*Tamarisia*).

Figura 9.5.2 Huevecillos de *Paratrioza*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Ninfas: Son de forma aplanada (como una escama), de color amarillo – verde pálido (Figura 9.5.3). Se encuentran en el envés de la hoja y en tiempos muy fríos pueden estar en el haz. En el segundo estadio se comienzan a definir las alas. Éstas excretan carbohidratos en paquetes de cera (salerillo).



Ninfas **Daños por ninfas**

Figura 9.5.3 Ninfas de *Paratrioza* y daños causados

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Si ya se tiene población de psyllido en el cultivo, se puede encontrar el “salerillo” en las hojas (parte media – alta). En consecuencia, se debe buscar las ninfas en las hojas superiores y realizar un deshoje quemando los restos sacados del invernadero. Tanto el “salerillo” como las ninfas se pueden observar sin necesidad de lupa (Figura 9.5.3).

Adultos: Mide 2 mm (pequeño), color negro con franja blanca, alas largas, transparentes y a dos aguas, puede volar y saltar (Figura 9.5.4). Pone 100 huevos/semana, su aparato bucal es de tipo picador – chupador y se alimenta de tejidos del floema (savia de la planta).

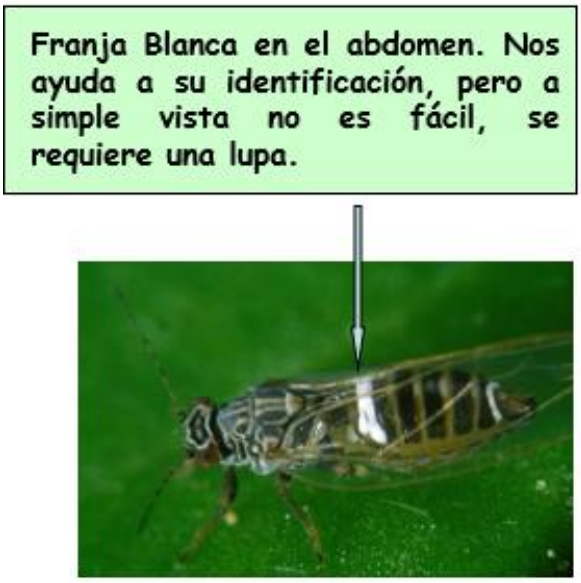


Figura 9.5.4 Adulto de *Paratrioza*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños directos: Ataca principalmente en papa y tomate inyectando una toxina que provoca amarillamiento. La ninfa durante su alimentación inyecta unas toxinas a las células encargadas de la producción de clorofila, como consecuencia de esto se encuentra una planta clorótica (amarillamiento de las hojas). Los síntomas se observan 4 a 6 días después (Figura 9.5.5):

- Crecimiento retardado.
- Hoja clorótica, rojiza, morada.
- Malformaciones en las hojas.
- Se estimula la floración y producción de muchos frutos pequeños y de mala calidad.

Figura 9.5.5 Daños directos causados por *Paratrioza*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños indirectos: Transmite un patógeno llamado fitoplasma, que ha arrasado la producción nacional de jitomate en un 45%, siendo el responsable del mismo daño en papa a nivel nacional, causando más pérdidas que los virus transmitidos por mosquita blanca (Figura 9.5.6).

Figura 9.5.6 Daños indirectos por *Paratrioza*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control preventivo:

- Colocación de mallas en las ventanas del invernadero.
- Eliminación de maleza y restos de cultivos del interior y proximidades del invernadero.

Control químico:

- Cultivos en Suelo: **Disyston®** (Disulfotón) 1 a 2 kg/ha al trasplante (Altamente Tóxico) TR: 24 hrs; IS: 21 días.
- **Confidor®** (Imidacloprid): 2 ml por litro; TR: 12 hrs; IS: 21 días.

9.6 Trips

Thrips tabaci

Frankliniella occidentalis

Figura 9.6.1 Trips

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción:

- Insectos alargados, de unos 1,2 mm las hembras y 0,9 mm de longitud los machos, con dos pares de alas plumosas replegadas sobre el dorso (Figura 9.6.1).
- Pueden hibernar en hendiduras y otros lugares recónditos, reapareciendo en el ciclo siguiente.
- Su dispersión dentro del invernadero puede ser activa (volando o flotando en corrientes de aire) como pasiva (por movimiento de personas, plantas o materiales).

Daños directos: Lesiones superficiales de color blanquecino en la epidermis de hojas y frutos; la saliva fitotóxica segregada en la alimentación da lugar a deformaciones en los meristemos. En frutos estos daños deprecian la calidad.

Daños indirectos: Trasmisión de virosis.

Control preventivo:

- Colocación de mallas en las ventanas del invernadero.
- Eliminación de maleza y restos de cultivos del interior y proximidades del invernadero.
- Colocar trampas cromotrópicas azules.

Control químico:

- **Tamarón®, Metamidofos 600® Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro (al envés). TR: 24 hrs; IS: 7 días
- **Malathion®** (Malatión): 5 ml por litro. TR: 8 hrs; IS: 1 día

9.7 Gusano Minador

Figura 9.7.1 *Liriomyza munda*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción:

- Los huevos son de forma elíptica y color blanco lechoso.
- Las larvas son de color amarillo - verdoso. Las larvas para pupar caen de la mina al suelo, y requieren enterrarse a 5 cm de profundidad. Por ello, se recomienda cubiertas en el suelo como “ground cover” cortan el ciclo de vida.
- Las pupas son de color café.

- El adulto es una mosca diminuta (2 a 4 mm), de color negro con una mancha amarilla en el abdomen y ojos compuestos. En la parte dorsal de sus alas presenta dos manchitas negras (Figura 9.7.1).
- Los estados de huevo y larva ocurren dentro de la hoja, mientras que la pupa puede presentarse ahí mismo, o en el suelo.
- Su ciclo de vida se presenta en la Figura 9.7.2.

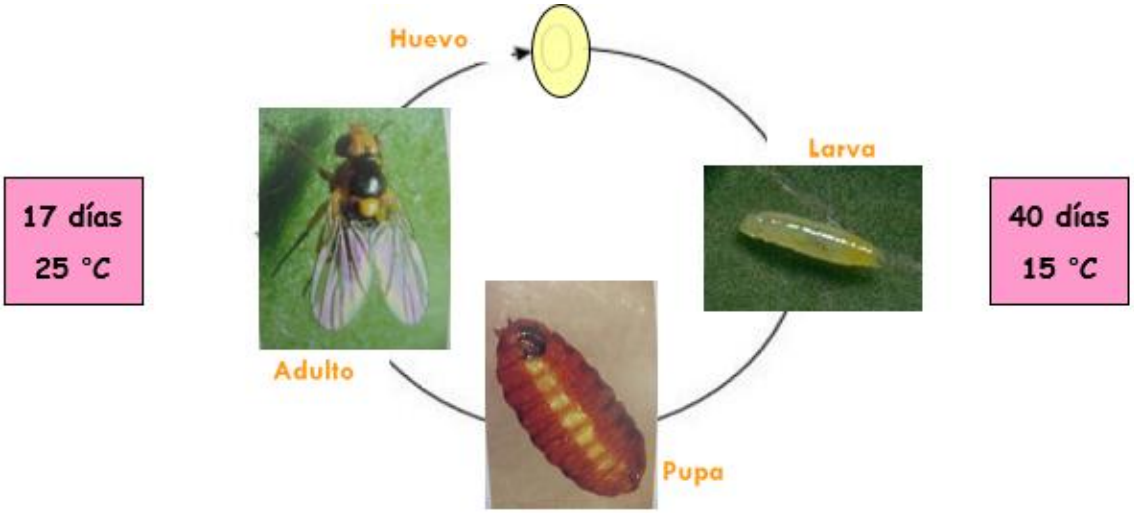


Figura 9.7.2 Ciclo de vida del Gusano Minador

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Daños directos:

- Las minas hacen las larvas para alimentarse, lo que reduce el área foliar para la fotosíntesis.
- Estas minas suelen aparecer en las hojas de la parte baja de la planta y van subiendo siguiendo la evolución fenológica del cultivo. Si la mina está ya oscura el minador está muerto, pero si esta verdosa/amarilla aún está vivo.
- Si la larva está aún en la mina, realizar deshoje, ayuda a eliminar la plaga.
- Las hembras realizan orificios en las hojas tanto para la ovoposición como para su alimentación. Estos son entradas de hongos y bacterias.
- Algunos minadores pueden transmitir virus, pero en tomate no es común.

Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías (Figura 9.7.3).

Figura 9.7.3 Daños por el Gusano Minador

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control preventivo:

- Colocación de mallas en las bandas del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- En fuertes ataques, eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.
- Colocación de trampas cromáticas amarillas.

Control químico:

- **Tamarón®, Metamidofos 600®, Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro. TR: 24 hrs; IS: 7 días.
- **Agrimec®** (i): 6 ml por litro. TR: 12 hrs; IS: 3 días.

9.8 Ácaro

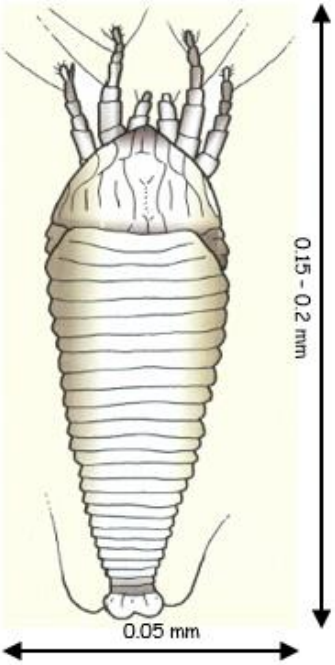


Figura 9.8.1 *Aculops Lycopersici* o ácaro

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción:

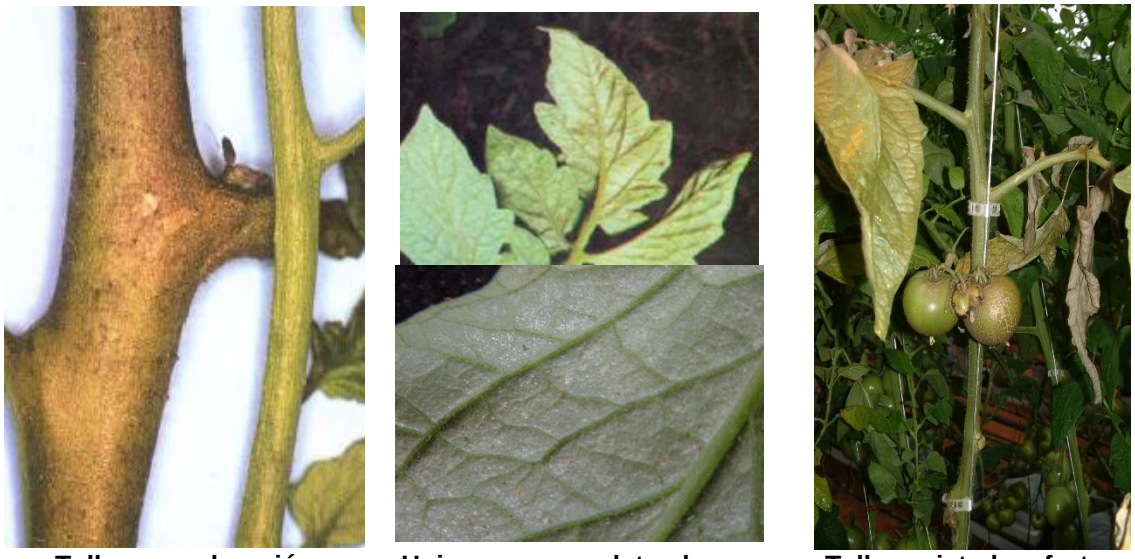
- Se presenta en los meses más secos del año.
- Se alimenta del contenido celular.
- Se dispersan a través del suelo, camina entre las plantas, ropa y herramientas.
- Las formas más grandes, miden alrededor de un milímetro de longitud. Los adultos tienen ocho patas y un cuerpo ovoide (Figura 9.8.1).
- Son plagas más frecuentes en condiciones de sequedad y calor.
- Cuando los ácaros son muy numerosos, producen una telaraña que cubre las áreas infestadas y se extiende de hoja en hoja, hasta recubrir la totalidad de la planta (Figura 9.8.2).

Figura 9.8.2 Ácaro en planta

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Síntomas y daños:

- Los primeros síntomas aparecen en la parte baja de la planta cerca del suelo.
- El tallo toma una coloración bronceada brillante (Figura 9.8.3).
- En ocasiones se puede llegar a ver pequeñísimas telarañas.
- Avanza de forma progresiva hacia las hojas y frutos de arriba.
- Las hojas se curvan y se observan plateadas en el envés. Adquieren un aspecto polveado. Si se ponen hacia el sol se ven pequeños huecos más claros en las venas (Figura 9.8.3).
- El tallo se agrieta longitudinalmente (Figura 9.8.3).
- Se produce aborto floral.
- A altos niveles de infestación se ven frutos bronceados y rajados.
- La planta sufre un retraso en su crecimiento.
- Si no se actúa con rapidez se llega a ver *Clavibacter michiganensis* (Figura 9.8.4).



Tallo con coloración bronceada | **Hojas curvas y plateadas en envés** | **Tallo agrietado y frutos bronceados y rajados**

Figura 9.8.3 Síntomas y daños causados por el ácaro

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control preventivo:

- Desinfección de estructuras y suelo previo a la plantación.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- Evitar los excesos de nitrógeno.
- Vigilancia de los cultivos durante las primeras fases del desarrollo.

Control químico:

- **Tamarón®, Metamidofos 600®, Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro. TR: 24 hrs, IS: 7 días
- **Agrimec®** (Abamectina): 6 ml por litro. TR: 12 hrs; IS: 3 días.

Figura 9.8.4 Consecuencias del ácaro (*Clavibacter michiganensis*)

Fuente: (CEICKOR, 2015).

9.9 Gusanos

Trichoplusia ni

Heliothis subflexa

Keiferia lycopersicella

Heliothis zea

Heliothis virescens

Figura 9.9.1 Gusanos

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Descripción:

- Dentro de éstos se agrupa a todas las larvas de Lepidópteros que atacan diferentes partes de la planta (Figura 9.9.1).
- Suelen ser muy agresivas en sus ataques.
- Son poco frecuentes en invernadero, ya que los adultos son demasiado grandes, lo que dificulta su ingreso.

Daños (Figura 9.9.2):

Defoliación parcial o total

Tallos trozados o perforados

Perforación de frutos

Figura 9.9.2 Daños causados por gusanos

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control preventivo:

- Colocación de mallas en las ventanas del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- En fuertes ataques, eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.
- Colocación de trampas de feromonas y trampas de luz.

Control químico:

- **Tamarón®, Metamidofos 600®, Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro. TR: 24 hrs; IS: 7 días
- **Malathion®** (Malatión): 5 ml por litro. TR: 8 hrs; IS: 1 día.

9.10 Otras menos comunes

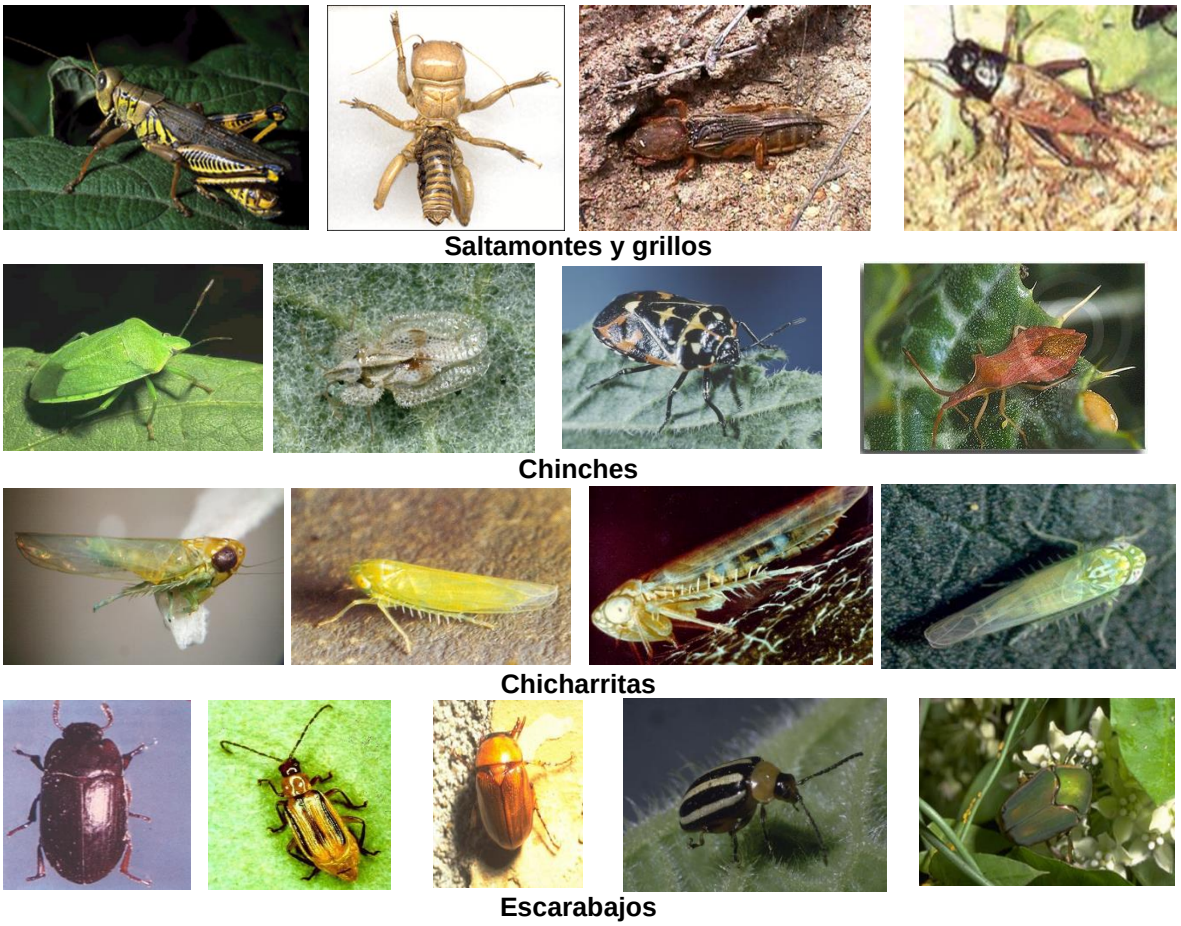


Figura 9.10.1 Otras plagas menos comunes

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control químico: Insecticidas de amplio espectro para combatir las plagas en la Figura 9.10.1.

- **Tamarón®, Metamidofos 600®, Metham 600®** (Metamidofos): 5 ml por litro. TR: 24 hrs; IS: 7 días
- **Malathion®** (Malatión): 5 ml por litro. TR: 8 hrs; IS: 1 día.

9.11 Nematodos

Según la (Dirección general de Investigación y Extensión Agrícola, 1991) el tomate es un cultivo muy susceptible al ataque por nematodos fitoparásitos. Entre los más importantes se encuentran: *Meloidogyne incognita, Helycotylenchus* sp., *Trichodorus* sp*., Criconemoides* sp., *Pratylenchus* sp.

Si la planta es atacada cuando está pequeña, presenta considerable enanismo, clorosis, marchitez y pérdida de la mayoría de las raíces. Provoca los típicos agallamientos o nodulaciones radicales (Figura 9.11.1).

El género *Meloidogyne* es el de mayor importancia en hortalizas y sobre todo en tomate cultivado en suelo (Figura 9.11.1). Los nematodos producen heridas en las raíces de jitomate por las cuales penetran fácilmente algunos de los hongos que las atacan principalmente *Fusarium*, además las hembras una vez dentro de las raíces forman agallas lo que impide la conducción normal de agua y nutrimentos de la raíz al resto de planta, ocasionan síntomas aéreos como amarillamiento del follaje, plantas de menor altura, marchitez durante períodos de altas temperaturas y escaso follaje, frutos pequeños y de baja calidad. El desarrollo de estos nematodos es favorecido por temperaturas del suelo entre 15 – 27°C y suelos arenosos. Estos se mueven lentamente en el suelo por pequeñas películas de agua y pueden ser diseminados fácilmente por cualquier medio que lleve suelo contaminado con este nematodo, agua de riego, equipo agrícola, calzado, labores de deshierbe, cajas y plántulas con sustrato infectado (Rodríguez V.).

Figura 9.11.1 Daños por Nematodo

Fuente: (Rodríguez V.).

Cuando se ha detectado el ataque de nematodos, antes de volver a sembrar es conveniente ejecutar prácticas culturales como la rotación con cultivos no susceptibles, arada en época seca, aplicación de abonos verdes, tratamientos con aserrín, inundación del terreno y exposición del suelo al sol (biosolarización o biofumigación).

También se recomienda el uso de nematicidas granulados tales como carbofuran, aldicarb, fenamifos, fensulfothion, etc. Las dosis y modos de aplicación dependen del producto y de otros factores, se aconseja consultar un ingeniero agrónomo para el uso correcto de los plaguicidas.

10. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE INVERNADERO

10.1 Causadas por bacterias

Son organismos unicelulares, que cuando penetran en un tejido se multiplican intercelularmente o en los tejidos de conducción. Lo que hacen las bacterias es buscar cualquier abertura natural que tenga la planta o herida producida por cualquier causa y de esta forma consiguen penetrar a los tejidos de la planta. Así, las principales formas de dispersión son por el agua y el hombre (Figura 10.1.1).

Encharcamiento

Goteras y Condensación

Trabajos mecánicos

En los pies

En la ropa

Manipulación de planta enferma

Figura 10.1.1 Principales formas de dispersión de las enfermedades causadas por bacterias

Fuente: (CEICKOR, 2015).

10.1.1 Clavibacter michiganensis

Síntomas (Figura 10.1.2):

Pequeñas manchas chancrosas de color blanco en las hojas.

Frutos con sus nervaduras muy marcadas con un color pálido.

Manchas chancrosas que tienen en el centro un punto negro.

Tallos pardos en su interior.

Los marchitamientos de hojas se suelen dar primero de forma unilateral y afectan indistintamente a hojas de la parte superior, baja o media de la planta.

Figura 10.1.2 Síntomas de *Clavibacter michiganensis*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Denominado cáncer bacteriano chancro bacteriano. La bacteria penetra por heridas, por las raíces y por los estomas. Humedad relativa elevada mayor del 80% y temperaturas de 18 – 24°C favorecen su desarrollo (plantas mojadas son más propensas).

Su difusión en el invernadero suele ser en línea, ya que la forma más fácil de dispersión es con los trabajos culturales, especialmente el quitado de brote y hojas. También en la ropa y cualquier material de trabajo (tijeras, cajas, carritos de actividades culturales, etc.).

Cómo actuar en caso de detectar planta con cáncer bacteriano:

1. Se encuentra planta con bacteria.
2. Se saca planta en bolsa negra con clips, rafia y maceta (dándole un drench con Quatz con la mochila de espalda y echando cloro en la bolsa) esta bolsa se saca del invernadero, para luego quemarla.
3. Quitar raíces que salgan de la maceta al drenaje de la cama infectada y las dos de al lado.
4. Se desinfecta con Permanganato de potasio (30 grs en 1000 lts de agua) o Kleen Grow (30 ml / 20 lts agua) los pasillos y drenajes de esa cama y de las dos de al lado.
5. Se da una aplicación general con la puls-fog (termo nebulizadora), con Kleen Grow (3 ml por litro), esto durante dos semanas seguidas y luego a criterio según la incidencia. También se puede hacer con máquina de alta presión.
6. Se da un riego con microsoil / serenade a todo el invernadero a través del riego.
7. La cama del foco se marca con cinta y se trabaja al último, con traje cubre zapatos, guantes, al final de las labores del día y una misma persona siempre. Los cubre zapatos y guantes se tiran en una bolsa amarrada y el overol se pone a lavar por separado del resto.

8. Se aparta el material de trabajo exclusivo para esas camas, como cajas o tijeras. Los carritos y el material que es para todo el invernadero se desinfecta muy bien antes de meterlo y al sacarlo de esa cama.
9. Todo el material se desinfecta con sales cuaternarias de amonio.

Control

- Resiste a temperaturas de 60 °C, el calor no funciona en la semilla.
- Aplicación de antibióticos: estreptomicinas.

10.1.2 Pseudomonas y Xanthomonas

Son dos bacterias que manifiestan síntomas parecidos (Figura 10.1.3) y se pueden tratar de la misma forma en caso de encontrarlas en el invernadero.

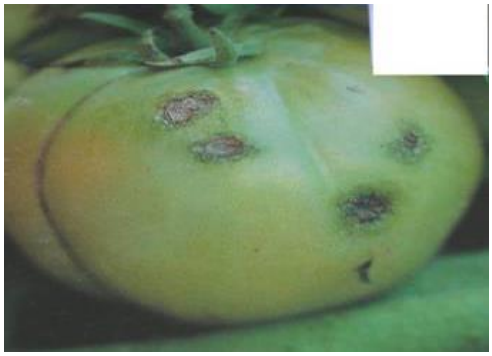
Síntomas en hojas

Manchas pardas, bien delimitadas con un halo amarillo muy marcadas.

Aparecen manchas pardas – negras sobretodo en hojas jóvenes y también a lo largo del tallo.

Síntomas en frutos

Pequeñas manchas punteadas pardas, muy superficiales y de forma circular.



Manchas de aspecto leñoso ligeramente hundidas.

Síntomas en tallos o raquis

En algunos casos se llega a dar aborto floral.

Pseudomonas syringae

Manchas pardas en la flor y en el pedúnculo e incluso a lo largo del tallo.

Xanthomonas vesicatoria

Figura 10.1.3 Síntomas de *Pseudomonas* y *Xanthomonas*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Estas bacterias se pueden transmitir por semillas, en el suelo o incluso en restos vegetales. Se propagan por la lluvia (goteo por condensación) y penetra tanto por estomas como por heridas. La humedad relativa alta y una temperatura de 28 – 35°C para Xanthomonas y 20 – 25°C para Pseudomonas favorecen su desarrollo.

Cómo actuar en caso de que aparezca: Observar la planta, en muchos casos solo ataca algunas hojas o partes del tallo. No es necesario sacarla del invernadero. Aplicarle un fungicida localmente con mochila. No se dispersa fácilmente mecánicamente ni en la ropa. Si hay daños en la cabeza o en los frutos sacar la planta y quemar los restos vegetales. Generalmente se da por goteo, buscar dónde está el problema (usualmente las canaletas) y corregirlo si se puede.

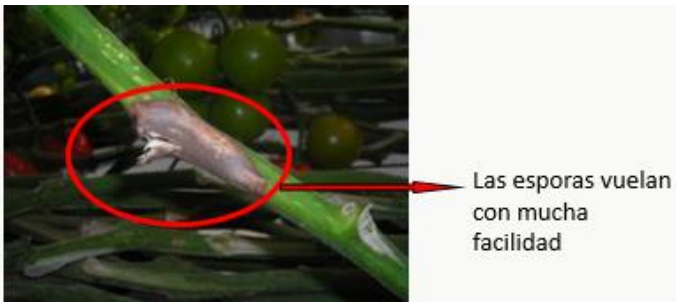
Control:

- Tratar semilla a 50°C por una hora y media.
- Usar productos curativos a base de cobre: Cupravit, Sulfocop y Agrimiqu.
- Antibióticos en caso de infecciones severas.

10.2 Causadas por hongos

Los hongos son organismos uni o pluricelulares, que viven en residuos orgánicos o en las plantas. Así, las principales formas de dispersión son por el agua, el viento (esporas) y el hombre (Figura 10.2.1).

El agua



El viento

El hombre: Trabajos mecánicos, ropa, pies y manipulación de planta enferma y sana.

Figura 10.2.1 Principales formas de dispersión de las enfermedades causadas por hongos

Fuente: (CEICKOR, 2015).

10.2.1 Botrytis cinerea

Es un hongo (conocido también como *moho gris*) que con toda seguridad aparecerá en el invernadero, sin embargo se puede controlar sin grandes problemas. Aparece con temperaturas de 18 – 23°C y humedad relativa alrededor del 80%.

Síntomas: Se reconoce fácilmente, ya que se ven tallos cubiertos por un enmohecimiento pardo (se puede llegar a ver incluso las esporas) en frutos, pedúnculos y hojas (Figura 10.2.2). Estas esporas vuelan muy fácilmente con el aire y se pueden trasladar con las manos y herramientas de trabajo. Es muy importante curar la *Botrytis* con mucha frecuencia y sacar del invernadero las plantas ya muertas (Figura 10.2.3).

Síntomas en frutos

Se pueden llegar a ver machas con halo blanco y el centro un puntito negro. El tomate madura con esa mancha y pierde calidad.

Síntomas en tallos

Parte media – alta de la planta

Síntomas en hojas

Figura 10.2.2 Síntomas de *Botrytis cinerea*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Curación de Botrytis: Es bueno programar esta actividad como rutina semanal, una vez que empieza a darse en el invernadero.

Materiales: Navaja, bolsas de plástico y rociador con vinagre de caña blanco 50% (o Citro bio: desinfectante natural de semillas de toronja al 24%).

1. Detectar *Botrytis.*

2. Rociar evitando que vuelen las esporas.

3. Cortar (a ras) y limpiar toda la parte afectada.

4. Poner todos los restos vegetales en una bolsa cerrada.

5. Volver a rociar la herida para desinfectar y que cicatrice bien.

6. Planta curada.

Figura 10.2.3 Procedimiento para curar *Botrytis cinerea*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control

- Recolección y destrucción de plantas y residuos infectados.
- Uso de bodegas con ventilación y baja humedad.
- Químicos: Difolatan, Dyrene, Maneb, Clorotalonil, Rovral, Folicur, Botran, Ronilan, Captan y Folpate.

10.2.2 Phytophthora infestans

Este hongo (conocido también como *Mildiu* aéreo o tizón tardío) penetra la planta por los estomas. La humedad relativa alta (90%) y condensación con goteo favorecen mucho su desarrollo. La germinación de esporas se desarrolla de 3 – 26°C. Sus síntomas en los diferentes órganos de la planta se describen en la Figura 10.2.4.

Síntomas en hojas

Por el envés puede esporular el hongo apareciendo como un algodoncito blanco.

Manchas color café en la hoja.

Síntomas en tallos

El tallo se pone café.

Daño severo en planta.

Síntomas en frutos

Daño leve.

Daño severo. En muchas ocasiones el daño sólo aparece en el fruto.

Figura 10.2.4 Síntomas de *Phytophthora infestans*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Cómo actuar en caso de que aparezca:

1. Daño leve: Sacar frutos.
2. Daños moderados en algunas hojas, tallos y frutos:
    a. Usar un nuevo overol para entrar a curar el foco.
    b. Pasar quitando todas las hojas, frutos dañados, poniéndolos en bolsas (rociar antes con citro – bio al 24%).
    c. Plantas con tallos dañados descabezarlas a la altura del daño.
    d. Aplicación local con fungicida.
    e. Monitorear y pasar por lo menos 3 veces a la semana curando.
    f. Dejar cerrada esa zona y trabajarla a lo último.
    g. Ver si en esa zona hay goteo por algo y evitarlo.
3. Daños fuertes:
    a. Usar overol nuevo para entrar a esa zona.
    b. Sacar todas las plantas muertas en bolsas negras.
    c. Hacer una aplicación local al suelo y drenajes de la zona ya limpia (sales cuaternarias de amonio).

Recomendaciones:

- Monitorear constantemente el cultivo.
- Hacer una aplicación general con fungicida con alta presión en las mañanas.
- No aplicar con termo nebulizadora, no se quiere una nube toda la noche.
- Evitar problemas de condensación y goteo en el invernadero, ventilar bien para evitar humedad relativa alta.
- Hacer un programa preventivo de aplicaciones.
- Reponer zona afectada si se puede con brotes, o con plantas nuevas.

Control

- Consume el 60% de agroquímicos a nivel mundial.
- Fungicida de contacto: Mancozeb, Clorotalonil, Folpet, Difolatan, Captan, Zineb, y derivados del Cobre.
- Fungicidas sistémicos: Ridomil Bravo, Ricoil, Aliette, Curzate.

10.2.3 Phytophthora parasítica

Este hongo (conocido también como *Mildiu* terrestre) penetra por las raíces. Por salpicaduras de agua al sustrato o por aguas estancadas en depósitos contaminados. Es más fácil que ataque a plantas que anteriormente sufrieron estrés en su sistema radicular (exceso de agua, temperaturas de agua de riego o en sustrato extremas). Es de mucho cuidado, sobre todo en las plantaciones. Para este caso, la ventaja de tener las plantas en bolsas independientes y cambiar el sustrato por uno nuevo cada ciclo, favorece mucho en el control de esta enfermedad. Sus síntomas y daños se presentan en la figura Figura 10.2.5.

Síntomas y daños

Aunque el gotero no esté tapado, haya riego y no haya viento, la planta se pone triste de la cabeza. Esto ocurre en horas de más calor y en las mañanas se recuperan.

El tallo se siente hueco al tocarlo y poco a poco, la planta se seca y muere.

Se puede observar también una mancha parda oscura – negra, húmeda a nivel del cuello.

En los tomates en contacto con el suelo pueden aparecer manchas color café formando anillos concéntricos.

Figura 10.2.5 *Phytophthora parasítica*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Cómo actuar en caso de que aparezca:

1. Evitar tener plantas estresadas por mal manejo de riego.
2. Sacar las plantas muertas, junto con su maceta de sustrato.
3. Revisar que no haya raíces en el exterior de las bolsas de las camas afectadas.
4. Hacer una aplicación local al suelo y drenajes de la zona ya limpia (sales cuaternarias de amonio).
5. Aplicar algún fungicida sistémico, a las plantas de las camas afectadas en drench.

6. Reponer zona afectada si se puede con brotes, o con plantas nuevas.
7. Si el daño es solo en algún fruto, sacarlo del invernadero y darle un drench a la maceta con fungicida.

10.2.4 Cenicilla

Este hongo (conocido también como *Oidio o Leveillula taurica*) es muy frecuente encontrarlo en las hojas (Figura 10.2.6) de algunas plantas del invernadero, pero igualmente es fácil controlarlo a tiempo y no causa grandes daños. Sus esporas germinan en la superficie de las hojas y el micelio coloniza el interior, es muy fácil que estas esporas vuelen con corrientes de aire grandes distancias. Su desarrollo se favorece con una temperatura de 26°C y humedad relativa entre 52 – 75%.

Aparecen en las hojas pequeñas manchas amarillas que presentan a veces un punteado de color marrón claro en el centro.

Por el envés de la hoja se pueden ver estas manchas cubiertas por un discreto vello color blanco.

Figura 10.2.6 Cenicilla

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Cómo actuar en caso de que aparezca: Es muy frecuente que se encuentre en el invernadero, por ello se aplican medidas preventivas que ayudan a tenerlo controlado (Figura 10.2.7).

1. Deshoje

Aparece en las hojas más viejas (parte baja). Recordar que una planta 9 – 14 hojas es una planta sana y balanceada.

2. Aplicación de azufre

Aplicaciones de Azufre a los pasillos una vez al mes, preventivo

Figura 10.2.7 Procedimiento para mitigar y prevenir la cenicilla

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control

- Ventilar invernadero.
- Espaciamiento adecuado de plantas.
- Sublimar azufre agrícola (preventivo).
- Productos a base de azufre (preventivo).
- Bayleton, Tebuconazol (curativos).

10.2.5 Alternaria solani

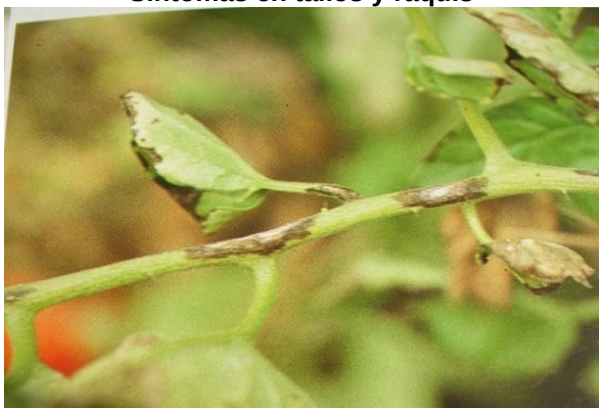
La *Alternaria solani* (o también conocido como tizón temprano) como todos los hongos se ve favorecida para su desarrollo por las humedades relativas elevadas y con temperaturas de 28 – 30°C, generalmente en lluvias frecuentes. Las condensaciones continuas en el invernadero favorecerán también la rápida propagación de esta enfermedad. Se propaga a través del viento, agua o contacto con frutos ya atacados. El agua libre presente sobre los frutos o entre el fruto y el

suelo es muy propicia para su desarrollo. La *Alternaria* puede penetrar por cualquier tipo de herida en los frutos (picaduras, hendiduras, perforaciones o incluso micro lesiones en la cutícula) e inicia en la parte inferior (hojas viejas). Sus síntomas en los diferentes órganos se presentan en la Figura 10.2.8.

Síntomas en hojas

Pequeñas manchas pardas muchas veces formadas por anillos concéntricos, con amarillamiento en su periferia.

Síntomas en tallos y raquis



En tallos y raquis aparecen manchas pardas bien delimitadas que presentan una mancha color gris en su interior.

Si aparecen algunas hojas así en el invernadero no es preocupante, ni se debe sacar toda la planta, solo quitar estas hojas del cultivo. A diferencia de otros hongos no se presentan esporas en las manchas, ni en el haz y ni en el envés de la hoja.

Síntomas en los frutos

Figura 10.2.8 Síntomas de *Alternaria solani*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

En los frutos provocan manchas bien delimitadas y su evolución es lenta. Son manchas más o menos pardas en su centro que van tornando a negro. La contaminación puede darse en frutos aun verdes (manchas cóncavas a nivel del pedúnculo), pero se pondrá de manifiesto en el comienzo de la maduración. Cuanto más maduro está el fruto aparecen mayor número de manchas y su evolución es más rápida.

Cómo actuar en caso de que aparezca

El problema de la *Alternaria* es que aparece en frutos maduros (comercialización). Para evitar este tipo de problemas se recomienda hacer aplicaciones preventivas con productos recomendados para *Alternaria* de la siguiente manera:

1. Primera: antes de la primera cosecha (2 semanas).
2. Segunda: pasando la primera cosecha (1.5 meses).
3. Tercera y cuarta: a los 2 meses de la última aplicación.

Asimismo, se deberá evitar las condiciones que favorezcan su desarrollo: Humedad relativa alta, condensación y goteo sobre frutos, encharcamientos y fugas en el sistema de riego.

Control

- Uso de variedades tolerantes (Floradel, Manalucie e Inmokalee).
- Químicos preventivos: Maneb, Zineb, Mancozeb, Captafol, Folpate 80, Curzate M8, Cupravit Mix, Dyrene, Daconil, Bravo 720, Bravo CM, Retador o Bala y Rovral.
- Rotación de Cultivos por tres años.
- Desinfección de almácigos.

10.2.6 Damping off

Abarca las enfermedades relacionadas a la raíz (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp). Es muy común atacando plántulas de tomate desde el vivero y primeras etapas de desarrollo en campo e invernadero. Los síntomas de esta enfermedad empiezan como plantas aisladas que después se extienden en manchones, las plántulas se entristecen como si fuera falta de agua pero al hacer una inspección minuciosa se encuentra tanto en la zona radicular como en el cuello al ras del suelo una pudrición acuosa y en algunos casos se puede observar el crecimiento de micelio del hongo (Figura 10.2.9).

El hongo provoca el ahorcamiento del cuello y pudrición de la raíz de la plántula ocasionando marchitamiento y muerte de ésta. Las condiciones favorables para que se desarrolle la enfermedad son el exceso de humedad del suelo, terrenos mal nivelados con mal drenaje y temperaturas de 12 a 17°C, causando daños del 30% hasta 50% en plántula ya establecida.

Figura 10.2.9 Damping off en planta y daños causados

Fuente: (Rodríguez V.).

Control

- Usar semilla certificada, en los viveros usar.
- Evitar concentraciones altas de humedad en sustratos.
- Establecer un programa de inoculación de micorrizas, hongos y bacterias benéficas durante la producción de plántula.
- En invernadero encalar plásticos antes del trasplante para evitar estrangulamiento por calor generado en el acolchado (efecto chimenea).
- Antes del trasplante dar tratamiento de inmersión de charola con un fungicida, más un insecticida sistémico y antibiótico.
- A los 8 días iniciar con tratamientos preventivos aplicando vía drench y/o goteo ya sean productos químicos o biológicos dependiendo el análisis de suelo.
- Fumigar sustrato de las charolas de siembra con formol al 5%, Vapam y vapor.
- Tratar semilla con protectantes como Apron, Daconil, Arasan 75, Terrasan 75, Rizilex, Shogun o Captan.
- Riegos ligeros y buen drenaje.
- Fertilización baja en nitrógeno.

10.2.7 Fusarium Oxysporum

Se denomina como pudrición radicular y marchitez del tomate, ataca varias especies solanáceas. En plantas adultas de tomate comienza con un amarillamiento de las hojas viejas que después se extiende a todas las hojas, después se marchitan y mueren aun adheridas al tallo. En un corte transversal se puede observar necrosis de color café rojizo en forma de anillo, la cual se extiende hacia arriba de acuerdo con la severidad. Las plantas muestran un achaparramiento, defoliación, necrosis marginal de las hojas y finalmente la planta muere (Figura 10.2.10). Este hongo sobrevive por largos periodos en el suelo, la diseminación se presenta por el uso de maquinaria de un campo a otro, residuos de cosechas, por el viento y agua de riego. El hongo penetra a la planta por la raíz cuando hay presencia de nematodos, heridas y estrés así como altas temperaturas mayores de 28°C en suelos pobres en materia orgánica, temperatura del aire de 21 – 33°C y alta humedad.

Daños en ases vasculares y cuello (marchitez)

Figura 10.2.10 Daño por *Fusarium Oxysporum*

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Control

- Uso de variedades resistentes.
- Sembrar en campos no infectados con buen drenaje y limpiar los implementos agrícolas y herramientas que se utilizan dentro del invernadero.
- Evitar fugas en mangueras.
- Eliminar las primeras plantas afectadas y desinfectar localmente.
- En hidroponia es importante evitar estrés hídrico para no promover la entrada del hongo. En suelo realizar un buen control de nematodos, uso de porta injertos en invernaderos y biofumigación (crucíferas más estiércol).
- Tratar semilla por 20 minutos a 50°C.
- Riegos ligeros y frecuentes (evitar exceso de humedad).
- Usar semilla sana y tratada.
- Rotación de cultivos.
- Esterilización de sustratos.
- Uso de variedades resistentes.
- Tratar plántulas con Tecto o Benlate antes de trasplante.

11. PRINCIPALES VIROSIS DEL TOMATE EN INVERNADERO

Los virus son entidades submicroscópicas, que se multiplican intracelularmente y que tienen la capacidad de causar infección. Se nombra virus a una nucleoproteína capaz de invadir células vivas y multiplicarse dentro de ellas. Constan por lo menos de un ácido nucleico y una proteína que envuelve a éste. Los virus que atacan a las plantas suelen no ser específicos, pues atacan distintas especies.

Formas de transmisión:

- *Propagación Vegetativa:* Injertos, Esquejes.
- *Transmisión Mecánica:* Herramientas.
- *Semilla* infectada en el lote de producción.
- *Polen* de plantas infectadas.
- *Insectos:* sobre todo chupadores.

Transmisión por insectos:

- *Persistente:* El virus pasa al interior del insecto y de ahí a su saliva, con la que, días después infectan más plantas. Algunos virus pueden reproducirse dentro del insecto.
- *No Persistente:* Se transmite únicamente a través de las piezas bucales del insecto, donde permanecen varios minutos o algunas horas.

Entre los efectos generales que causan son: cambios de color, desarrollos anormales y detención del crecimiento. Las raíces y los brotes no suelen presentar síntomas. Se distribuyen por las células de la planta y se trasladan por el floema. No se transmiten por viento o agua, necesitan que se les deposite dentro de una célula.

11.1 Geminivirus “Pepper Huasteco Virus”

Síntomas (Figura 11.1.1)

Se pone amarilla y arrugada, las hojas enchinan.

Cabeza

Comienzan a ponerse amarilla por las venas.

Hojas

Figura 11.1.1 Síntomas del Geminivirus

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Lo transmite la mosca blanca. Si se detectan plantas con estos síntomas se deben del invernadero, quemar el material vegetal sacado y tomar medidas de control contra la mosca blanca.

11.2 Micoplasma / Fitoplasma o “Permanente del Tomate”

No es exactamente un virus. Es un organismo unicelular, submicroscópico más grande que un virus. Se desarrolla dentro del floema, donde se alimentan los vectores.

Síntomas (Figura 11.2.1)

Se pone más gruesa, comienza a decolorarse y detiene su crecimiento. Se produce un achaparramiento de la planta y la distancia entre nudos se acorta.

Cabeza

Se ponen verde más claro incluso amarillo con tonos morados. Se hacen duras enrolladas y al tocarlas se sienten crujientes.

Hojas

Se produce mucho aborto floral y los frutos dejan de crecer, se quedan pequeños.

Frutos

Figura 11.2.1 Síntomas del Micoplasma / Fitoplasma o "Permanente del Tomate"

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Lo transmite el Psyllido, tanto adultos como ninfas de manera muy rápida. No se transmite mecánicamente. Si se detectan plantas con estos síntomas se debe hacer lo siguiente y de forma rápida:

- Sacar las plantas del invernadero en bolsas cerradas, quemar todos los restos sacados.
- Monitorear muy bien el cultivo para encontrar el Psyllido.
- Deshojar plantas con ninfas de psyllido (usando bolsas y luego quemarlas).
- Realizar aplicaciones focales o generales con algún insecticida adecuado.

11.3 TIC o TYLCV “Hoja de cuchara del tomate”

Síntomas

- *Hojas:* Las hojas de la parte baja de la planta comienzan a ponerse amarillas por el haz con tonos violáceos por el envés. Puede llegar hasta mostrar un daño entre las venas “resequedad”. Las hojas se comienzan a enrollar hacia el haz a lo largo del nervio principal (Figura 11.3.1).
- *Frutos:* Puede haber abscisión de flores, falta de cuajado y frutos cuajados de tamaño pequeño y color pálido.
- *Cabeza:* La planta se queda parada si la temperatura promedio es mayor a 25°C; queda achaparrada, con forma de matorral.

Figura 11.3.1 Hojas con el virus de cuchara de tomate

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Lo transmite la mosca blanca. Si se detecta plantas con estos síntomas se debe sacarlas del invernadero, quemar el material vegetal sacado y tomar medidas de control contra la mosca blanca.

11.4 Virus del plateado

Síntomas: Las hojas se ven con manchas de color verde más claro tipo “plateado” (Figura 11.4.1). Las flores tienen un aspecto normal pero no dan ningún fruto. Los frutos presentan estrías verde plateado que se torna amarillo pálido en la maduración.

Figura 11.4.1 Virus del plateado

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Es una enfermedad no parasitaria, debida a una anomalía en el desarrollo de los tejidos. Semillas muy precoces, expuestas a temperaturas diurnas menores de 18°C.

Estas plantas no crecen igual que el resto, y sus frutos tampoco. Se recomienda quitarlas del cultivo y sustituirlas por planta nueva, si aún son pequeñas o por brote en el caso de que ya sean grandes. No es grave ni contagioso, no se transmite mecánicamente y no se transmite mediante plagas. Toca observar la planta y de preferencia sacarla, aunque en algunos casos no es necesario porque solo son unas hojas las que se ven afectadas, el crecimiento sigue siendo normal y los frutos de buena calidad.

11.5 Virus del Pepino

Síntomas: Las hojas crecen picudas (filiformes), la lámina foliar se reduce hasta quedar prácticamente solo los nervios, las hojas pueden llegar a verse un poco enrolladas y amarillas (Figura 11.5.1), y puede llegar a afectar a frutos, que presentan manchas necróticas y deformaciones.

Figura 11.5.1 Virus del Pepino

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Transmisión: Generalmente viene desde la semilla. Por pulgones en la forma no persistente (periodos cortos y mecánicamente). Igualmente, se puede manifestar la enfermedad sin haber encontrado pulgones en el cultivo. Se recomienda quitar las plantas del cultivo y sustituirlas por planta nueva, si aún son pequeñas o por brote en el caso de que ya sean grandes. En algunos casos no es necesario porque solo son unas hojas las que se ven afectadas, el crecimiento sigue siendo normal y los frutos de buena calidad.

11.6 Diferentes virosis de Mosaico y Virus “Y” de la Papa

Síntomas: Existen diferentes virus de mosaico (tabaco, pepino, tomate) con sintomatologías muy parecidas. Si se encuentran plantas con estos síntomas se actuará de igual forma, sin importar que mosaico sea (Figura 11.6.1). En el caso de querer determinar con exactitud de cuál se trata, muchas veces es necesario recurrir a un laboratorio.

Las hojas crecen picudas y más delgadas y oscuras.

Foliolos abollonados y con manchas en mosaico.

Zonas amarillo vivo en foliolos

Alternancia de zonas verde claro y verde oscuro.

Necrosis pardas en las nerviaciones y tejidos próximos. Este síntoma también aparece en el virus y de la patata.

Los tomates se ven dañados, con manchas color café en el exterior del fruto.

Numerosas necrosis pardas difusas recubren todos los frutos de un racimo.

Figura 11.6.1 Diferentes virosis de mosaico

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Su transmisión se da por trabajos manuales con herramientas por la semilla. Si se detecta plantas con estos síntomas se deben sacar del invernadero y quemar el material vegetal sacado. Si es un foco, se debe cerrar esa zona del invernadero y trabajarla a lo último. También, si se encuentra algún vector se debe aplicar medidas de control contra este y por último, asegurarse de que se cumplan todas las normas y protocolos de desafección en los trabajos.

11.7 Control de virus

Dado que no se consideran organismos vivos, no es posible “matarlos”, por lo que no hay “viricidas”. La única alternativa es emplear medidas preventivas para evitar una infección.

Medidas Preventivas

1. Emplear plántulas libres de virus.
    - Utilizar semilla certificada.
    - Proteger semilleros con malla antiáfidos.
2. Distracción de vectores.
    - Superficies reflejantes.
    - Cultivos trampa.
3. Evitar entrada de vectores.
    - Eliminar maleza.
    - Hermeticidad del invernadero.
    - Malla antiáfidos.
    - Doble puerta.
4. Control de vectores al interior del invernadero.
    - Trampas cromotrópicas para muestreo y captura de insectos vectores.
    - Control químico de vectores.
5. Eliminar plantas infectadas.

12. MANEJO POSCOSECHA Y EMPAQUE

Al interior de ésta área es donde al producto se le da presentación, se le hace sobresalir las cualidades, y en general es donde se ponen de manifiesto la mayor parte de aspectos de calidad, por ejemplo es donde se agrupan por tamaños, por colores y grados de maduración; se le quita el calor del campo y se le da brillantez: Todo con la finalidad de resaltar todos aquellos aspectos que lo hagan atractivo a los ojos del consumidor y que por tanto incrementan su valor comercial. (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003) Mencionan que las actividades más importantes en esta área son:

Recepción: Normalmente a la hora del recibo de producto se deben tener en cuenta dos actividades; la primera es el quitado del calor de campo, esto consiste en dejar los recipientes en una cámara que les baja la temperatura a los frutos hasta 10°C y en los grandes empaques que reciben grandes volúmenes que no vienen en cajas, este aspecto es considerado al descargar las batangas en agua fría; la segunda actividad es la desinfección y lavado del fruto, esto se logra con un sumergimiento del fruto en agua clorada previo a la entrada por las bandas de selección.

Selección y empaque: Esta actividad se puede llevar a cabo tanto de manera manual (cuando los volúmenes de producción son reducidos) como mecánica (cuando la producción es abundante). Los rubros que se establecen en los empaques son: color (grado de madurez), tamaño, forma, cierre del ápice, daños por insectos, tamaño de hombros, daño mecánico y podredumbres; dentro de estos rubros se pueden establecer también varias categorías. Resulta lógico pensar que entre más rubros y categorías se establecen al seleccionar, más se dificulta la labor, pero más precisión se tiene sobre el producto que se quiere.

La selección también puede hacerse dependiendo del destino del mercado y las especificaciones del mismo; hay mercado poco exigente que puede pedir el producto a granel o en reja de madera, la siguiente categoría sería en caja de

madera de dos tandas (sin pedúnculo), luego la caja de una sola tanda con cáliz y finalmente el empacado en racimo que es la categoría más sofisticada.

Conservación: Posterior al empacado el fruto puede permanecer por periodos no mayores a cinco días en conservación, ésta labor normalmente se hace con la finalidad de ajustar tiempos y volúmenes del producto que requiere el comprador. La bodega de conservación debe estar a una temperatura alrededor de 10°C, con ello la actividad metabólica del fruto disminuye al mínimo y por consiguiente los procesos que de esto se derivan; de ésta manera no se llegan a causar daños por frío y la vida poscosecha del fruto no se disminuye en forma significativa.

Cargado y transporte: El cargado y transporte son actividades también muy delicadas que pueden mermar la calidad del producto, echando a perder todo el esfuerzo realizado con anterioridad; entre las cosas que hay que cuidar de ésta actividad es que el estibado de las cajas sea el adecuado, es decir, que no se amontonen demasiadas a tal grado que lleguen a comprimirse las del piso, que las estibas queden perfectamente verticales para evitar movimientos de la carga; debe también cuidarse el aislamiento de polvo, lluvia, viento, sol y demás agentes que pueden deteriorar el producto o disminuirle calidad. Finalmente, se sugiere buena ventilación acompañada de la refrigeración en el medio de transporte (thermo king system), sobre todo cuando el producto recorrerá grandes distancias. Todo ello garantiza que los frutos llegue en perfecto estado a su destino.

12.1.1 La cosecha y su manejo

Las principales consideraciones a tomar en cuenta en la cosecha según (Sánchez del Castillo & Contreras Magaña, 2003) son las siguientes:

Índice de cosecha: representa el momento más apropiado en el que se debe quitar el fruto de la planta sin que se le ocasionen daños fisiológicos posteriores. En el tomate va a depender de varios factores, entre ellos se puede considerar por un lado la vida de anaquel que tenga la variedad utilizada y por otro el destino de la producción. En el primer caso hay materiales que se pueden cortar en estado

completamente maduro y permanecen así por un mes sin que se presenten problemas propios de poscosecha como son el arrugamiento, la pérdida de consistencia y las pudriciones; en el segundo caso se debe considerar los días que transcurrirán desde el corte hasta la venta, porque en el caso de que los materiales no tengan la propiedad de larga vida de anaquel, si se cortan en estado rojo, en dos o tres días perecen por completo. Desde otros dos puntos de vista se debe enfocar el punto de corte en que se va hacer la cosecha.

Se considera que el fruto de tomate una vez empieza a formarse una estrella coloreada en el ápice del mismo, ya está en un punto de madurez fisiológica y el proceso de maduración se da posterior y paulatinamente de manera normal; cosechado antes de esta etapa, la madurez puede presentarse de forma irregular.

Otro mecanismo que se utiliza para acelerar la maduración es el empleo de cámaras de maduración con etileno y con frecuencia se emplean cuando el mercado demanda mucho producto.

Frecuencia de cortes: va a depender principalmente de la temperatura, cuanta más alta sea ésta, más se va a acelerar el proceso de maduración de los frutos, y a medida que el ambiente se enfría, los procesos de maduración se retrasan. De manera normal se llegan a hacer dos cortes por semana y cuando los precios en el mercado son buenos se llegan a hacer hasta tres cortes por semana.

Tipo de corte: va a depender de la presentación que se requiera en el empaque; puede ser sin pedúnculo, con pedúnculo o en racimo, en los dos últimos casos se prefiere el uso de tijeras para evitar dañar los frutos. Normalmente, el dejar el pedúnculo junto con el cáliz acelera la maduración, además por cuestiones de daños hacia el mismo fruto, pero por cuestiones de presentación, sobre todo en el tomate tipo bola, éste se le deja.

Hora de corte: Se prefieren las horas más frescas del día, ya que de lo contrario el fruto lleva al empaque mucho calor de campo y esto disminuye significativamente la vida de anaquel.

Equipo, herramientas y cuidados: Es necesario con equipo como guantes, tijeras, escaleras o carritos de cosecha (en caso de plantas elevadas), cubetas o recipientes rígidos y cajas para depositar el fruto que se va cortando. Se debe tener extremo cuidado de no presionar en exceso los frutos ni dejarlos caer de alturas considerables ya que causan magulladuras que provocan maduración irregular, otro aspecto a considerar es que al colocarlos en cajas para transportarlos al empaque se debe tener mucho cuidado de los pedúnculos no dañen a los frutos, para ello se llegan a colocar en el interior de la caja, capas de hule espuma en cada tendido del fruto.

El transporte hasta el empaque es otro punto delicado, deben evitarse movimientos bruscos que friccionen o presionen el producto en el traslado. Además, deben ir tapados de forma que se evite el golpe de sol y una posible contaminación.

13. METODOLOGÍA

El proyecto de tomate se hizo en el invernadero comercial de 5,600 m^2 del campus Amazcala. Para su ejecución se describirán los procedimientos que se llevaron a cabo durante un ciclo de cultivo de tomate bajo invernadero en los meses de Febrero a Octubre.

13.1 Localización

El proyecto se realizó en las instalaciones del campus Amazcala de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, El Marqués, Querétaro, ubicado al Suroeste del estado, entre los 20°42'15" de latitud Norte. Su longitud se encuentra entre los 100°16'03" y los 100° 24’ del Oeste a 1920 m sobre el nivel del mar (INEGI, 2005).

13.2 Condiciones climáticas de la zona

El clima de acuerdo con los criterios de Koppen-Geiger, se clasifica en general como semi – seco, semi – cálido, con lluvia en verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5%. Se alcanza una temperatura máxima de 33.6°C y una temperatura mínima de -1.7°C, con una velocidad del viento máximas de 13.9 Km/hr y mínima de 0.19 Km/hr, con vientos cambiantes en diferentes direcciones y una precipitación anual de 520 mm. Asimismo, se presenta una humedad relativa máxima de 96% y mínima de 2%, con una radiación solar máxima de 1492 W/m^2. (Datos tomados de la estación climatológica de Amazcala, Nogales y el Zamorano).

13.3 Cronograma del ciclo de producción del cultivo de tomate

Cuadro 13.3.1 Cronograma del ciclo de producción

ACTIVIDAD	MES
Limpieza del ciclo anterior.	Febrero
Preparación del suelo para la siembra.	Febrero
Formación o preparación de camas.	Marzo
Instalación de las cintillas de riego y acolchado dentro del invernadero.	Marzo
Desinfección del suelo.	Marzo
Producción de plántula.	Marzo
Colocación de plásticos.	Abril
Trasplante.	Abril
Manejo del cultivo.	Abril – Octubre
Inicio y fin de cosecha.	Julio – Octubre

13.4 Materiales utilizados en invernaderos

Herramientas de trabajo: Comúnmente se utilizan tijeras para podar brotes maduros, deshojado e incluso en frutos como ocurre con el tomate bola, el cual se suele cortar ya sea desde el pedúnculo o desde el racimo completo. La primera poda con la herramienta sería a la tercera semana ddt cuando ocurra la lignificación (fortalecimiento de la membrana celular a causa de la alteración de las células vegetales mediante la acumulación de la lignina, generando resistencia mecánica a la presión con una cierta pérdida de elasticidad) en los brotes. Por esto, es una herramienta necesaria durante todo el ciclo de cultivo, además de que disminuye los daños en la planta al contrario de que si se hiciera con las manos.

La tijera para poda se utiliza como una podadera a una mano, pero su mango izquierdo extra largo permite utilizarla también a dos manos cuando se trate de cortar ramas de gran diámetro. Comercialmente, se pueden encontrar muchas modelos, entre ellos la TIJERA FELCO No. 13 suministrada por la empresa SABSA. Es de empuñaduras con amortiguador y tope de caucho para proteger la muñeca, cabeza de corte de gran apertura, tuerca dentada para ajustar con facilidad y precisión el juego de hoja y contra – hoja, hoja con muesca corta – alambre, contra – hoja con raspador, atornillada y empuñaduras en aleación de aluminio forjado.

Accesorios complementarios: Durante las labores culturales en un invernadero se deberá usar como complementos al menos tres tipo de guantes, necesarios tanto para la sanidad del cultivo, como para el cuidado y seguridad del trabajador. Los guantes de látex para las labores de podas y clasificación, guantes de nitrilo para la recolección de rastrojos, residuos de podas y manipuleo de cajas y, guantes de hule para la manipulación de los ácidos en la fertilización.

Materiales de sujeción para tutoreo: Los materiales comúnmente utilizados son: rafia, ganchos metálicos y anillos sujetadores.

Acolchado: En invernaderos donde se presente gran cantidad de radiación solar es necesario utilizar películas de doble capa, es decir, que posean una cara oscura y la otra de color blanco con el objetivo de reflejar la radiación. La cara negra permitirá controlar las malezas, ya que elimina el paso de la luz. La capa negra deberá dirigirse hacia el interior de la cama o surco, dejando la blanca hacia el exterior, con el propósito de contrarrestar el aumento de la temperatura por radiación.

Plásticos: Los plásticos son los materiales más susceptibles a sufrir daños mecánicos por la acción de factores ambientales, por esto se recomienda no rodar o arrastrar los materiales antes de su instalación, no manipularlos hasta el momento previo a la colocación y evitar exponerlos a condiciones de frío extremo, además de contar con plásticos con efecto termoaislante (impiden la salida de radiación terrestre al exterior del invernadero), los cuales amortiguarán las bajas temperaturas durante el invierno. Los calibres que se recomiendan son de 700 – 800 galgas, algunos son tricapas con propiedades antigoteos por lo que se recomienda colocar los plásticos con las letras impresas hacia abajo puesto que en la parte interna contienen ciertos aditivos que les confieren estas propiedades (Mercado & Rico, 2011).

Ventanas: En general son las que permiten el intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero, pueden ser ventanas colocadas en la

techumbre del invernadero (cenitales) o laterales. Son accionadas de forma manual o con un motor de forma automatizada. Es necesaria la revisión continua y el mantenimiento constante debido a que tienen una flecha que se desplaza según el giro para abrir o cerrar la ventana.

Preparación de ganchos: Es recomendable que la rafia que sostiene las plantas en el tutoreo, sea cambiada cada ciclo de cultivo tanto para evitar focos de infección como para soportar el peso de una nueva planta, ya que con el tiempo la radiación va provocando desgaste en el material. Antes de ser utilizados, es necesario desinfectar los ganchos conforme se vayan utilizando. Normalmente, para la desinfección se utiliza sales cuaternarias o agua con unas gotas de cloro.

Análisis y calidad del agua de riego: El agua de baja calidad puede anular todos los esfuerzos del productor, no sólo durante la etapa de germinación, sino en todo el proceso de producción. Por ello es necesario hacer un análisis químico del agua antes de iniciar el cultivo. Las características deseables en el agua de riego se presentan en el Cuadro 13.4.1.

Cuadro 13.4.1 Características deseables en el agua de riego

pH	5.5-6.5	Cloruro(Cl)	<80
Sales solubles (CE) dSm^{-1}	<1.0	Sulfatos ($SO_4^{=}$)	24 – 240
Alcalinidad ($CaCO_3^{=}$)	60 – 80	Boro ($B_4O_7^{=}$)	<0.5
Relación de absorción de sodio (RAS)	<2	Fluoruro (F^-)	<1
Nitratos (NO_3^-)	<5	Hierro (Fe^{++})	<5
Fósforo ($H_2PO_4^-$)	<5	Manganeso (Mn^{++})	<2
Potasio (K^+)	<10	Zinc (Zn^{++})	<5
Calcio (Ca^{++})	40 –120	Cobre (Cu^{++})	<0.2
Manganeso (Mg^{++})	6 – 25	Molibdeno ($MoO_4^{=}$)	<0.2
Sodio (Na^+)	<40		

Las unidades están en mg/L^{-1}
Fuente: (Castellanos & Muñoz, 2007).

13.5 Organización dentro del invernadero y flujo del producto

Lograr una producción superior en el invernadero, sea cual sea el cultivo en su interior, no se refiere solamente al manejo de plantas, clima y riego. Un elemento de gran importancia para la óptima producción y rentabilidad está relacionado con la manera en que el personal circula en el invernadero, cómo se retiran del invernadero los frutos cosechados y desechos tales como hojas. Si todos y todo se mueve de manera coordinada, el trabajo fluye con mayor facilidad. Un invernadero no es diferente de una fábrica donde se debe producir, empacar y entregar el producto de la forma más eficiente posible para maximizar beneficios en un mercado con tal variabilidad de precios (invernaderos-agricolas, 2014).

13.5.1 Organización de equipos de trabajo

Es muy importante disponer de un plan de trabajo para el personal del invernadero de manera que cada trabajador sepa exactamente qué debe hacer cada día y qué se espera de éste (Ej. planes y objetivos de trabajo). En otras palabras, deben elaborarse Procedimientos Operativos Estándar (POE) para cada función del trabajo en el invernadero. De esta manera, los gerentes dispondrán de estándares por los cuales evaluar el desempeño de cada trabajador y ayudar a aquellos trabajadores que requieran más capacitación para ponerse a la altura del estándar mínimo. Se deberá plasmar los planes de trabajo diario y semanal donde todos los trabajadores puedan reconocer la actividad que han de desempeñar y asegurarse de que los equipos de trabajo individuales sepan lo que necesitan hacer cada día.

Normalmente, en un invernadero, los trabajadores deben dividirse en tres equipos de trabajo diferenciados: trabajadores de la zona superior, de la zona inferior y de apoyo. Estas tres funciones nunca deben cruzarse:

Trabajadores de la zona superior: Son responsables de trabajos en la cima del cultivo: enrollar la planta en la rafia o aplicar anillos; eliminar chupones; aplicar soportes a los racimos; inclinar y bajar (en el caso de tomates o pepinos en cableado

alto), y podar racimos. Estos trabajadores son clave en el invernadero y tendrán el mayor efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Ellos son los que influyen en el crecimiento futuro de cultivo, ya que trabajan en la cima de las plantas.

Trabajadores de la zona inferior: Son responsables de eliminar las hojas en el fondo de las plantas (en el caso de tomates y pepinos en cableado alto), cosechando los frutos y asegurándose de que todos los goteros están ubicados correctamente en el sustrato.

Estos dos equipos de trabajo en el cultivo están altamente especializados y se volverán muy rápidos y eficientes en sus actividades respectivas al repetir las mismas funciones cada día y todos los días. Es de recordar que el invernadero se asemeja a una fábrica en donde el trabajo en el cultivo sería la línea de producción. La velocidad y calidad de trabajo se obtendrán a partir de la experiencia y la repetición.

Los trabajadores de apoyo: Constituyen el tercer grupo de trabajo, y son responsables de retirar las cajas llenas de frutos cosechados y de desechos del invernadero. También están encargados de colocar tarimas en lugares adecuados y organizadas en el pasillo de manera que los trabajadores del cultivo (cosechadores o deshojadores) sepan exactamente dónde deben colocar sus cajas llenas antes de ser retiradas del invernadero.

En los días en los que se practique el deshoje, los trabajadores de apoyo retiran los desechos a través de la entrada principal. Las salidas establecidas para retirar fruta y rastrojos deben estar separadas y bien diferenciadas.

Los trabajadores de apoyo también son los responsables de mantener el suministro de cajas vacías para cosechar (en días de corte) o cajas para desechos (en días de deshoje) de manera que los trabajadores de la zona superior e inferior puedan concentrarse en sus respectivas tareas especializadas. Estos trabajadores especializados nunca deberían tener que caminar más de unos pocos metros para ubicar cajas vacías o reabastecerse de anillos o soportes de racimos para

desempeñar su trabajo correctamente o para localizar la tarima adecuada sobre la que deben depositar las cajas llenas de fruta o rastrojos.

En conclusión, la organización en el invernadero es esencial para tener todas las labores culturales al día y evitar cuellos de botella de manera que opere sin incidentes de forma rápida y eficiente (invernaderos-agricolas, 2014).

13.5.2 Organización en los pasillos centrales

Ya sea en pasillos centrales o en aquellos acorde a las hileras, es necesario organizarse para establecer un flujo eficiente de frutos y desechos. Los frutos siempre deben ponerse en cajas destinadas a contener fruta solamente y los rastrojos se depositan en cajas solo para desechos. Esto reduce el potencial de contaminación cruzada ya que algunas hojas y tallos podrían tener *Botrytis* o Cenicilla y por ello nunca deberán estar en contacto con frutos destinados a la venta.

Los frutos que hayan sido cosechados y estén en espera de ser transportados al empaque o a la sala de clasificación deben ubicarse en el sector sur del pasillo donde hay más sombra de las plantas. Los frutos depositados bajo luz solar directa se calentarán y su calidad se deteriorará con rapidez.

Las cajas vacías en espera de ser llenadas por el personal encargado de la cosecha deben apilarse ordenadamente en el sector norte del pasillo, apartadas de las cajas llenas. De esta manera los trabajadores pasan menos tiempo buscando cajas y más tiempo en la hilera de cultivo finalizando las tareas que les han asignado propiciando un flujo de tráfico eficiente en el pasillo.

Los frutos cosechados destinados a la zona de empaque y clasificación deben abandonar la nave a través de una puerta diferente a la de evacuación de desechos para evitar la contaminación cruzada. Los frutos cosechados y los desechos en cajas deben ser depositados en tarimas aisladas entre sí de manera que el transporte a sus respectivos lugares sea fácil y eficiente.

En resumen, el productor debe desarrollar un orden de flujo para el proceso en el interior del invernadero de manera que el personal y los productos se muevan de manera rápida y eficiente en un área limitada.

13.6 Reglamento a la hora de ingresar al invernadero

Para el ingreso al invernadero es necesario cumplir ciertas reglas para mantener el control del mismo. A continuación, se describirá el uso del tapate sanitario, las formas correctas de apertura y cierre de las puertas. Además, de las estrategias del cuidado personal.

Antes de ingresar al invernadero, el calzado del personal debe desinfectarse en un tapete sanitario colocado a la entrada de las instalaciones impregnado con una solución desinfectante (sales cuaternarias 10 ml/L de agua), esto para evitar la entrada de posibles patógenos al invernadero. Asimismo, el invernadero debe contar con una antesala, la cual contendrá dos puertas herméticas que cierren alternadamente, es decir, una que abra y otra que cierre cada vez que se ingrese o se salga del invernadero como medio de desinfección y de aislamiento entre el ambiente interno y externo.

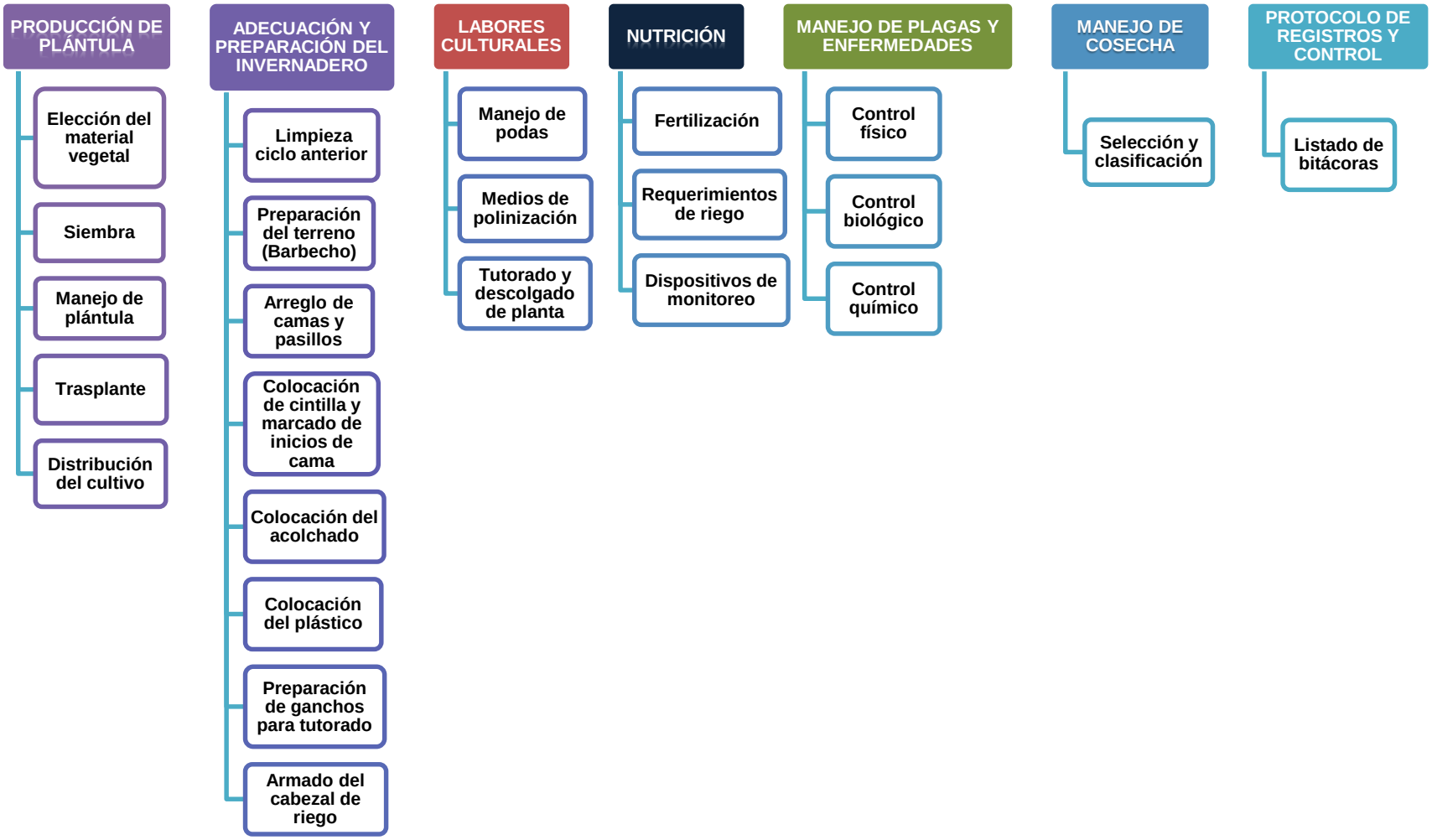
13.6.1 Reglas a seguir por el personal de trabajo

El personal debe desinfectarse cuidadosamente las manos con jabón antibacterial líquido o en polvo así como desinfectar (sales cuaternarias 10 ml/L de agua) las herramientas que se vayan a utilizar antes de manipular o podas las plantas, esto con el objetivo de evitar la diseminación de enfermedades.

El uso de anillos, pulseras y uñas largas no deben ser permitidos durante las labores de manejo del cultivo para evitar lesiones en las plantas. El personal debe portar uniformes y cofias para el cabello. La distribución de las áreas de trabajo debe ser de una persona por cada 1000 m^2 (Mercado & Rico, 2011). Solamente la persona asignada a esa área podrá trabajar esa sección, ya que si se desplaza a otras áreas podría diseminar enfermedades presentes.

13.7 Diagrama de proceso del manejo del cultivo de tomate

Cuadro 13.7.1 Diagrama de proceso del manejo del cultivo



13.8 Producción de plántula para el ciclo productivo

13.8.1 Elección del material vegetal

Para definir la variedad con la cual se trabajó fue necesario tomar en cuenta los siguientes criterios; elegir la mejor variedad que se adapte a la zona de cultivo ya que el utilizar semillas de baja calidad reduce el potencial de rendimiento, que el producto tenga una alta demanda en el mercado, alto porcentaje de germinación (se recomienda mayor o igual al 90%), época de plantación, requerimientos de clima, días a cosecha, ciclo de la planta, conocer la vida de anaquel del fruto, tamaño y forma del fruto, rendimiento por m^2, su comportamiento fenológico, adaptabilidad al medio ambiente y resistencia a enfermedades.

El primer paso para cultivar cualquier plantación es elegir la mejor variedad que se adapte a la zona de cultivo. Utilizar semillas de baja calidad reduce el potencial de rendimiento. Al seleccionar una variedad se debe considerar que el producto tenga una alta demanda en el mercado, conocer la vida de anaquel, tamaño, rendimiento y, de la planta, su comportamiento fenológico, adaptabilidad al medio y resistencia a enfermedades (Mercado & Rico, 2011).

Se eligió la variedad más apta para soportar las condiciones climatológicas donde se va desarrollar el proyecto de cultivo de tomate, que presenten una uniformidad en tamaño e híbrida. Se observó la ficha técnica de los proveedores en donde se tendrá en cuenta información como:

- Tipo de Crecimiento (Variedad Indeterminada o Determinada).
- Morfología del Fruto (Ovalados, uniformes, firmes y de color rojo brillante).
- Peso mínimo, máximo y promedio del fruto.
- Entrenudos resistentes.
- Planta vigorosa.
- Frutos de calidad y alto rendimiento.
- Su clima ideal (temporada y zona).

A partir de los anteriores criterios se eligió un híbrido variedad Saladette XIR 8022 (Nombre comercial Optimax). Acorde con la casa semillera (SAKATA) presenta los siguientes atributos:

Características

- *Interior:* firme, color rojo brillante.
- *Hábito de la planta:* vigorosa, productiva.
- *Forma del fruto:* Ovalado-uniforme.
- *Resistencia a enfermedades:* R: Vd/ F2/A/Pto.

Dimensiones

- Extra grandes, aproximadamente entre los 135-140 gramos.

Notas

- Es ideal para la zona Centro y Occidente de México.

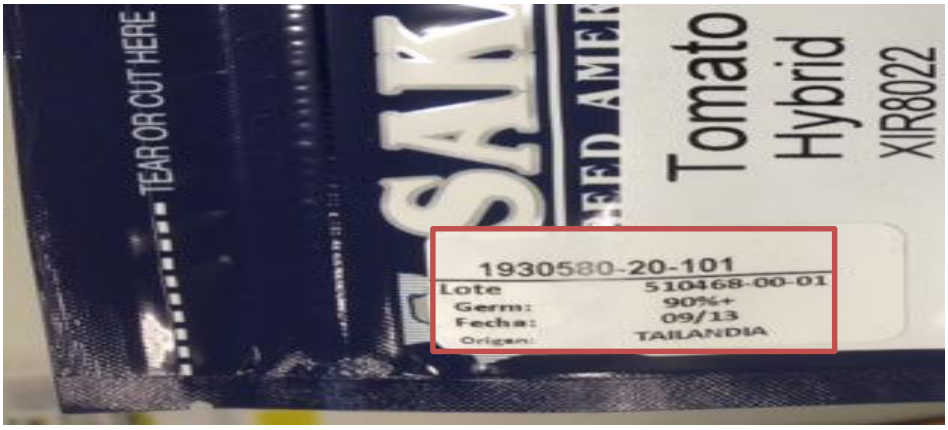


Figura 13.8.1 Criterios a tener en cuenta al momento de recibir el sobre con las semillas

Fuente: (SAKATA).

- Es importante que al recibir el sobre que contiene las semillas fijarse en la fecha de prueba de germinación, ésta no debe ser mayor a un año. Asimismo, se debe observar el porcentaje de germinación con el fin de

considerar la cantidad extra a pedir. Comúnmente se pide entre un 10 y 15 % de semilla de más.

13.8.2 Siembra

Se llevó a cabo los días 24, 25 y 26 de Marzo/2014. Los materiales utilizados fueron: La variedad o semilla previamente seleccionada, charolas de poliestireno (200 cavidades con dimensiones 67 x 33 x 7), sustrato para germinar (peat moss), desinfectante Yodo (5ml/L de agua), ácido, plástico negro y medidor de pH.

Figura 13.8.2 Procedimiento de siembra

Descripción del procedimiento (Figura 13.8.2):

- En el proceso de germinados se tomaron 90 charolas, 15 para tomate bola y 75 de tomate Saladette.
- Se lavan las charolas a reutilizar con agua y jabón (Paso 1).
- Todas las charolas se desinfectan con yodo por inmersión (5ml/L de agua) (Paso 1), las reutilizadas se dejan sumergidas por 5 minutos, mientras que

las nuevas sólo por 10 segundos. Para mantenerlas debajo de la solución desinfectante se usaron tambos con agua.

- Paralelo a lo anterior, se cortan unos cuantos pedazos de plástico para tapar las charolas, se desinfectan y se dejan secando.
- Se echa el peat moss en una tina donde se le aplica agua acidulada (ácido fosfórico, a 85% de concentración) hasta alcanzar capacidad de campo. El pH se cuadró entre 5.5 y 6.5, rango en el cual se facilita la absorción de nutrientes (Paso 2).
- Se llenan las charolas con peat moss una a una y luego se les dan unos golpes contra el piso para que el peat moss se termine de asentar y se quitaran los espacios de aire. Después, se volvía a rellenar (Paso 3).
- Con la charola llena de peat moss, se prosigue a realizarle los agujeros a cada una de las cavidades de la charola en donde se va a depositar la semilla (Paso 4).
- Cada semilla se coloca en el centro de cada cavidad a una profundidad de 0.5 cm (una falange aproximadamente).
- Se coge un lápiz al inverso y con el borrador se van colocando las semillas. También, con cierta habilidad se pueden hacer con las manos.
- Con la semilla puesta se volvía y se tapaba con peat moss (Paso 5).
- Una vez se tuvieran 4 o 5 charolas listas, a cada una se le rociaba agua con un atomizador para luego taparlas con bolsas plásticas (lado negro al interior) e introducirlas a la cámara de germinación, esto con el fin de conservar la humedad y acelerar el proceso de germinación (Paso 5).
- Se cuadra el calentador de aceite y con un data logger continuamente se monitorea la temperatura y humedad relativa.

Nota: Se monitoreo la temperatura del ambiente, pero lo recomendable es monitorear la del sustrato.

Monitoreo y germinación

El proceso de germinación se describió en tres etapas:

1. Rápida absorción de agua por la semilla (12 h).
2. Periodo de reposo (35 – 40 h), durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla.
3. Etapa de Crecimiento, la semilla comienza a absorber agua de nuevo y se inicia el crecimiento y la emergencia de la radícula (Castellanos, 2009).

El rango óptimo de temperatura de germinación se encuentra entre 18 y 29.5°C; la temperatura mínima entre 8 y 11°C y la máxima es de 35°C (Mercado & Rico, 2011).

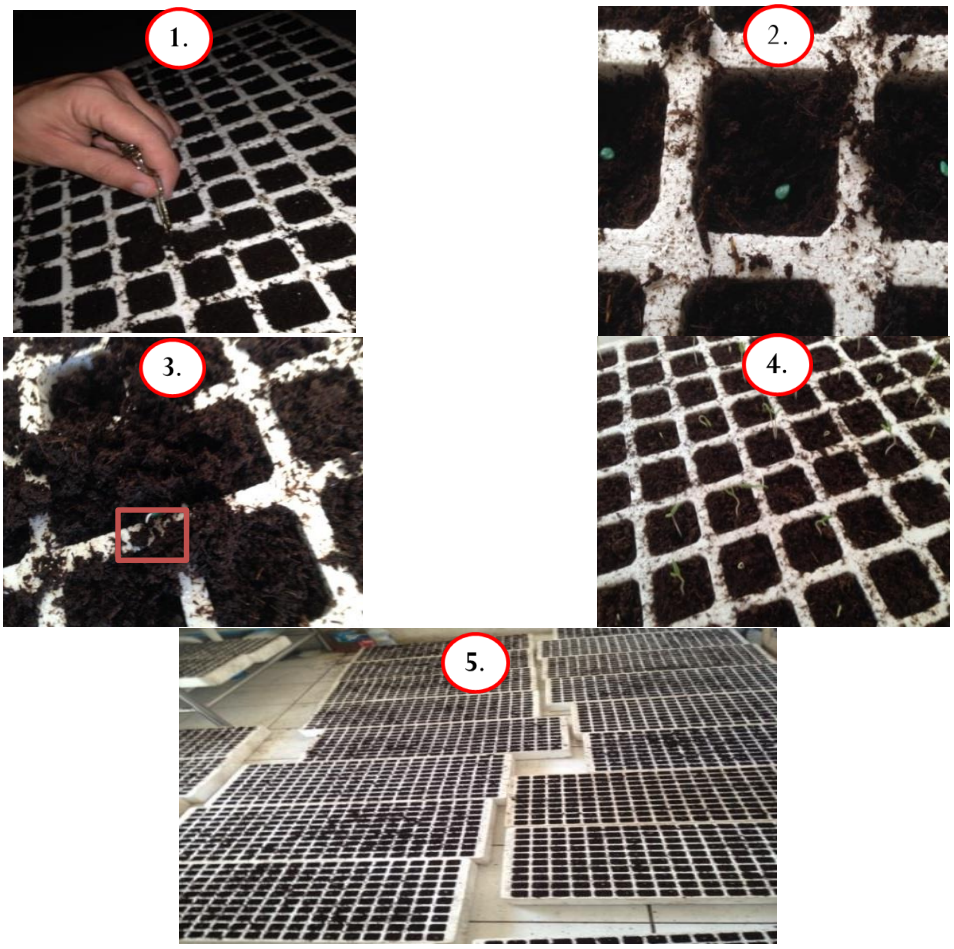


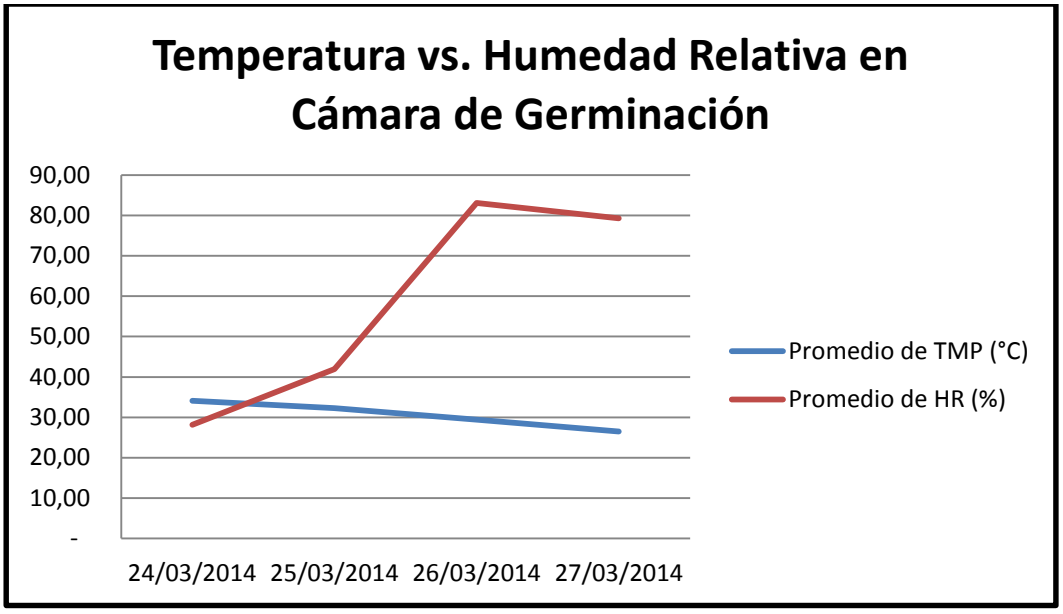
Figura 13.8.3 Procedimiento de monitoreo y germinación

Descripción del procedimiento (Figura 13.8.3):

- Se monitorea frecuentemente la cámara de germinación con la ayuda del dispositivo data logger, revisando que la temperatura y la humedad relativa se encontraran dentro de los rangos óptimos.
- Se revisa la humedad del sustrato, si es necesario regar, mediante un atomizador se rocía agua acidificada a la charola con el fin de mantener la humedad y uniformizar la hidratación del sustrato.
- Se rotan las charolas periódicamente (cada 3 horas aproximadamente) para que reciban el mismo calor, puesto que el calor suministrado por el calentador de aceite se acumulaba en la parte de abajo comenzando por las orillas. Si éstas se veían secas se regaba.
- Cerca de las 72 horas (tiempo de emergencia), se revisa cómo va la semilla. Se coge una llave o cualquier instrumento que levante un poco el sustrato y se observa en qué estado se encuentra la germinación (Paso 1 y 2). Si se encuentra al menos una que ya se le ve la radícula, quiere decir que ya casi todas están emergiendo (Paso 3 y 4).

  Nota: Unas pueden emerger antes que otras ya que los agujeros a la hora de introducir la semilla no eran del todo uniformes, por lo que se recomienda mecanizar este proceso o el uso de algún instrumento que haga los agujeros lo más uniformes posible.
- Inmediatamente emerja una se extienden todas las charolas (Paso 5) para que no se elonguen o se encuentren con el obstáculo de la charola de arriba y su crecimiento se vaya a ver atrofiado.

Por último, para pasarlas de la cámara de germinación al invernadero de plántula, todas las charolas se extendieron y se sacaron a la antesala para su debida climatización (Paso 5), de manera que al transportarlas el cambio de clima no fuese tan abrupto minimizando el estrés. En el siguiente gráfico se observa la temperatura y humedad relativa promedio que se mantuvo en la cámara de germinación.



- Temperatura Promedio: 30.28°C
- Humedad relativa promedio: 60.2%

13.8.3 Manejo de plántula

Una vez tenidas las charolas germinadas y aclimatadas, se llevaron a un invernadero de menor escala con dimensiones de 12 x 9 x 4 m y con un extractor de aire con renovaciones de 3.3 m/s, el cual se prendía para reducir la temperatura. Ahí, pasaron los primeros 30 días posteriores a las 72 horas después de la siembra y anteriores al trasplante.

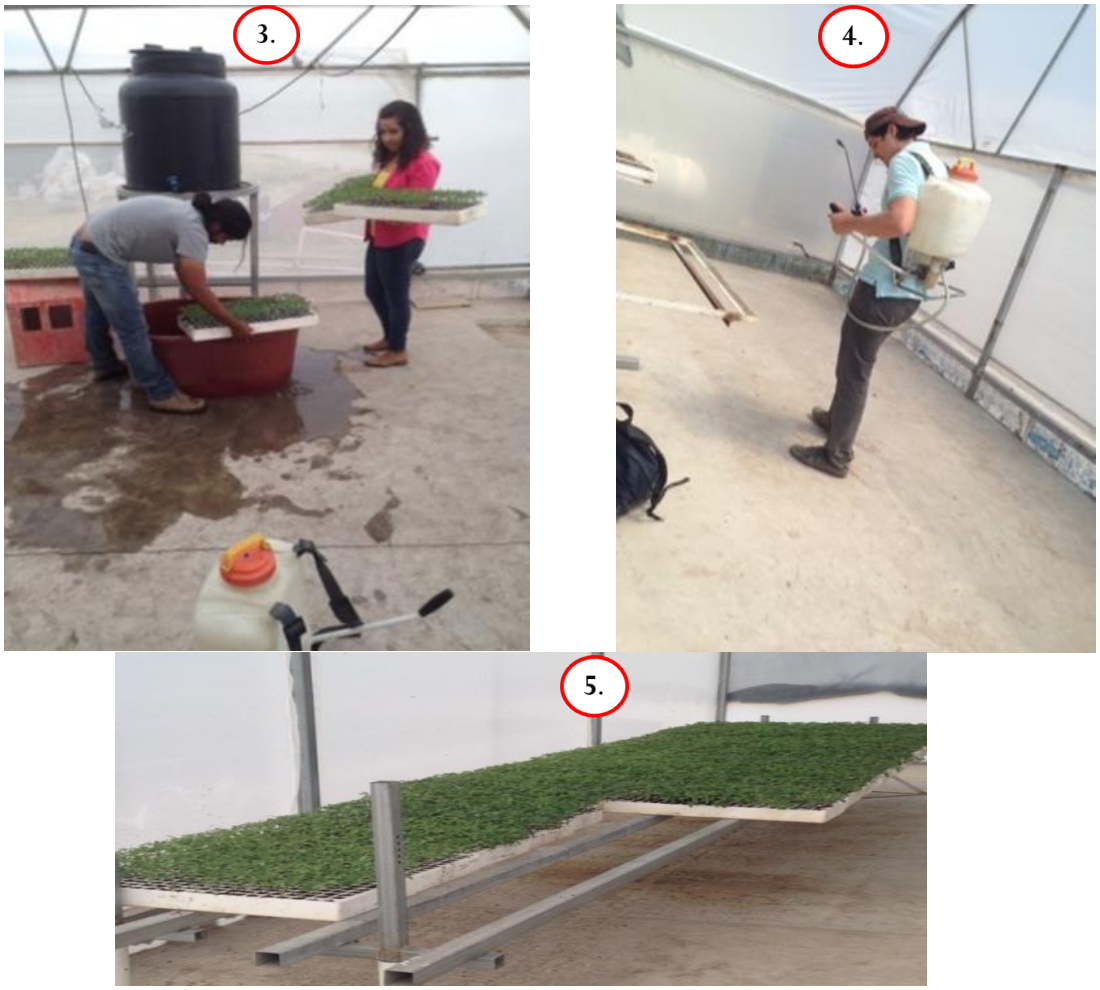


Figura 13.8.4 Procedimiento del manejo de plántula

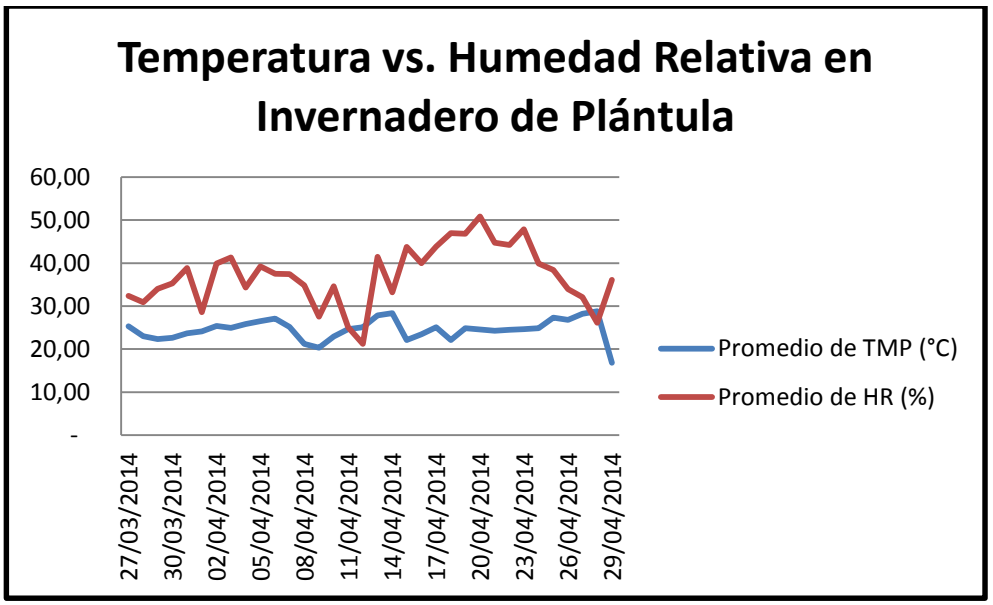
Descripción del procedimiento (Figura 13.8.4):

- Una vez germinadas y extendidas las charolas para su aclimatación se procedía la adecuación del semillero o invernadero de plántula (Paso 1).
- Se acomodaron mesas o bases de PTR sobre canastillas para la acomodación de las charolas con el fin de aislarlas del suelo favoreciendo la higiene y evitando el contacto con insectos.
- Se desinfecta toda la estructura y sus componentes al interior del semillero con sales cuaternarias de amonio (10 ml/L de agua), previo a su uso.
- Se transportan en carretillas las charolas hacia el invernadero de plántula (Paso 2).

- Acomodadas las charolas sobre las mesas se inician los riegos, estos fueron en un principio con solo agua con una aspersora con capacidad de 20 L (Paso 4). Se hacen de 3 a 5 riegos en el día dependiendo del clima, el punto es mantener el sustrato húmedo.
- A las 1.5 semanas se colocó un tinaco de 250 L para la preparación de solución nutritiva, a partir de aquí se aplican riegos con solución nutritiva y por el método de inmersión, aproximadamente cada 4 días, dependiendo del clima (Paso 3). Si se hacía con la aspersora se hacía una segunda rociada con sólo agua para remover la solución nutritiva de las hojas de forma que se evitara quemaduras en las hojas por acumulación de sales (Paso 4).
- La inmersión se hace sumergiendo la charola en una tina hasta la base de la plántula sin tocar las hojas (para evitar quemaduras en ellas) y por el tiempo que dejara de salir burbujas de aire indicando un buen humedecimiento del sustrato (Paso 3).

Por último, se llevó el control de clima por medio de un data logger ubicado a la altura de la planta el cual tomó datos de temperatura y humedad relativa. Las lecturas se pueden observar en la siguiente gráfica.

Con el fin de disminuir la temperatura se quitó la malla sombra, puesto que ésta al estar pegada al plástico le transfería calor al plástico calentándolo más. Además, se realizó encalado. Para el método de encalado, se agregaron dos kilos de resina y 11 kilos de blanco España en 100 litros de agua, además se le puede agregar nopal picado como espesante de manera que tenga una mejor adhesión al plástico. La mezcla de agua, cal y baba de nopal se debe dejar reposar por tres días. Es importante que a la hora de echar el producto se filtre bien de manera que no tape la boquilla de la máquina aspersora. Esto ayudó a reducir la radiación y en consecuencia a bajar la temperatura entre 6 a 10°C.



- Temperatura Promedio: 24.57°C
- Humedad relativa promedio: 35.77%

Nutrición en plántula

La elaboración de la solución nutritiva para plántula se llevó a cabo en un tinaco de 200L, marca Rotoplast. Los siguientes cuadros muestran los requerimientos nutrimentales y su balance respectivo.

Cuadro 13.8.1 Solución nutritiva aplicada en plántula

Solución Nutritiva Equilibrada	
Equilibrio entre Iones	
NO_3^-	8,4
$H_2PO_4^-$	1
$SO_4^=$	10,6
K^+	7
Ca^{++}	5,4
Mg^{++}	4
HN_4	2,3
RAS	1,24
K/N	2,3
CE, dSm^{-1}	1.5

*Solución balanceada para plántula.
Fuente: (Steiner, 1984).

Microelementos:

Nutrimento (ppm)	Concentración comercial del quelato	gr*m^3
Fe = 2	13%	7,69
Mn = 0,5	13%	7,69
Cu = 0,05	14%	7,14
Zn = 0,05	14%	7,14
Bo = 1	17,5%	5,71

Requerimiento de micronutrientes para plántula.
Fuente: (Steiner, 1984).

Procedimiento para la preparación de la solución

Se llenó un contenedor de 200 litros con agua hasta la mitad de su capacidad aproximadamente, los fertilizantes se pesaron y se disolvieron. Cada fertilizante se disolvió en una cubeta por separado hasta que quedó completamente disuelto, completado lo anterior se vació en el tanque de 200 litros de nuevo. Una vez se terminó esto se llenó el tanque a su máxima capacidad. El pH se ajustó entre 5.5 y 6.5 agregando pequeñas cantidades de ácido sulfúrico según lo necesario, ya que este puede bajar repentinamente.

Normalmente, se recomienda dejar 0.5 meq/L de bicarbonato o carbonatos de modo que el pH no varíe de manera abrupta. La conductividad eléctrica debe fluctuar entre 1.8 – 2 dSm^{-1} para la etapa de plántula debido a que si dicha conductividad es mayor que la del suelo o sitio final del trasplante, éstas tendrán un mejor arraigue de raíz. También, se hizo uso de un enraizante (Proroot) promotor de raíces y a su vez incrementa el valor de la conductividad eléctrica.

Debido a que se trabaja con ácido se trabajó bajo las normas de seguridad pertinentes, de manera que cada vez que se manipulara el ácido se debía contar con guantes de hule para la protección de las manos, careta para evitar la introducción de gases y botas para evitar una eventualidad de un derrame. Es de recordar que siempre se debe echar ácido al agua y no al revés.

13.8.4 Trasplante

Riego pre – trasplante

Dos horas antes al trasplante se hace un riego a las charolas para que cuando se extraigan los cepellones de las charolas no se dañen las raíces. Al momento del trasplante, se consideró que el sustrato o suelo en este caso tuviera la humedad necesaria para que la planta no se deshidratara y pudiera recuperarse más fácil. Debido a esto, se aplicó el riego un día antes del trasplante a capacidad de campo (0.3 atm), es decir, hasta que esté húmedo sin drenar. Es recomendable la aplicación de algún enraizante, puesto que favorece la recuperación y el brote de nuevas raíces.

Horarios del trasplante

Esta actividad se lleva a cabo durante las primeras horas de la mañana bajo el esquema de diseño del cultivo calculado. No obstante, es posible realizarlo en las últimas horas de la tarde, ya que si se realiza en horas de altas temperaturas la planta se deshidratará. De forma, que si el trasplante se comenzó en las primeras horas de la mañana y llegando el medio día no se ha terminado de trasplantar, conviene parar y esperar continuar en las horas de la tarde.

Consideraciones durante el trasplante

Las plántulas se deberán mantener húmedas, bajo sombra para minimizar la posibilidad de deshidratación. Al momento de depositar la planta en el orificio del sustrato, ésta se introduce hasta el nivel de los cotiledones, y luego se aporca ligeramente con la mano para asegurar un buen contacto de las raíces con el sustrato o suelo (Mercado & Rico, 2011).

Figura 13.8.5 Procedimiento del trasplante

Descripción del procedimiento (Figura 13.8.5):

- El trasplante se inicia en las primeras horas de la mañana.
- Se aplica un enraizador a las charolas por el método de inmersión por el tiempo que dejen salir burbujas de aire (1.5 kilos de Proroot para ½ Ha) de modo que le ayude a la plántula a tener un buen arraigue (Paso 1).

- Las charolas, luego de sumergirlas se golpean contra el piso para que el cepellón se afloje. Luego, se van colocando sobre unas bases para que escurran mientras se va trasplantando (Paso 1).
- En una carretilla previamente desinfectada se colocan todos los cepellones retirados de la charola de forma ordenada para que el proceso sea más rápido. De igual forma, se hace con una persona quien va cargando, retirando y posicionando todos los cepellones de la charola (Paso 2).
- Paralelo a esto, otra persona va marcando los puntos donde iría cada plántula (Se utilizó una barra de metal con dos puntos marcando la distancia entre plantas 37.5 cm) y otro venía atrás agujerando los puntos a una profundidad de 7 a 10 cm tal que el cepellón esté completamente dentro del suelo (Paso 2).
- Así pues, los encargados de llevar las charolas listas para trasplantar y las carretillas con los cepellones iban ubicando los cepellones en los agujeros o de forma que el cepellón apuntara al agujero.
- Por último, otras personas se encarga de introducir los cepellones sin aplastarlos y tapándolos o aporcándolos (Paso 2).
- Al finalizar el trasplante, se hace un riego de asentamiento de modo que el aire que se quedara en los agujeros salga y ocurra un mejor arraigue (Paso 3).

Nota: Es muy común que los agujeros se hagan muy hondos, que no se aporque o se tape bien, ni que se introduzcan bien los cepellones por lo que hay que prestar mucha atención a la hora de trasplantar en dichas observaciones.

Con el fin de evitar hongos y llevar un control de su latencia, se ampliaron los agujeros del acolchado como estrategia para evitar que se formaran microclimas de humedad. Esto hace que haya una mayor oxigenación.

13.8.5 Distribución del cultivo

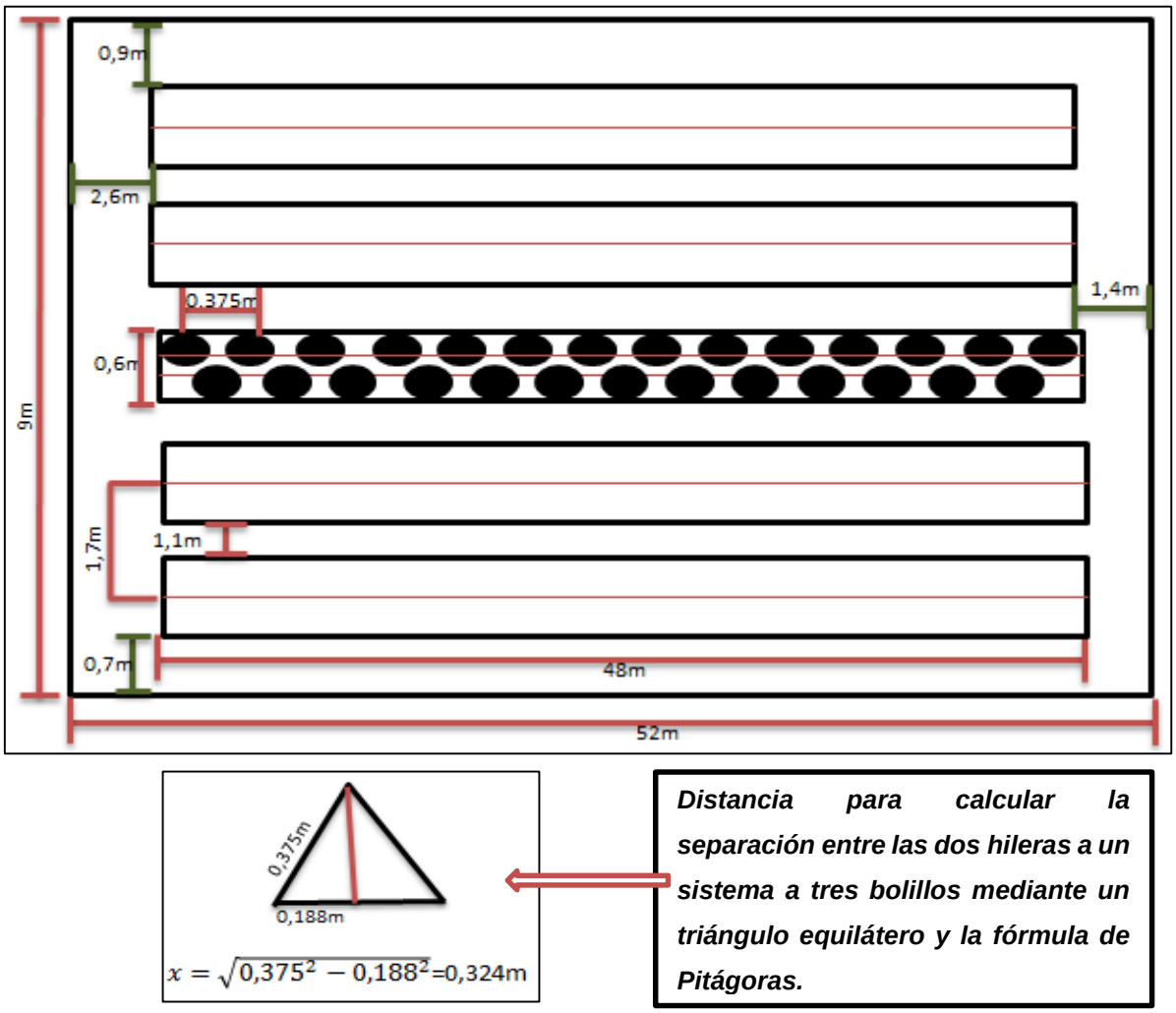


Figura 13.8.6 Diseño y distribución del cultivo

- Diseño de Siembra: tres bolillos.
- Densidad de Siembra: 2.7 plantas/m^2 (15,360 plantas/5,600 m^2).
- 5 camas por nave de un total de 12 naves.
- Distancia entre camas de centro a centro: 1.7 m.
- Distancia de pasillos 1.1 m.
- Ancho de cama 0.6 m, largo de cama 48 m.
- Distancia entre plantas 0.375 m (48 m/128 plantas), ancho de nave 9 m y largo de nave 52 m.

- Número de plantas por cama 256 plantas ((48 m/0.375 m)*2 por sistema a tres bolillos).
- Total de plantas en 5,600 m^2; 15,360 plantas (256 plantas*60 camas)

Por lo mismo del sistema de siembra, para el riego se utilizó doble cintilla de gasto 1.2 lph y diámetro 16 mm regando secuencialmente dos módulos que representa cada uno la mitad del invernadero.

13.9 Adecuación y preparación del invernadero

Para su ejecución, se hizo un diagnóstico riguroso del invernadero a nivel de estructura y del estado tanto de los equipos como de los materiales y herramientas. Asimismo, se hizo un inventario de lo que se tenía en stock y de lo faltante con el fin de realizar las órdenes de pedidos a los proveedores. Paralelamente, se hizo el respectivo mantenimiento y esterilización del invernadero como limpieza, reparaciones tanto de estructura como de cubierta (plásticos), el barbecho, la puesta tanto de cintilla como del acolchado y alguna modificaciones o reparaciones al cabezal de riego. Dichas actividades se fueron haciendo a la par de las actividades del apartado Producción de plántula.

Materiales: Rastrillo, pala, azadón, cintilla de 16 mm (1.2 lph), acolchado, acolchadora, tractor, plástico difuso (calibre 720), alambre zigzag, cizalla, mecate, malacate, desarmador, rafia, ganchos (tutoreo).

13.9.1 Limpieza del ciclo anterior

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.1):

- Se recogió el ground cover, la cintilla, el acolchado y los restos de cosecha. Ver figura Limpieza del ciclo anterior.
- Con hachas y cuchillos se fueron cortando la rafia y con escobas y rastrillos se iban limpiando los pasillos y restos de cosecha.
- Finalizada la limpieza, se aplicó un herbicida Quemoxone (Paraquat) 3 L/Ha (1.5 L; 4 Mochilas con 375 ml c/u) y se dejó en reposo para solarización. Es

importante que el invernadero se mantenga totalmente cerrado para elevar las temperaturas al máximo y que el proceso de solarización y desinfección sea más efectivo.

Figura 13.9.1 Procedimiento de limpieza del ciclo anterior

13.9.2 Preparación del terreno

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.2):

- Se realiza un camino con cal para guiar la entrada del tractor donde ría en centro de la cama (al menos al principio y al final). Ver figura izquierda.
- Se hacen las camas con la máquina acolchadora. Ver figura derecha.
- Tener en cuenta el tamaño y giro del tractor ya que si es muy grande pisan los inicios y finales de las camas, las cuales se tendrán que arreglar manualmente.

Figura 13.9.2 Procedimiento de preparación del terreno (se barbechea)

13.9.3 Arreglo de camas y pasillos

Materiales: Rastrillo, pala y azadón

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.3):

- Se lleva una rafia de lado a lado de la cama que servirá como guía y centro para luego amontonar la tierra y emparejarla ya que a veces la acolchadora se torcía y las camas no quedaban del todo rectas.
- Una vez amontonada la tierra sobre la rafia utilizado la pala y el azadón se procedía a aplanar la parte superior de la cama con el rastrillo.
- Luego, a los pasillos se les iba dando forma con la pala y el rastrillo para dejarlos planos.
- Al final se volvía a utilizar el azadón para compactar los pasillos. Se minimizan la aparición de malezas y reduce el polvo, en el caso de no poder poner ground cover.

Figura 13.9.3 Procedimiento de arreglo de camas y pasillos

13.9.4 Colocación de cintilla y marcado de inicios de camas

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.4):

- Se extienden las cintillas, colocando los rollos de cintilla en una estructura horizontal para su desenrolle.
- Se marca con la cinta métrica la distancia que se planea dejar desde el pasillo principal hasta el inicio de cama, la cual según el diseño fue de 2.7 m.

- En cada uno de los inicios de cama se colocan dos estacas en forma de parábola donde se sujetarán las cintillas.
- Se toma una rafia como guía para que los inicios de cama sean iguales.
- Una vez teniendo marcados todos los inicios de cama, con la pala y el azadón se van emparejando las camas ya sea colocando o quitando tierra, igual al procedimiento de Figura 13.9.2 Procedimiento de preparación del terreno (se barbechea)
- Arreglo de camas y pasillos.
- Al final de cada cintilla, se le coloca un cople con el fin de sujetarla a la estaca mediante un pedazo de rafia.
- Se dobla la parte final o sobrante de la cintilla y se le coloca una anilla final para ahorcar la cintilla y evitar que no haya drenaje.
- Por último, se colocan 120 válvulas una por cada regante, éstas ayudan a reparar inmediatamente las fugas (mediante coples) y a regular la presión.

Figura 13.9.4 Colocación de cintilla y marcado de inicios de camas

13.9.5 Colocación del acolchado

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.5):

- Se extiende el plástico, colocando el rollo (presentación comercial) en una estructura horizontal para su desenrolle al igual que con la cintilla.

- En los inicios y finales de las camas se hace un hueco en forma de media luna de modo que el plástico se pueda estirar y a la vez quede fijo de lado a lado al enterrarlo.
- Posteriormente, con el uso del azadón se apilan pequeños montones de tierra sobre los laterales del plástico distribuidos a cierta distancia, puesto que el techo al estar descubierto, el viento desacomodaba el acolchado.

Figura 13.9.5 Colocación del acolchado

13.9.6 Colocación del plástico

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.6):

- Tomar las medidas con la cinta métrica de los cuadros a reparar. Tener en cuenta que a la hora de comprar el plástico, el ancho sea mayor al de la nave, al menos 50 cm más de holgura en cada lateral para poder hacerle un doblez reforzando el grosor donde va ir el zigzag, poder estirar y templar. También, a la hora de cortar el rollo de plástico para sacar el largo se debe cortar 1 m de más (50 cm por cada lado) para tener de dónde estirar y templar el plástico. Si se coloca clip, la holgura puede ser mucho menos o a veces innecesaria ya que dicho sistema no tiene alambre o partes filosas que vayan dañando el plástico.
- Se cortan corbatas (pedazos largos, pero angostos de plástico reciclado o sobrante) y alambre zigzag a la medida de los cuadros a reparar. Las

corbatas se colocan para proteger el plástico a la hora de coser (sujetar el plástico al riel mediante el uso de alambre zigzag), si con el doblez no es suficiente.

- Se corta el plástico (Difuso calibre 720 de INVECO) a la medida de los cuadros a reparar. Cada cuadro mide 4mts. Se debe tener en cuenta cuáles de los cuadros tienen rieles, puesto que es de donde se va a sujetar, si no se cuenta con más plástico toca colocar utilizar un taladro y con pijas atornillar un riel. Recordar que al cortar el plástico se debe dejar una holgura entre 50 cm y 1 m de largo para el amarre.
- Se sube el plástico por la canaleta y se coloca del lado donde se especifica. Por ejemplo, en los plásticos de INVECO dice en una cara lado interior, de manera que las letras deben quedar mirando hacia abajo. De este modo se asegura que se cumplan las propiedades del plástico.
- Se sujeta el plástico de las puntas, se presenta para que quede parejo y se cose el primer extremo o la primera media luna o arco.
- En el extremo opuesto del arco ya cocido y desde el centro del plástico se enrolla un pedazo de riel el cual es sujetado con un pedazo de zigzag. Del riel se sujeta una cuerda (o mecate) la cual va servir para estirar y templar.
- En el siguiente arco se coloca otra cuerda de la cual va ir sujeto un malacate con el que se va a tensar la otra cuerda que sujeta el riel enrollado al plástico. *Nota:* Tener en cuenta que el plástico cede debido a la temperatura por lo que es recomendable que se deje estirado un rato y evitar que quede flojo o guango. El plástico puede estirarse unos 10 cm.
- Una vez que esté tenso se cose la última media luna y se prosigue a coser los laterales de manera simultánea.
- En los laterales debe ir una persona colocando las corbatas, tensando hacia abajo y haciendo presión con la rodilla (quitando las arrugas) mientras que la otra persona irá cosiendo con el doblez y a la vez tensando.
- Se debe llevar una cizalla para cortar los sobrados del alambre y un desarmador para colocar o quitar las puntas de los alambres.

- Finalmente con unas tijeras se cortan los sobrantes de plástico para evitar acumulación de agua y polvo y despejar las canaletas.

Figura 13.9.6 Colocación del plástico

13.9.7 Remoción de malezas

Dentro del surco, las malezas interfieren en el cultivo, compitiendo por luz, agua y nutrientes del suelo o a través de la producción y secreción de sustancias tóxicas al cultivo, por ser hospederas alternas de patógenos o insectos plagas de cultivo, o por favorecer el aumento de la humedad relativa dentro del invernadero, propiciando la presencia de plagas y enfermedades, por lo cual deben ser eliminadas. Otra forma de controlar las malezas dentro del surco es mediante la utilización de coberturas plásticas sobre el surco (acolchados), lo que 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, lo que logra la absorción óptima de los nutrientes, mantiene el calor y los nutrientes en la zona de las raíces, disminuye la lixiviación, permite la fumigación contra enfermedades y plagas, disminuye la compactación del suelo, facilita la actividad microbiana y aumenta el nitrógeno disponible en el suelo, al disminuir la evaporación de los compuestos nitrogenados (Jaramillo J. E., Rodríguez, Guzamán, & Zapata, 2006).

Descripción del procedimiento:

- Antes de iniciar el cultivo se aplica Quemoxone o Paraquat como medio químico, un herbicida en dosis de 3 L/Ha. Esta actividad se realizó con un

mes de anticipación al nuevo cultivo, para que la residualidad del producto pueda ser liberada y no causar toxicidad a la nueva plantación.

- Es recomendable que 15 días antes del trasplante se realice una aplicación de un herbicida llamado glifosato en una dosis de 50 ml por cada 25 litros de agua, la cual se aplica con una mochila manual de forma foliar para malezas de hoja angosta. Sólo se aplica sobre las orillas del invernadero sin tocar ninguna cama de siembra ni pasillos. Se debe de cuidar que exista una buena humedad sobre las malezas para tener un buen éxito en la aplicación del producto (Mercado & Rico, 2011).
- Si durante el cultivo resulta maleza es conveniente utilizar un equipo de aplicación localizada de manera que sólo se eche el producto a la maleza sin afectar la planta o utilizar otros medios mecánicos como el azadón () o la desbrozadora para quitar las malezas, sobre todo entre columnas y las del área perimetral al interior y exterior del invernadero.
- Durante el cultivo, sólo se aplicarán herbicidas alrededor y en el exterior del invernadero por inocuidad y por evitar el riesgo de algún contacto con las plantas.

Figura 13.9.7 Remoción de maleza

Fuente: (Escanencia, 2014).

En resumen, el siguiente Cuadro 13.9.1 de herbicidas se puede utilizar para combatir las malezas en el cultivo de tomate complementándose con el combate manual.

Cuadro 13.9.1 Aplicaciones para combatir malezas

Nombre técnico	Nombre comercial*	Dosis Kg/Ha	Época de aplicación	Observaciones
Metribuzin	Sencor	0.5 – 1.0	Se aplica antes o en las etapas iniciales de la germinación de las malezas.	Combate hoja ancha, además debe evitarse en contacto con el cultivo.
Paraquat	Gramaxone – Gramacop	2	Antes y después del trasplante.	Evitar el contacto con el cultivo.
Fluazifopbutil	Fisulade	0.5 – 0.75	Después del trasplante.	Combate gramíneas.

*Existe gran variedad de productos comerciales.

Fuente: (Dirección general de Investigación y Extensión Agrícola, 1991).

13.9.8 Preparación y colgada de ganchos al sistema de tutorado

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.8):

- Se preparan ganchos de tutorado, enrrollando rafia, 6 m de rafia para ciclo largo o 3.5 m de rafia para ciclo corto. por tallo. Como a veces se encuentran ganchos de diferentes tamaños diferentes tamaños, unos requieren más vueltas que otros. Para este caso se manejó, los grandes a 15 vueltas y los otros a 20 vueltas.
- Los ganchos listos, se desinfectan en una tina con sales cuaternarias de amonio a una dosis de 5 ml/L de agua por inmersión (20 min) para luego ser llevados al invernadero y posteriormente ser colgados.
- La colgada de los ganchos se puede realizar amarrando un gancho a un tubo de forma que éste sujete el gancho con rafia a colocar y se pueda alcanzar las líneas de tutorado. Se recomienda siempre en cada inicio de cultivo utilizar rafia nueva para evitar rompimientos o alguna contaminación.

Fuente: (Hydro environment, 2015).

Figura 13.9.8 Procedimiento de preparación y colgada de ganchos al sistema de tutorado

13.9.9 Armado del cabezal de riego

Descripción del procedimiento (Figura 13.9.9):

- Según el diseño y las instalaciones donde se sitúe el cabezal de riego si ya existe como en este caso en donde se tiene una bomba fija y un tanque de riego fijo, se procede a tomar medidas para el armado del muñeco o estructura que va unir ambos mediante tubos de PVC. Tener en cuenta que el tinaco de riego deberá tener además de la salida de riego un desagüe para su limpieza. También, se deberá revisar el estado de la bomba.
- Teniendo las medidas, se cortan todas las partes necesarias y se vuelven a presentar hasta que el acople quede exacto.
- Lista la estructura, se lijan los radios externos e internos de los tubos (sólo la parte donde irá el pegamento) para remover cualquier suciedad o polvo que dificulte la pegada.
- Una vez lijados los tubos, se van pegando las partes con pegamento para PVC. En las conexiones roscadas se colocará cinta anti fuga como en la que va a la bomba.

Figura 13.9.9 Procedimiento de armado del cabezal de riego

13.10 Labores culturales

13.10.1 Manejo de podas

Consistió en quitar las partes vegetativas de la planta que no son importantes para el cultivador sino más bien perjudicial puesto que va desgastando la planta al consumir energía en partes ya obsoletas. Ésta permite controlar el desarrollo de la planta, favorece la precocidad de los frutos, ayuda a obtener mejores tamaños y permite un mejor control fitosanitario. Se inició con la poda de formación, luego una segunda poda, seguida por la poda de sanidad y rejuvenecimiento hasta la realización de aclareo de frutos los cuales se hicieron semanales para lograr homogeneidad de frutos por racimo.

Para este caso, se utilizó una variedad de crecimiento indeterminado (Optimax de SAKATA), las cuales no cesan su crecimiento, hasta que no se elimine el brote terminal, y por lo tanto pueden llegar a crecer varios metros (5 o más). Forman 7 hojas verdaderas desde la base hasta el primer racimo floral, y luego forman 3 hojas entre cada uno de los racimos (hoja A – B y C), al igual que en los determinados, en la base de cada hoja se forma un brote axilar o “chupón”, que si se deja desarrollar se convierte en un tallo o eje adicional. Las podas que se realizaron fueron las siguientes:

Poda de formación

Se inició entre los 15 y 20 días posteriores al trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales o se inicia entre los 20 y 30 ddt dependiendo de la variedad, los cuales se eliminaron al igual que las hojas más senescentes, mejorando así la aireación del cuello y facilitar la sujeción de la planta. Si se requiere conducir la planta a dos tallos es aconsejable dejar el tallo lateral que crece a la par o por debajo del primer racimo, pues manifiesta mayor uniformidad y vigor con respecto al tallo principal. A partir de este punto se realizará la bifurcación, pero en este caso se llevó a un solo tallo. Los materiales que se utilizaron para la actividad fueron tijeras de poda y guantes de nitrilo para evitar focos de infección. Ver figura poda de formación.

Figura 13.10.1 Poda de formación

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Poda de deschuponado o brotes axilares

Esta práctica se realizó entre los 30 y 80 ddt, dos a tres veces por semana pues es la etapa de mayor crecimiento vegetativo antes del amarre de frutos, una vez se llegó a la etapa de fructificación esta actividad se redujo. Consiste en la eliminación de brotes axilares (chupones) para mejorar el desarrollo del tallo principal. Se realiza con la mayor frecuencia posible, semanalmente en verano y otoño, y cada 10 o 15 días en invierno, puesto que al ver menos luz la planta requiere de más hojas para su fotosíntesis. Los cortes deberán ser limpios para evitar posibles enfermedades.

El corte de estos brotes se realiza cuando son pequeños, es decir, cuando alcancen una longitud entre 3 y 5 cm. Cuando los brotes no se eliminan a tiempo y los brotes son más desarrollados y gruesos, es necesario utilizar tijeras para poder eliminarlos para evitar dañar a la planta; en este caso es importante desinfectar la tijeras con una solución de cloro del 2 % o con algún fungicida; esto con la finalidad de evitar la transmisión de enfermedades por este medio (Velasco & Nieto, 2006). Con esta actividad se evitará la pérdida de energía, la cual aprovechará la planta en el desarrollo de la flor y el fruto. Ver Figura 13.10.2 .

Figura 13.10.2 Poda de deschuponado o brotes axilares

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Poda de deshojado

Es necesario realizar una poda para eliminar las hojas viejas o senescentes con objeto de facilitar la iluminación, ventilación y mejorar el color de los frutos (evitando el blotchy). Cabe señalar que si en algún momento se detectan hojas enfermas deben sacarse inmediatamente del invernadero eliminado así la fuente de enfermedad, al igual que si presentan un color amarillento, ya que éstas ya no son fotosintéticamente activas y en este caso, demandan carbohidratos que bien podría utilizarse para el desarrollo de los frutos, afectando su calidad. Si las hojas no se eliminan pueden retardar la maduración de los frutos.

El momento en que se comenzaron a eliminar las hojas viejas es cuando los primeros frutos alcanzan su madurez fisiológica, cuidando siempre que exista al menos de una o dos hojas activas en la parte inmediatamente superior al racimo que no ha alcanzado la madurez fisiológica (hoja B y C). Esto quiere decir que si las plantas son conducidas a un solo tallo y con 10 o más racimos al momento de la cosecha, en los últimos frutos, la planta queda sólo con las dos hojas superiores. No se deben dejar hojas o brotes en el interior del invernadero para evitar la diseminación de enfermedades. A medida que se van cosechando los frutos del tomate hacia arriba del tallo, se van podando también las hojas y los racimos ya sin frutos hasta el racimo siguiente con frutos, dejando una hoja inmediatamente debajo de cada racimo (hoja A) (Velasco & Nieto, 2006).

Para esta actividad se utilizaron tijeras de poda con las cuales se evita lastimar la planta. También, se recomienda no podar más de tres hojas al mismo tiempo, ya que de lo contrario la planta se estará sometiendo a demasiado estrés tratándose de recuperar y a la vez serán aberturas para posibles plagas. Esta labor se realizó dejando una o dos hojas (dependiendo de la estrategia) abajo del racimo ya formado próximo a cosechar.

Adicionalmente, se realizó una poda de follaje, hay variedades muy arbustivas en las que se deben cortar las hojas, dejándolas a 0.4 m de longitud con

el fin de evitar microclimas (altas humedades) evitando la incidencia de enfermedades. Este tipo de poda se realizó en las hojas que se encuentran cercanas al suelo (bajeras) y senescentes. Se debe hacerse con mucho cuidado, para evitar eliminar hojas en exceso.

Según (Jaramillo J. E., y otros, 2013) las plantas de tomate se organizan en tripletas por cada racimo floral, es decir siguiendo la siguiente secuencia: hoja A – racimo – hoja B – hoja C y volviendo a empezar con la hoja A. En plantas con crecimiento indeterminado, la hoja A se ubica inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral y es la responsable del 75% del llenado del fruto, en tanto que la hoja B se ubica inmediatamente por encima del racimo y colabora con cerca del 15% del llenado del fruto, y la hoja C, que está por encima de la hoja B, aporta el 8% de foto asimilados. Entonces, para el manejo de deshoje se prosigue de la siguiente forma (Figura 13.10.3):

a. La primera poda de las hojas bajeras se hace una vez florece completamente el segundo racimo, dejando al menos una o dos hojas debajo del primer racimo (dependiendo de la estrategia).
b. La segunda poda se hace cuando florezca el tercer racimo, y se debe eliminar la segunda hoja (hoja C) del primer entrenudo.
c. Las podas siguientes se hacen a medida que la planta va floreciendo, con el siguiente orden:
    - Podar la segunda hoja del segundo entrenudo: cuando florezca el cuarto racimo.
    - Podar la segunda hoja del tercer entrenudo: cuando florezca el quinto racimo.
    - Y así sucesivamente. Siempre se poda la segunda hoja después del racimo, puesto que es la que menor aporte hace de foto asimilados al llenado del racimo (8%). Igualmente, si se presenta un exceso de follaje.

d. Una vez cosechado el racimo se removieron todas las hojas bajeras por debajo de ese racimo.

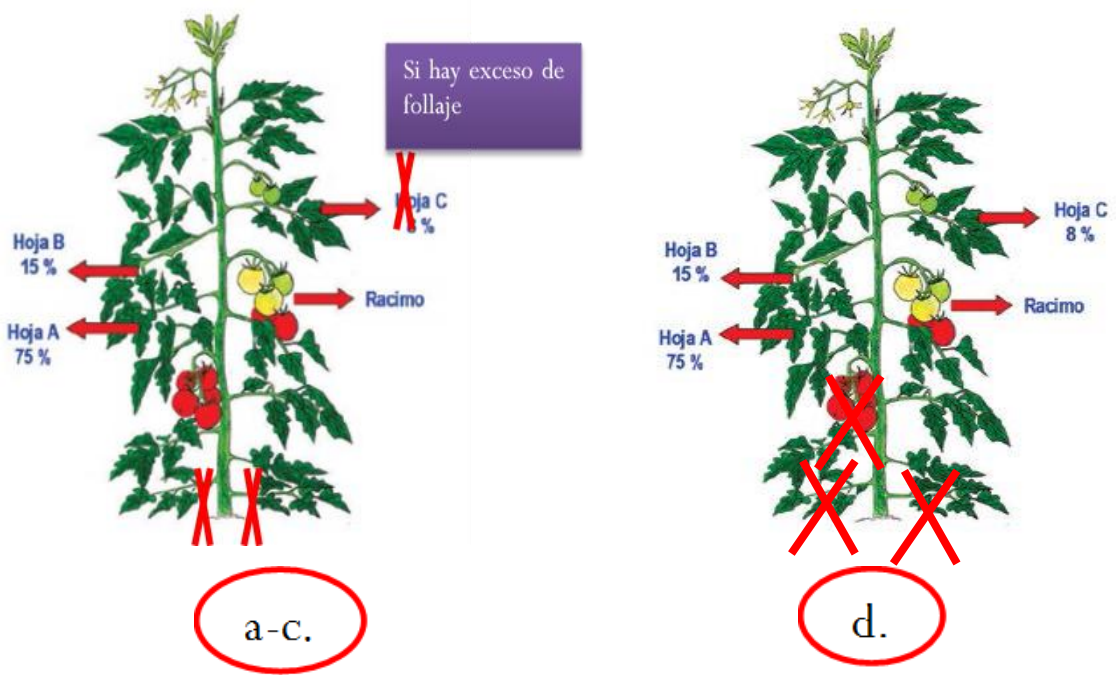


Figura 13.10.3 Poda y manejo del deshojado

Poda o aclareo de flores y frutos

La poda de frutos es una intervención que se llevó a cabo en los racimos que tenían más de seis frutos, esto con la finalidad de dejar un número fijo de elementos en la planta y así, eliminar los que estén mal posicionados, deformes, dañados, o de calibre reducido. En la práctica, el aclareo de frutos en variedades de crecimiento indeterminado como la de Saladette XIR 8022 se recomienda dejar de cinco a seis frutos por racimo para balancear el número y el tamaño del fruto (Figura 13.10.4).

La poda de flores se ha realizado desde hace algunos años con la introducción del tomate en racimo. En caso de inflorescencias muy grandes es usual suprimir algunas flores despuntando la inflorescencia para eliminar el número de frutos, lo que inducirá positivamente en su tamaño y calidad. El aclareo de flores requiere de una fina precisión y conocimiento. Es necesario contemplar el riesgo de que algunas de ellas no amarren y puedan perder los frutos. Una ventaja de esta

técnica es que permite programar las cosechas en tiempos estratégicos, además hace más eficientes las tareas. También, como sólo se dejan el número de frutos que se requieren permite homogenizar la producción. Aquí, se corre el riesgo de cortar flores apetecidas para polinizar y dejar unas que puede que nunca se polinicen (Mercado & Rico, 2011).

Por otro lado, según (García, 2010) es necesario el raleo de flores y frutos de manera oportuna, poco después de que la flor ha sido polinizada o los frutos han sido cuajados. Se eliminan todos los frutos malformados así como los que llevan retraso significativo en relación con el resto de los frutos.

Por lo tanto, se quitaron los frutos más pequeños, sobre todo los que se encontraron al extremo del racimo que apenas se estaban formando ya que le es más difícil a la planta conducir sus nutrientes a puntos más lejanos. Asimismo, el removerlos implica que no se les quite nutrientes a los otros más avanzados creando un racimo más uniforme (Figura 13.10.4). Conjuntamente a esta actividad se hace un raleo de calidad si se justifica, quitando los frutos chicos en los racimos y cuando presenten síntomas de deficiencia de calcio (pudrición apical).

Después de realizar cualquier poda o el raleo, es muy recomendable aplicar un fungicida para proteger las heridas, tales como Captan, Manzate, Cupravit, Daconil, o Sulfato de Cobre, a una concentración de 2 g/L de agua (Velasco & Nieto, 2006).

Figura 13.10.4 Poda o aclareo de frutos

Poda apical o despunte

Los materiales de crecimiento indeterminado tienen un brote vegetativo en la parte apical del tallo principal que permite el desarrollo continuo de la planta, por lo que es necesario eliminarla; esto se hace una vez que la planta alcance de 6, 7, 8 o hasta 10 racimos, ya que posteriormente a esta fase dicha práctica es más complicada (Velasco & Nieto, 2006). Este proceso consistió en eliminar la parte apical del tallo con el objetivo de detener el crecimiento y darle finalidad al cultivo.

Dicha actividad se realizó teniendo en cuenta que el racimo (último racimo a cosechar) que esté por debajo de dicho brote se encuentre totalmente formado dejando dos hojas arriba del último racimo para proteger al fruto del golpe de sol y completar la maduración (Figura 13.10.5). También, dependiendo de la variedad, como estrategia se recomienda dejar 5 hojas por encima del último racimo seleccionado, con el objeto de que estas hojas hagan faciliten la subida de agua y nutrientes para el llenado de los últimos racimos.

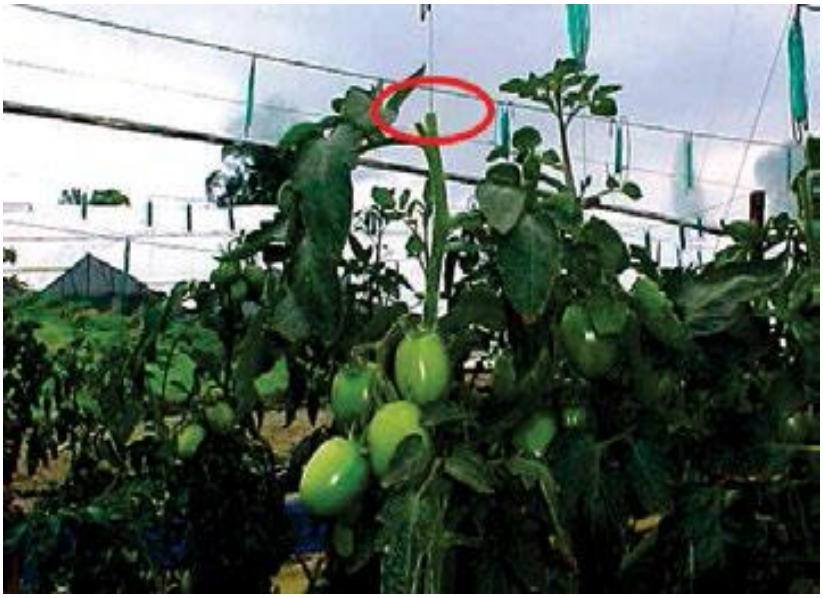


Figura 13.10.5 Poda apical o despunte

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

Estrategias utilizadas en el manejo de hojas para el balance de la planta y clima (Marlow, 2010).

- Deshojar la segunda hoja o la hoja intermedia entre los dos racimos florales (hoja B) sirve para bajar vigor y bajar humedad. No obstante, al podar se deben bajar los riegos puesto que se reduce la superficie foliar.
- *Hoja tira savia*: Hace referencia a quitar una hoja compuesta de una planta de tomate de manera que prevalezca el principio de equilibrio a menos que se desee mayor cantidad de luz y se requiera dejar mayor número de hojas. Este principio es principalmente en injertos.
- *Generación de hojas bandera:* Se obtienen al permitir el crecimiento de un chupón en el axilar de la hoja debajo del ápice. El chupón, al desarrollar una longitud de unos 10 a 15 cm, se corta el terminal de crecimiento para permitir el despliegue de la hoja. Esto se hace para recuperar planta.
    - *Ventaja de la sombra:* Al dejar hojas bandera cerca de los tres racimos superiores éstas proporcionarán sombra a los frutos en desarrollo. Una temperatura más baja, aunque sólo sea de 2 o 3°C menos, podría significar la diferencia entre obtener un fruto de calidad superior y uno con pudrición apical.
    - *Desventaja de la mano de obra:* Las hojas bandera requieren un poco más de trabajo manual para mantenerlas y eliminarlas a medida que se inclina y baja la planta. Al momento de bajar la planta, la hoja bandera ubicada en la parte más baja debería eliminarse para dejar sitio a una nueva en la cima.

Según (Marlow, 2010) otros parámetros que se deben tener en cuenta con respecto al manejo de la superficie foliar de las plantas y sus usos como estrategia son los siguientes:

Las hojas como apoyo: El tener hojas jóvenes bandera van a trabajar más duro y transpirar más que las hojas en la parte inferior de la planta, las cuales ya se están haciendo viejas e ineficientes, y con frecuencia son sombreadas por las hojas

superiores. Las hojas bandera están en la posición perfecta para atraer agua hacia la cabeza de la planta de manera que mantienen la influencia vegetativa en el cultivo, propiciando el transporte de calcio hacia los frutos jóvenes en desarrollo y refrescando el invernadero en días cálidos. Aunque todavía será necesario sombrear el invernadero cuando la intensidad luminosa supere 750 W/m^2, el crecimiento activo de estas hojas en la punta sin duda ayudará a mantener el cultivo y el invernadero frescos al incrementarse la transpiración.

Control de superficie foliar: El número total de hojas en las plantas también debe tenerse en consideración. Se recomienda tener de 11 a 14 hojas en la planta aproximadamente, incluyendo las hojas bandera, particularmente si las plantas han sido injertadas con patrones o porta injertos vigorosos. El deshoje en la parte inferior va a asegurar que los dos o tres racimos más bajos estén plenamente expuestos y que el fruto y el tallo permanezcan secos para evitar enfermedades tales como *Botrytis.* En un invernadero o sistema de producción protegida pasivo es muy importante la exposición de los racimos en maduración con objeto de evitar la condensación en los frutos por la mañana y para permitirles que se calienten pero se mantengan en la sombra por la tarde.

Velocidad de maduración: Cuanto más rápido madure el fruto, menor será el riesgo de micro agrietamiento, rajado y reventón. Estos desórdenes fisiológicos están asociados con frutos que maduran lentamente y que han estado en la planta demasiado tiempo. La velocidad de maduración del fruto también es importante para mantener una buena velocidad de floración en la cima de la planta. La planta sólo puede mantener cierto número de frutos en un momento dado, por lo que es importante que el productor impulse la velocidad de maduración de fruto, de manera que puedan formarse frutos nuevos en la cima y se mantenga el equilibrio en el cultivo. La adición de hojas bandera en la cima y el deshoje de hojas viejas en el fondo de las plantas, no sólo les proporcionará el tan necesario impulso vegetativo, sino que les ayudará a dirigir agua y nutrientes hacia la cabeza e incrementará la

velocidad de maduración del fruto en la parte inferior, de manera que se optimiza la calidad de frutos y la eficiencia de la planta.

13.10.2 Polinización

Comienza en la etapa de floración a los 21 ddt (o entre las tres o cuatro semanas ddt) iniciando con la aparición de los primeros primordios florales y culminando cuando la flor se aprecia por completo. Para este tiempo, se pidieron cinco colmenas NATUPOL de abejorros para maximizar la polinización ya que usualmente se suele manejar una colmena por cada 1,000 m^2. Asimismo, se hicieron pequeños incrementos nutrimentales a la solución nutritiva en cuanto al magnesio (de 36.7 a 50 PPM) y el fósforo (de 46.5 a 65.7 PPM), puesto que éstos permiten que la flor tenga un mejor amarre y un mejor color, lo que conlleva a una mayor atracción para los abejorros. Igualmente, se polinizó con sopladora al no haber más colmenas. Dichos métodos se explicarán a modo de detalle más adelante.

La polinización es una etapa del proceso de fecundación. La producción y viabilidad del grano de polen pueden disminuir considerablemente por deficiencias en la nutrición y por temperaturas extremas. Las condiciones que se dan en verano dentro de un invernadero pueden secar el estigma y provocar pérdida de receptibilidad, ocasionando aborto en las flores debido a la falta de fecundación. Según (CEICKOR, 2015) la polinización se define como el transporte del polen de las anteras de la flor al estigma de la misma. Este proceso es clave para obtener un buen amarre de frutos. Una polinización pobre causa frutos pequeños o deformes. Flores sin polinizar tardan más tiempo en cerrarse y por lo tanto tardan más en formarse los frutos

Las flores de tomate son hermafroditas y se auto – polinizan (Figura 13.10.6) cuando las condiciones de luz y humedad relativa son adecuadas para el amarre y el tamaño final de los frutos. En general, las flores de las plantas requieren del movimiento del viento o mecánico para soltar el polen sobre el estigma y fertilizar

los óvulos. Los insectos biológicos pueden favorecerla en el interior del invernadero. La temperatura más propicia para la polinización oscila entre 18 y 28ºC. Las temperaturas elevadas pueden provocar una excesiva emersión estigmática, impidiendo que el polen no madure. La humedad relativa debe oscilar entre 60 y 70%, ya que valores inferiores provocan que el estigma se seque, y en valores superiores el grano de polen se aglomera (Mercado & Rico, 2011).

De acuerdo con (CEICKOR, 2015) el proceso de amarre de frutos se explica en seis etapas las cuales se pueden ver afectadas por las condiciones climáticas del invernadero:

1. *Formación del polen:* Bajas condiciones de luz y T > 40°C de 9 a 5 días antes de la floración hacen que el polen no madure. El exceso de nitrógeno causa esterilidad en el polen.
2. *Producción de óvulos:* T > 35°C y < de 10°C los óvulos mueren. De 5 a 7 días antes y de 1 a 3 después de la floración son los más críticos. La falta de nitrógeno y un suministro de riego irregular puede causar aborto de óvulos.
3. *Polinización:* El estigma es receptivo al polen 4 días antes y 4 días después de la apertura de la flor.
4. *Germinación:* T > 35°C por 5 horas reducen significativamente la germinación.
5. *Crecimiento del tubo polínico:* Después de la germinación el tubo polínico crece a través del estigma hacia los óvulos. Las bajas temperaturas reducen la velocidad de crecimiento (a 25°C tarda 7.5 hr). En las mañanas el tubo crece más lento por lo tanto no es bueno polinizar demasiado temprano.
6. *Crecimiento del fruto:* Un buen amarre da más semillas en el fruto y frutos más pesados. Los frutos con pocas semillas van a crecer pero se quedan atrás cuando la carga de la planta se vuelve más pesada. El tiempo de desarrollo del fruto está relacionado directamente con la temperatura (A 17°C tarda 73 días y a 23°C solo 49 días).

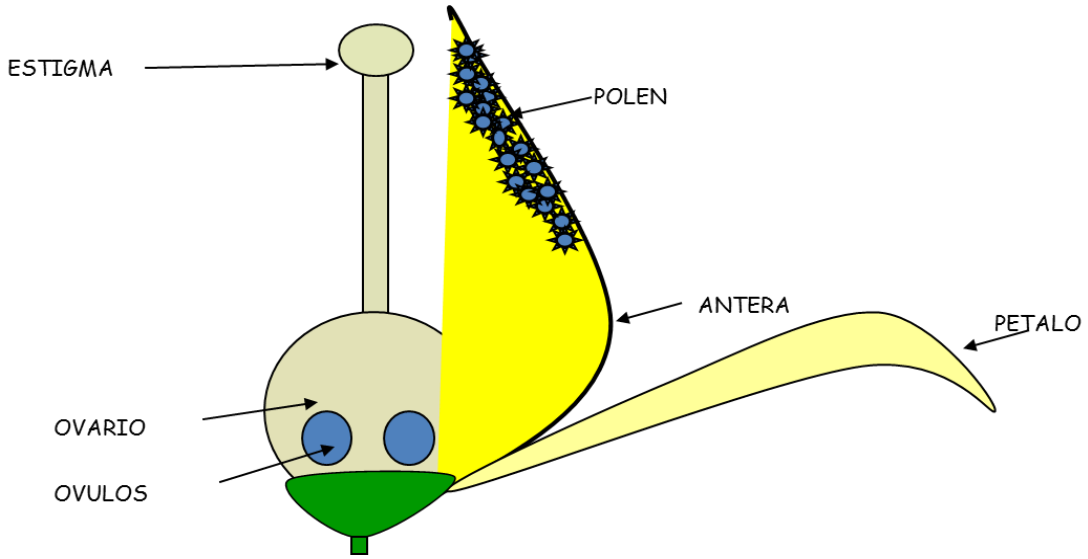


Figura 13.10.6 Esquema de una flor

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Entonces, para que se cumpla el proceso de amarre de frutos las condiciones óptimas que se deben tener en el invernadero son: asegurarse de tener suficiente luz, mantener la humedad relativa entre 50 y 90%, mantener la temperatura entre 10 y 35°C, obtener agua, fertilización de forma correcta y constante.

Sistemas de polinización en invernaderos

Polinización mediante hormonas reguladoras del crecimiento: La utilización de este tipo de productos para provocar el cuajado de la flor del tomate es una técnica que está cayendo en desuso, debido a que las tendencias de producción se están inclinando más por métodos naturales. Los productos utilizados son de carácter auxínico, (auxina 4 – CPA) (Procarpil, fruitone, Hormoprin y Fengib).

Polinización por aire: Se realiza con un pulverizador de aire acoplado a una bomba motorizada de espalda o sopladora (Figura 13.10.7). Es importante que la persona que realiza esta actividad dirija el aire hacia los racimos con flores abiertas. No se recomienda ya que el viento que genera provoca el esparcimiento de esporas y posibles focos de infección.

Figura 13.10.7 Polinización mecánica por aire con sopladora

Polinización manual: Consiste en mover el polen de la flor mediante la agitación manual de los racimos por su parte inferior, en la unión con el tallo (no cada flor). Se realizará solo en los racimos con flor abierta y aun no cuajados (Figura 13.10.8).

Figura 13.10.8 Polinización manual

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Polinización mediante golpeada de alambres: Consiste en hacer agitarse la planta mediante el golpe en los alambre del tutoreo con una vara (Figura 13.10.9). En Canadá han hecho pruebas de vibración de alambres automatizada pero resulta muy costoso.

Figura 13.10.9 Polinización mediante golpeada de alambre

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Polinización por vibradores: Existen en el mercado unos vibradores especialmente diseñados para polinizar flores. Para su uso se debe tocar con el vibrador cada racimo con flores abiertas (hasta 2 por planta). Se podrá tocar cada pedúnculo del racimo por la parte de arriba o bien el tallo entre los dos racimos en flor por la parte posterior al racimo. El polinizador al tocar el tallo hace en este una pequeñísima herida, por lo tanto se recomienda desinfectar los polinizadores para evitar el paso de enfermedades. Se recomienda usar los polinizadores a su máxima velocidad y tocar el tallo por lo menos un segundo para obtener una polinización efectiva. Se debe tener cuidado de tocar el tallo y no la rafia, ya que en muchos casos la rafia no está tocando el tallo. Por último, el dedo pulgar debe ir en la marca que indica la dirección de la polinización como se muestra en la Figura 13.10.10.

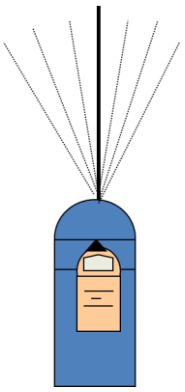


Figura 13.10.10 Polinización por vibradores

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Recomendaciones generales: Se debe polinizar un mínimo de 2 veces por semana cada planta; polinizar a menos de 80 % de humedad relativa (HR); polinizar los racimos que tengan flores abiertas, no los que aún no abren sus flores ni los que ya tienen todos los frutos cuajados (generalmente son los dos racimos de arriba de la planta); polinizar cuando la temperatura del invernadero ya es de más de 22°C (al medio día). Asimismo, los errores más comunes en esta actividad suelen ser: no polinizar a tiempo, polinizar con demasiada HR y polinizar racimos con suficientes frutos ya cuajados.

Polinización biológica con abejorros: La polinización por abejorros está considerado el mejor método de polinización dentro de las opciones que hoy en día podemos utilizar según menciona (CEICKOR, 2015). Sus principales ventajas son:

- Polinización de la flor en su momento ideal, incluso los domingos.
- Se evitan daños causados a la planta por vibradores o polinización manual.
- Mejor amarre del fruto (si la polinización manual se hace bien, las diferencias son pocas).
- Reducción de mano de obra, el costo ahora de la colmena es competitivo si no menos que la polinización manual (dependerá del costo de mano de obra).
- Se puede monitorear, ya que la flor se queda marcada.

Las especies utilizadas son: *Bombus terrestris*, en Europa, Israel y Nueva Zelanda, *Bombus impatiens, en Norteamérica y Bombus canariensis, en Canrias, España.* En el mundo hay unas 300 especies.

Un abejorro hace un promedio de 10 vuelos al día y visita cerca de 400 flores y una colmena tiene aproximadamente 60 a 50 obreras activas, una reina fecundada y un panal con huevos, larvas y pupas que a su vez proveerán de más adultos productivos. La colmena tiene una vida activa de cerca de tres meses (12 semanas).

Factores que influyen en la actividad de los abejorros:

- *Temperaturas extremas:* Menores de 6 a 7°C y por arriba de 35°C reducen la actividad de los abejorros.
- *Luz UV:* Los abejorros utilizan esta luz para orientarse. El plástico que absorbe UV retarda el inicio de la actividad de polinización de 4 a 9 días.
- *Químicos:* Muy frecuentemente los químicos van a matar a todos los abejorros que no regresen a la colmena cuando se asperje. Además, los químicos de actuación sistémica serán colectados en el polen y trasladados a la colmena, esto matará a las larvas.
- *Plagas:* Cucarachas, palomillas y ratones pueden atacar el suministro de miel de la colmena. Muy poco puede hacerse para prevenirlo. Las hormigas en ocasiones invaden las colmenas pero esto puede ser reducido poniendo pegamento o grasa en el soporte de la colmena o evitando que las hojas del tomate toquen las colmenas.
- Luz Artificial: Las lámparas deben de ser colgadas 0.5 metros por arriba del cultivo. Las lámparas deben apagarse antes del atardecer para permitir que los abejorros regresen a sus colmenas. Después de esto, pueden volverse a prender las lámparas.
- *CO_2.*: Las colmenas que son colocadas muy cerca de las líneas de CO_2 (si se tiene) se van a volver menos activas como resultado de la alta concentración de CO_2.

Manejo práctico de las colmenas

Las primeras colmenas se pueden meter desde el momento en que las 2 primeras flores están abiertas, nada más hay que cerciorarse de no haber puesto ningún agroquímico incompatible que les pueda afectar.

Al recibir una colmena habrá que revisar en forma visual las siguientes cosas:

- Una buena colmena trae al menos 50 abejorros vivos, en especial la reina. (Solamente una reina por colmena) y no debe traer abejorros macho.
- El nido debe estar al centro y no volcado.
- El nido debe estar cubierto por suficiente material aislante, y éste debe verse color blanco (en color café es síntoma de una colmena ya vieja). Ver Figura 13.10.11.
- No se deben ver signos de derrame de miel.

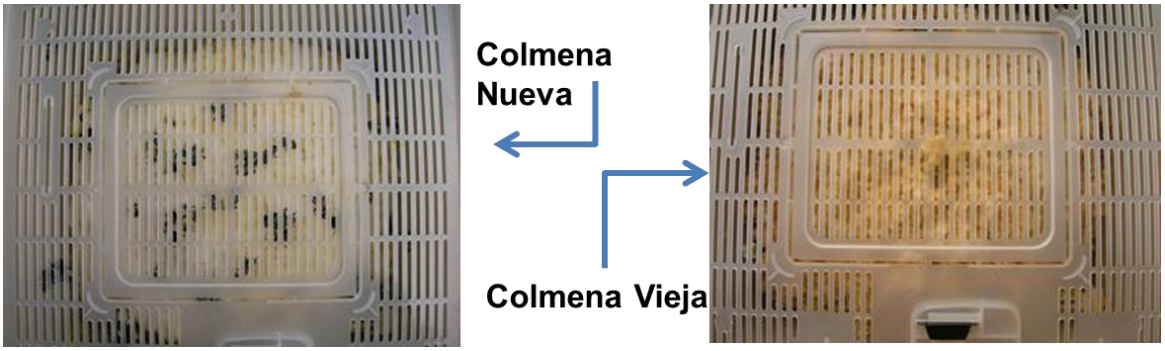


Figura 13.10.11 Revisión de colmenas al momento de recibo

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Una vez dentro del cultivo habrá que revisar:

- Actividad de vuelo.
- Presencia de excremento en las puertas de entrada, esto indica actividad normal.
- No ver larvas muertas.
- Hay ruido al dar golpecitos en las colmenas.

- No les falta líquido a los abejorros (Figura 13.10.12). En caso afirmativo se deberá rellenar.
- Se recomienda revisar las colmenas cada 2 – 3 semanas.

Figura 13.10.12 Revisión de colmenas dentro del invernadero

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Instalación de colmenas en el cultivo

- La colmena debe situarse sobre una base muy firme que la mantenga en posición horizontal (Figura 13.10.13).
- La colmena debe estar en un sitio sombreado, si es necesario construir techos (también para evitar goteos por condensación). Evitar condiciones de frío y humedad. Igual si hay alta radiación, es recomendable colocarle techos de unicel (aislante térmico). Ver Figura 13.10.13.
- Si fuera necesario ponerlas cerca de las ventanas, pero nunca frente a los ventiladores o lugares de vibración. Evitar el ruido.
- Si se almacenan los abejorros debe hacerse a 15 – 20°C, si es posible en una habitación oscura.
- La altura recomendada es entre 40 y 100 cm como máximo, de tal forma que el propio cultivo le ofrezca sombra y frescura generada por su microclima.
- En caso de apilar colmenas se recomienda no hacerlo en más de tres. Siempre hay que orientar los orificios de entrada de las colmenas en diferentes direcciones (Figura 13.10.13).
- Ubicarlas en el lado del pasillo donde reciban menos sol directo, si fuese necesario entre las plantas hacia el interior del surco (2 m).

- Los abejorros necesitan temperaturas de 15° a 35°C como máximo, con temperaturas más altas los abejorros no salen por estar enfriando su colmena. Las temperaturas bajas no suelen dar problemas.
- Colocar las colmenas cerca del pasillo central, al ser este la referencia más importante dentro del invernadero (Orientación visual). Ver última imagen de la Figura 13.10.13.
- Después de colocar los abejorros en su sitio dejarlos que se asienten por 30 minutos para que se tranquilicen.
- Procurar que los hoyos de salida y entrada no se tapen con nada como hojas y tallos.
- Evitar situar la colmena en sitios frecuentados por gente.
- Ubicar las colmenas de la manera más uniforme posible dentro del invernadero.

Fuente: (CEICKOR, 2015)

Fuente: (CEICKOR, 2015)

Fuente: (CEICKOR, 2015)

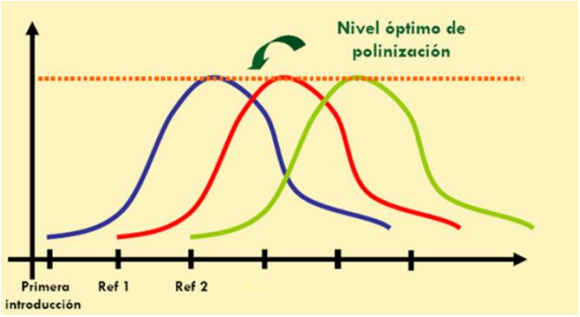
Figura 13.10.13 Instalación y ubicación de las colmenas

Es importante que al momento de recibir una colmena hay que revisar el número de semana de entrada y salida, marcar el número de colmena que es y en caso de tener que sacar las colmenas para hacer alguna aplicación, al introducirlas nuevamente todas las colmenas deben quedar exactamente igual ubicadas incluso con los orificios de entrada y salida en la misma dirección. Por eso, su importancia en tenerlas bien identificadas.

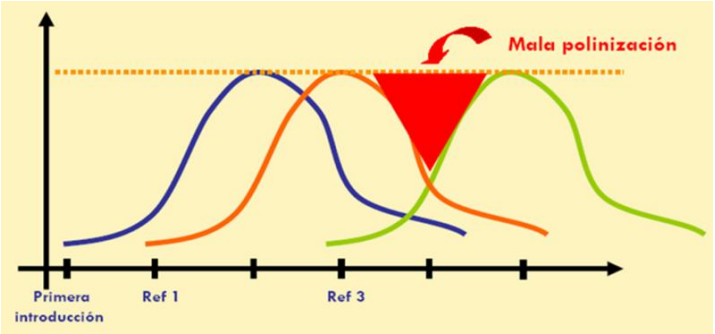
Programa de introducción de colmenas

Según (KOPPERT) con el fin de mantener unos niveles de polinización óptimos durante todo el ciclo se debe hacer un programa de introducción de colmenas (Figura 13.10.14), este programa se podrá variar a lo largo del ciclo según los resultados obtenidos en el muestreo de polinización semanal.

- La primera introducción se hace cuando ya se tienen por lo menos dos flores abiertas del primer racimo (unas 3 – 4 semanas después de la plantación, según el uso de agroquímicos incompatibles).
- Al inicio del ciclo se sugiere hacer dos introducciones fuertes de colmenas casi seguidas y luego se deben ir metiendo refuerzos cada 3 – 5 semanas según niveles de polinización e ir sacando colmenas viejas.
- Para finalizar el ciclo se debe tener en cuenta que una vez descabezada la planta solo se necesitarán abejorros durante 2 semanas más.
- En general se recomiendan de 8 a 10 colmenas activas por hectárea. Las introducciones deben planearse de tal forma que siempre haya colmenas nuevas y viejas en el invernadero. En la práctica esto significa una introducción cada 3 – 5 semanas.
- Las colmenas ya viejas se deben sacar del invernadero para evitar que se contaminen (Palomilla de la cera).



Programa de introducción de colmenas correcto



Programa de introducción de colmenas incorrecto

Figura 13.10.14 Programa de introducción de colmenas

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Revisión de polinización

Para llevarse el polen, el abejorro muerde el cono de la flor y se sujeta con sus patas haciéndola vibrar, de esta forma una parte del polen caerá al estigma, produciéndose así la polinización del fruto, mientras que el resto lo colecta el abejorro, el cual se ve como unas bolas amarillas en sus piernas traseras. Esta mordida deja una herida que al oxidarse torna a color café oscuro. Dichas marcas (mordidas) serán las que hay que buscar para poder indicar cómo está la polinización (Figura 13.10.15).

Abejorro polinizando

Oxidación donde mordió el abejorro
Fuente: (CEICKOR, 2015).

Figura 13.10.15 Polinización por abejorro

Monitoreo de polinización

Es una actividad que se debe realizar semanalmente. Deben seleccionarse 50 a 100 flores por módulo de invernadero. Estas flores se deben recolectar al azar de todo el invernadero. Las flores deben ser jaladas cuidadosamente de los pétalos y anteras, dejando el estigma y el ovario. En las siguientes figuras se mostrarán cuáles son las flores que se deben recolectar (Figura 13.10.16) según menciona (CEICKOR, 2015) y la metodología a seguir para obtener tanto el porcentaje como el nivel de polinización.

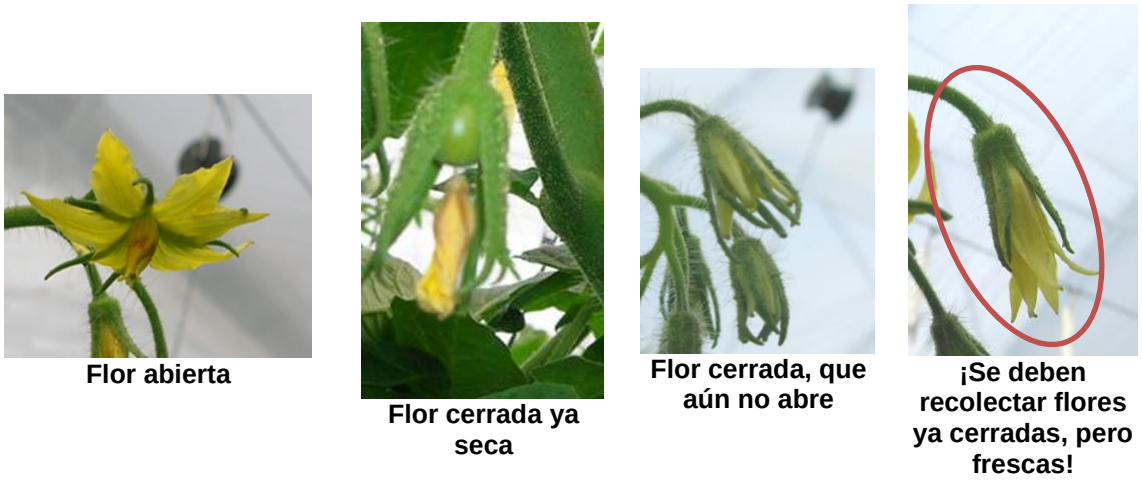


Figura 13.10.16 Recolección de flores para monitoreo de polinización

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Según el número de visitas que haya tenido la flor, esta tendrá más o menos color café en sus anteras. Esto permite establecer tres niveles de polinización, numerados del 1 al 3. Siendo 1 las flores muy poco visitadas y 3 las muy visitadas. El nivel de polinización se puede observar directamente en las flores abiertas del último racimo sin necesidad de arrancarlas. Las clasificaciones son las siguientes (Figura 13.10.17):

- *Nivel 1*= Bajo/Ligero, las flores tienen muy pocas marcas. A simple vista no se notan las marcas porque puede ser sólo una o unas cuantas muy ligeras.
- *Nivel 2* = Medio, las flores tienen varias marcas pero no se ven muy oscuras aunque se distinguen perfectamente a distancia y se pueden contar varias visitas.
- *Nivel 3* = Alto, las flores están muy marcadas y la flor se ve oscura, el número de visitas no se puede contar.

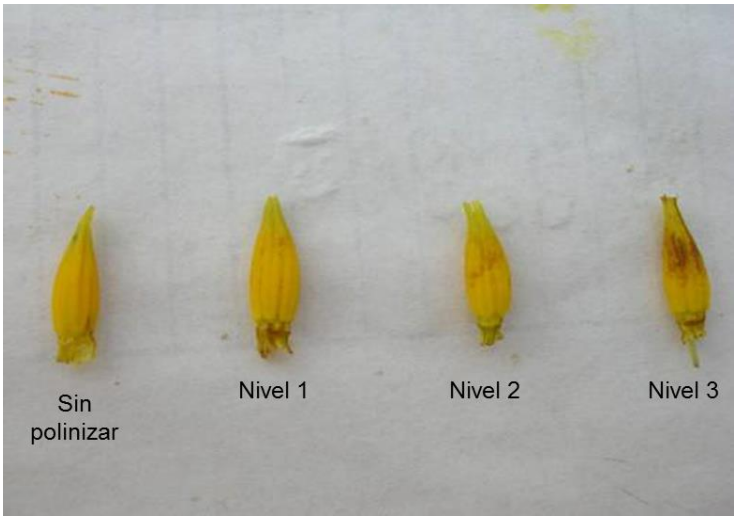


Figura 13.10.17 Los diferentes niveles de polinización

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Una vez identificadas los diferentes niveles, se separan y se agrupan las 50 o 100 flores recolectadas en los diferentes niveles para obtener finalmente dos datos: el % de polinización y el nivel predominante. El siguiente ejemplo está hecho con una muestra de 100 flores. Ver Figura 13.10.18.

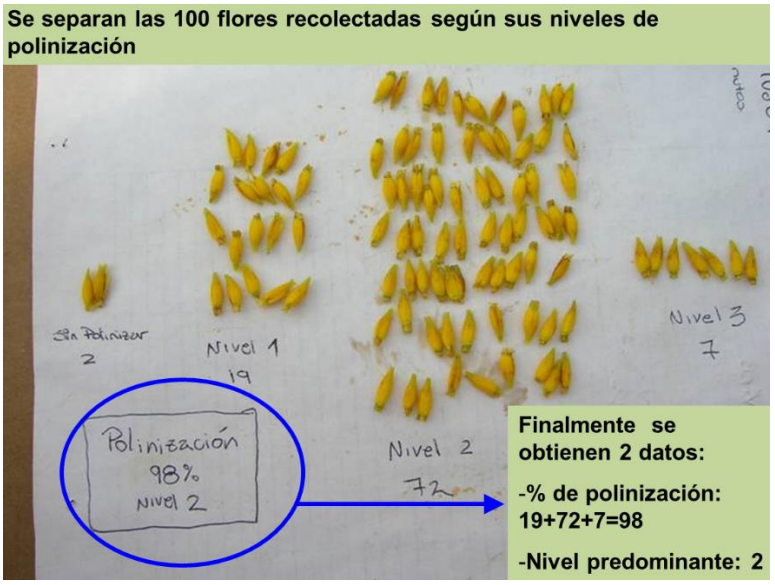


Figura 13.10.18 Cálculo para obtener el % de polinización y el nivel predominante

Fuente: (CEICKOR, 2015).

En el caso de hacerlo con una muestra de 50 flores, sólo hay que multiplicar el número de flores marcadas por 2 (Ej. 48 flores marcadas de 50 x 2 = 96%) y se obtiene el % de polinización o en el caso de tener otra muestra distinta a las mencionadas se hace una regla de tres para su cálculo. Entre mayor sea la muestra, más precisos van a ser los datos.

Una buena polinización con abejorros debe dar no menos de 80% de visitas. Cuando se tienen niveles de visita de 50 – 75% se debe complementar polinización con métodos de polinización manual una vez por semana. Si se tienen niveles por debajo del 50% se debe polinizar manualmente dos veces por semana.

El porcentaje de polinización en el invernadero debe estar en relación con el nivel de polinización. Esto quiere decir que no se puede tener un porcentaje de polinización del 40% con un nivel 3.

Con los datos obtenidos del monitoreo se puede prever la necesidad de aumentar el número de colmenas y actuar a tiempo antes de que la caída de polinización sea drástica. De igual forma, si se detecta una polinización del 100% nivel 3 durante muchas semanas seguidas es posible reducir o retrasar la introducción de colmenas. Es mejor reducir que retrasar. El escenario ideal contemplando costos (la no sobre polinización) es mantenerse en 95 – 100%, nivel 2.

Compatibilidad con el uso de agroquímicos

Si se decide hacer aplicación de algún agroquímico, es muy importante ver el nivel de compatibilidad de este con los abejorros y tomar las medidas necesarias para no dañar las colmenas (Figura 13.10.19). Existe una guía de “Koppert” que puede visitarse en internet www.koppert.com donde indican las medidas que hay que tomar.

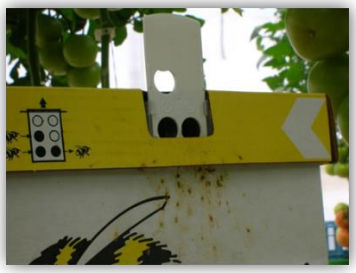
Nivel de compatibilidad	Símbolo	Persistencia	Acciones a tomar
Sin Acción	O	-	-
Cubrir	^	-	Antes: Cerrar las puertas de la colmena y cubrirla cuidadosamente Después: Retirar la cubierta y abrir puertas.
Sacar	→	X días	Antes: Cerrar puertas de la colmena y sacarla cuando su actividad haya cesado. Después: esperar los días indicados y ventilar el invernadero para volver a poner la colmena en su lugar.
Incompatible	X	X días	No se pueden usar en combinación con las colmenas

Figura 13.10.19 Compatibilidad con el uso de agroquímicos

Fuente: (CEICKOR, 2015).

Uso de la puerta de doble seguro

Antes de aplicar cualquier producto incompatible con los abejorros estos deben ser recolectados. Para ello, la colmena cuenta con la puerta de doble seguro (Figura 13.10.20). Esto se debe hacer por lo menos 2 – 4 horas antes de sacar la colmena. Por otro lado, las colmenas no pueden ser retiradas del cultivo por más de 2 o 3 días ya que la falta de polen provocará la muerte de larvas.



Entran y salen libremente

Solo pueden entrar

No pueden entrar ni salir

Figura 13.10.20 Uso de la puerta de doble seguro de la colmena

Fuente: (CEICKOR, 2015).

13.10.3 Tutorado de planta

El tutoreo es una práctica necesaria para el cultivo del jitomate, cuando éste se desarrolla en condiciones de invernadero y el tipo de crecimiento es indeterminado, el cual se deberá iniciar de 15 a 25 ddt; en este tiempo la planta tendrá una altura aproximada de 25 a 30 cm o bien, cuando las plantas presenten seis hojas verdaderas y antes de que empiecen a doblarse. Esta actividad tiene como objetivo que las plantas no estén en contacto directo con el sustrato, evitar el sombreo que afecte el desarrollo de la planta, además de facilitar las labores de poda de brotes y hojas, así como facilitar la aplicación de agroquímicos y cosecha (Velasco & Nieto, 2006).

El sistema de tutorado para las plantas que se conducen a un solo tallo consiste en una serie de estructuras metálicas ("porterías") que pueden ser individuales o integradas al invernadero con capacidad de carga, alambre galvanizado calibre de 10 a 13 y rafia o cordón (Velasco & Nieto, 2006). El tutorado se realizó atando con rafia la base de la planta y sujetándolo en el alambre mediante ganchos, colocados previamente sobre cada hilera de plantas.

Se realizaron dos método de tutorado: el primero consistió en hacer un nudo de rafia el cual no debe ser muy fuerte para evitar estrangulamiento de las plantas y tampoco muy suave para evitar el deslizamiento de la rafia; se utilizó rafia suave para minimizar la fricción con las plantas. A medida que la planta se fue desarrollando, se iba enrollando la rafia en espiral sobre el tallo a cada dos o tres hojas. También, se hizo uso de anillos sujetadores o clips en lugar de los nudos antes mencionados, quedando como cinturones en la base de las plantas, colocando anillos a cada 20 o 30 cm sobre el eje principal de los tallos (Figura 13.10.21). Esto con el fin de evitar estrangulamiento y estrés a la planta.

Figura 13.10.21 Tutorado de planta utilizando anillos sujetadores (clip)

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y los frutos toquen el suelo; lo cual mejora la aireación general de la planta y favorece el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. A medida que la planta fue agarrando peso y ladeándose se colocaron más anillos.

13.10.4 Descolgado de planta

Una vez que la planta alcanzó una altura aproximada de 2 m, antes de tocar los alambres del sistema de tutorado, se procedía a descolgar la planta del gancho, dándole una o dos vueltas, evitando que los frutos tocara el suelo, con el fin de que siempre se desarrollara de forma vertical (Figura 13.10.22), lo que le permitiría recibir mayor luz y producir mejores frutos. Además, de facilitar las labores de sanidad y de cosecha.

Debido a que el sistema de siembra se manejó a tres bolillos, es decir, que se tenían dos hileras por cama, una vez se descolgara la planta, ésta se corría en una dirección mientras que las de la otra hilera se descolgaba y se desplazaba en dirección contraria, creando una especie de óvalo por cada una de las camas (Figura 13.10.22). Lo anterior, con el fin de mantener un orden y facilitar la subida de agua y nutrientes a la cabeza. Por gravedad, cuesta más subir en línea recta que

creando una curvatura. Por último, si se manejara ciclos largos, es recomendable colocar sobre las camas una estructura con forma de M, distribuidas y enterradas a lo largo de las camas para apilar los tallos, evitando que hagan contacto con el suelo.

Figura 13.10.22 Descolgado de planta

13.10.5 Tiempos promedio de las actividades al interior del invernadero

- *Colocación de acolchados en el piso y grapado:* Rendimiento; dos naves por día, dos personas.
- *Trasplante:* Rendimiento; 1.5 horas por persona por cama.
- *Preparación de rafia y colgado:* Rendimiento; Entre 1 – 1.5 camas por día por persona.
- *Liado o enrollado de planta:* Se realizó una vez por semana. Rendimiento; dos días con una persona para cada 1000 m^2.
- *Podas bajo el criterio de humedad relativa:* Se deja una hoja bandera para incrementar la transpiración y subir la humedad, dicha hoja se deja desarrollar cada tres entrenudos. Rendimiento; 1.5 naves por día por persona.
- *Poda de hojas basales:* Rendimiento; dos personas por nave por día.

- *Aclareo de frutos (en tamaño canica y dejando seis frutos):* Rendimiento; dos naves por persona por día. A partir del sexto racimo el aclareo fue a cinco frutos por racimo así hasta llegar al doceavo racimo.
- *Destapado de racimo:* Rendimiento; 12 naves, 7 personas en 4 horas.
- Última cosecha, limpieza y preparación del invernadero para el siguiente ciclo: Rendimiento; nueve personas en tres días las 12 naves.
- *Tapado de Fugas con coples a causa de roedores:* Cierre de válvula del regante, cortar con tijera el pedazo mordido y juntar ambos extremos de la cinta en el cople (4 min por fuga).
- *Enrollada de Ganchos:* Se hacen de a 15 vueltas de rafia para ganchos grandes y de a 20 vueltas para ganchos pequeños (1 min por gancho). *Nota:* Los ganchos vienen desordenados por lo que se enredan y se pierde tiempo. Con esto, se recomienda que se hagan grupos de 30 ganchos y se amarren de tal forma que no se enreden.
- *Colgada de Ganchos:* Se utilizaron tubos de PVC a los que se les adaptó un gancho de tutoreo de modo que sujetara el gancho con la rafia y se pudiera colgar en el alambre (30 seg por gancho).
- *Anillada*: tutorado de planta (30 seg por planta).
- *Deshojado*: De una a dos hojas dependiendo de la variedad y estrategia por debajo del racimo, deschuponadas, hojas senescentes y hojas de más de 40 cm de largo (20 seg por planta).

En síntesis, el trabajo de una persona en un día de trabajo (8 horas) con respecto a las actividades de anillar y podar, un trabajador promedio hace media nave, es decir 2.5 filas de 0.6 m*48 m contando con que cada nave se compone de 5 filas.

14. NUTRICIÓN

14.1 Fertilización

El programa de fertilización del cultivo de tomate en suelo se programó según sus fases fenológicas y según los días de duración de las mismas con base a una consulta bibliográfica del autor (Camacho, 2006), la cual se presenta en el Cuadro 14.1.1. La preparación y formulación de la solución nutritiva de tomate para suelo fue calculada bajo la metodología de equilibrio de iones propuesta por (Steiner, 1984) en un cuadro de doble entrada.

Cuadro 14.1.1 Programa de fertilización días después del trasplante (ddt)

Nutrimento	Etapa previa a cosecha 0 – 75 DDT	Inicio de Producción 75 – 125 DDT	125 DDT a fin de cosecha
	----------me/L----------		
NO_3^-	8	12	10
$H_2PO_4^-$	1.6 – 1.0	1	0.8
$SO_4^=$	4 – 8	4 – 8	4 – 8
K^+	5	7.5	6
Ca^{++}	7.5	8	6
Mg^{++}	3.5	3.5	2.6
CE dS/m^{-1}	1.6	1.9	1.5

*DDT (días después del trasplante)

Fuente: (Camacho, 2006).

14.1.1 Cálculo de la solución nutritiva según los requerimientos del cultivo

Los pasos a seguir fueron los siguientes:

1. En una hoja de Excel se ordenan los cationes y aniones por su importancia en la nutrición y se resta lo que aporta el análisis de agua.
2. Ajustar el calcio.
3. Eliminar los bicarbonatos y carbonatos mediante la aplicación de ácido hasta dejarlos de 3.66 a 3 meq/L (para este caso) dejando una holgura al menos de 0.5 meq/L de manera que el pH no me cambie de manera abrupta.
4. Completar los macros iniciando con nitrógeno.
5. Dejar los ajustes de sulfatos para el final
6. Elección de los fertilizantes y pasar a unidades de peso y /o volumen
7. Preparar las soluciones concentradas.

Ejemplo de cómo calcular la primera solución nutritiva (Etapa previa a cosecha 0 – 75 DDT) incluyendo un análisis de agua

Análisis de Agua de Riego			
Aniones	***meq L^{-1}***	**Cationes**	***meq L^{-1}***
N-NO_3^-	0.3	**NH_4^+**	0
$H_2PO_4^-$	0	**K^+**	0.42
SO_4^{2-}	0.19	**Ca^{2+}**	1.09
HCO_3^-	3.66	**Mg^{2+}**	0.48
Cl.$^-$	0.38	**Na^+**	2.69
pH	7.72	**RAS**	**3.04**
CE	0.19	***dS m^{-1}***	

Solución Nutritiva			
Aniones	***meq L^{-1}***	**Cationes**	***meq L^{-1}***
NO_3^-	8.0	**NH_4^+**	0
$H_2PO_4^-$	1.6	**K^+**	5.0
SO_4^{2-}	5.0	**Ca^{2+}**	7.5
HCO_3^-	0.0	**Mg^{2+}**	3.5
Cl.$^-$	0.0		
		RAS	**1.15**

- Se organizaron los aniones y cationes en miliequivalentes, tanto del análisis de agua que se obtiene a partir un análisis de laboratorio tomado de la referencia bibliográfica a seguir.

Preparación de la solución Nutritiva											
		Aniones					Cationes				
		NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Sol. Nutritiva		8.0	1.6	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	7.5	3.5	0.0
Agua		0.3	0	0.19	3.66	0.38	0	0.42	1.09	0.48	2.69
Aportes	***me L^{-1}***	**7.7**	**1.6**	**4.8**	**-3.7**	**-0.4**	**0.0**	**4.6**	**6.4**	**3.0**	**-2.7**
$Ca(NO_3)_2\ H_2O$	**6.4**	6.4					0.5		6.4		
H_3PO_4	**1.6**		1.6		1.6						
HNO_3	**1.3**	1.3			1.3						
H_2SO_4	**0**			0	0						
KNO_3	**0**	0						0			
K_2SO_4	**4.6**			4.6				4.6			
$MgSO_4\ 7H_2O$	**3**			3						3	
NH_4NO_3	**0**	0					0				
KH_2PO_4	**0**		0					0			
$NH_4H_2PO_4$	**0**		0				0				
$Mg(NO_3)_2\ 6H_2O$	**0**	0								0	
KCl	**0**					0		0			
Aportes me L^{-1}		**7.7**	**1.6**	**7.6**	**2.9**	**0.0**	**0.5**	**4.6**	**6.4**	**3.0**	
Aportes ppm (elemento)		**108**	**50**	**243**		**0**	**7**	**179**	**128**	**36**	

- Se resta los aportes que trae el agua a los requerimientos que indica la solución nutritiva de referencia. Ese resultado indica lo que se tiene que aportar por medio de fertilizantes.
- Se colocan los miliequivalentes faltantes distribuidos por cada uno de los fertilizantes a utilizar (columna gris), hasta que complete el requerimiento. Las filas en verde deben quedar lo más iguales posible (no pasarse de los rangos permitidos), queriendo decir que lo que falta de requerimiento, se está supliendo con los fertilizantes.
- Los sulfatos se cuadran al final ya que su rango permisible es mucho mayor que los otros.
- Se tiene en cuenta que el nitrato de calcio trae un poco de nitrógeno en forma amonio, es por esto que se considera 0.5 meq de amonio.

	Equilibrio iónico					
meq L^{-1}	Cl^-	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	**Total**	
NH_4^+		0	0		**0.0**	
K^+	0	0	0	4.6	**4.6**	
Ca^{2+}		6.4			**6.4**	
Mg^{2+}		0		3	**3.0**	
H^+		1.3	1.6	0	**2.9**	
Total	**0.0**	**7.7**	**1.6**	**7.6**		**16.9**
					16.9	

- Se verifica el balance de la solución nutritiva a través de la suma de aniones y cationes, las cuales deben ser iguales (celdas rojas). Si da diferente, la diferencia no debe ser mayor del 10%.
- Se calcula la CE: ∑ Cationes/10 = (16,9/10) = 1.69 y se compra con la de la referencia. Deben ser similares.

Una vez obtenidos los aportes ya sea en meq/L o ppm se procede a pasarlas a unidades de peso y/o volumen. Se inició con el procedimiento del ácido para neutralizar los bicarbonatos mediante la siguiente fórmula:

(Peso equivalente del ácido a utilizar) * (Los miliequivalentes a neutralizar)= gr*m^3 de Agua.

- Ácido nítrico (HNO_3): (P. Eq = 63) * (1.3) = 81.9 gr*m^3 de Agua.

Para pasar a volumen:

81.9 gr/m^3 / Densidad del ácido (1.4 mL/gr) = 58.5 mL*m^3 / riqueza del ácido (55%) = 106 mL* m^3 de Agua (Columna verde).

- Ácido fosfórico (H_3PO_4): (P. Eq=98)*(1.6)=156.8 gr*m^3 de Agua.

Para pasar a volumen:

156.8 gr/m^3 / Densidad del ácido (1.42 mL/gr) = 110.42 mL*m^3 / riqueza del ácido (85%) = 130 mL* m^3 de Agua.

Con estas cantidades de ácido se logra neutralizar los 2.9 meq de bicarbonatos que se tenían obteniendo un pH estimado entre 5.5 – 6.5.

Luego, se procedió al cálculo de los macronutrientes por medio de las fuentes de fertilizantes seleccionados mediante la siguiente fórmula:

(Peso equivalente de la fuente a utilizar) * (Los miliequivalentes a aportar) = gr*m^3 de Agua).

- Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$): (P. Eq = 100) * (6.4) = 640 gr*m^3 de Agua.
- Sulfato de potasio (K_2SO_4): (P. Eq = 87) * (4.6) = 400 gr*m^3 de Agua.
- Sulfato de magnesio ($MgSO_4$ $7H_2O$): (P. Eq = 123) * (3) = 369 gr*m^3 de Agua.
- Ver el siguiente cuadro.

Fertilizante	*meq L^{-1}*	*Peq mg/1meq*	*p g/ml*	*Riqueza %*	*ml m^{-3} o gr m^{-3}*
HNO_3	***1.30***	***63***	***1.4***	***55***	**106**
H_3PO_4	***1.60***	***98***	***1.42***	***85***	**130**
H_2SO_4	***0.00***	***49***	***1.84***	***98***	**0**
$Ca(NO_3)_2$	***6.40***	***100***			**640**
KNO_3	***0.00***	***101***			**0**
K_2SO_4	***4.60***	***87***			**400**
$MgSO_4$ $7H_2O$	***3.00***	***123***			**369**
NH_4NO_3	***0.00***	***80***			**0**
KH_2PO_4	***0.00***	***136***			**0**
$NH_4H_2PO_4$	***0.00***	***115***			**0**
$Mg(NO_3)_2$ $6H_2O$	***0.00***	***128***			**0**
KCl	***0.00***	***74.56***			**0**

Luego, se realizó solución madre o concentrada con el fin de reducir la cantidad de veces que se tiene que preparar solución nutritiva. Sirve para programar cada cuantos días se tendrá que hacer dicha actividad. Para este caso, se concentró al 100% en un tinaco con capacidad de 200 L.

Para el cálculo de solución nutritiva a una concentración del 100% en un tinaco de 200 L se utiliza la siguiente fórmula:

((mL*m^3 o gr*m^3 de fertilizante a aportar) * (Volumen del tanque de solución madre)*(Concentración)) / 1000000 = L o Kg (dependiendo si son ácidos o no).

- Ácido nítrico (HNO_3): (106 mL* m^3 de Agua * 200 L * 100%) / 1000000 = 2.13 L
- Ácido fosfórico (H_3PO_4): (130 mL* m^3 de Agua * 200 L * 100%) / 1000000 = 2.6 L
- Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$): (640 gr*m^3 de Agua * 200 L * 100%) / 1000000 = 12.8 Kg
- Sulfato de potasio (K_2SO_4): (400 gr*m^3 de Agua * 200 L * 100%) / 1000000 = 8 Kg
- Sulfato de magnesio ($MgSO_4$ $7H_2O$): (369 gr*m^3 de Agua * 200 L * 100%) / 1000000 = 7.38 Kg

Una vez teniendo las cantidades de fertilizante a añadir se procede a separar los fertilizantes para evitar incompatibilidades y precipitaciones (las celdas de color rojo indican las incompatibilidades entre los fertilizantes). Tener en cuenta de separar siempre el calcio con los sulfatos y fosfatos. Los ácidos se ubicaron en el tinaco de riego. Si se tiene un sistema de riego de inyección se podría tener los ácidos en un tercer tanque, teniendo en cuenta que dicho sistema vaya cuadrando el pH.

Volumen del tanque	200 L		Veces concentrada	100

Fertilizante	Añadir	Tanques		
	L o kg	T - 1	T - 2	T - 3
HNO_3	**2.13**			2.13
H_3PO_4	**2.60**			2.6
H_2SO_4	**0.00**			
$Ca(NO_3)_2$	**12.80**	12.8		
KNO_3	**0.00**			
K_2SO_4	**8.00**		8	
$MgSO_4\ 7H_2O$	**7.38**		7.38	
NH_4NO_3	**0.00**			
KH_2PO_4	**0.00**			
$NH_4H_2PO_4$	**0.00**			
$Mg(NO_3)_2\ 6H_2O$	**0.00**			
KCl	**0.00**			
Total	**32.91**	12.8	15.38	4.73

Ahora se calculan los litros de solución madre (T – 1 y T – 2) que van al tinaco de riego. Se tuvo un tinaco de riego con una capacidad de 10,000 L. Se hace tomando los 10 mil litros del tinaco de riego dividido entre la concentración que se está manejando (100%), se hace con la siguiente fórmula:

(Volumen del tinaco de riego / La concentración (%)) = Lts de cada tinaco de solución madre (T – 1 y T -2) que se tiene que echar al tinaco de riego.

- (10,000 L / 100%) = 100 Lts de los tanques 1 y 2 con solución madre (macros + micros) al tinaco de riego.

Por último, para saber la cantidad de veces que durará los tinacos de 200 L de solución madre, antes de volver a preparar otro se calcula con la siguiente fórmula:

(Volumen del tinaco de solución madre / Lts del tanque de solución madre al tinaco de riego) = # de veces

- (200 L / 100 Lts) = 2 veces

Para el cálculo de los micronutrientes se tomaron los requerimientos en partes por millón (ppm) sugeridos por (Steiner, 1984), los cuales se presentan en el Cuadro 14.1.2.

Cuadro 14.1.2 Programa de fertilización de micronutrientes (ddt)

Nutrimento (ppm)	Concentración comercial del quelato
Fe = 2.6	13%
Mn = 0,6	13%
Cu = 0,18	14%
Zn = 0,18	14%
B = 0.5	17,5%

Fuente: (Steiner, 1984).

Para este cálculo se utilizaron fuentes de quelatos. Es muy importante ver la etiqueta de cada uno de ellos, puesto que cada presentación comercial viene con una concentración diferente.

Para calcular los grs*m^3 requeridos se saca un factor de conversión el cual se calcula de la siguiente forma:

((100% / La concentración comercial del quelato %) = Factor de conversión) * (Las ppm que se requieren por m^3 de agua de referencia) = gr*m^3 o mg*L

- Quelato de Fierro: ((100/13) = 7.69) * (2.6 ppm) = 20 gr*m^3
- Quelato de Manganeso: ((100/13) = 7.69) * (0.6 ppm) = 4.6 gr*m^3
- Quelato de Cobre: ((100/14) = 7.69) * (0.18 ppm) = 1.28 gr*m^3
- Quelato de Zinc: ((100/14) = 7.69) * (0.18 ppm) = 1.28 gr*m^3
- Ácido bórico: ((100/17.5) = 7.69) * (0.5 ppm) = 2.85 gr*m^3

Teniendo las cantidades para 1000 Lts se hizo igualmente solución madre concentrada al 100% en un tinaco de 200 L con la siguiente fórmula:

((mL*m^3 o gr*m^3 de quelato a aportar) * (Volumen del tanque de solución madre) * (Concentración)) / 1000 = grs a añadir.

- Quelato de Fierro (EDTA Fe): (20 gr*m^3 * 200 L * 100%) / 1000 = 400 grs
- Quelato de Manganeso (EDTA Mn): (4.6 gr*m^3 * 200 L * 100%) / 1000 = 92.3 grs
- Quelato de Cobre (EDTA Cu): (1.28 gr*m^3 * 200 L * 100%) / 1000 = 25.7 grs
- Quelato de Zinc (EDTA Zn): (1.28 gr*m^3 * 200 L * 100%) / 1000 = 25.7 grs
- Ácido bórico (H_3BO_3): (2.85 gr*m^3 * 200 L * 100%) / 1000 = 57.1 grs

Una vez teniendo las cantidades de fertilizante a añadir se procedió a separar los quelatos para evitar incompatibilidades y echarlos en sus respectivos tanques de 200 L. Debido a que las cantidades son muy pequeñas se puede colocar en cualquier tanque. No obstante, es recomendable que tanto el Fierro como el Boro vayan en el tanque 2 y los demás en tanque 1 (Mercado & Rico, 2011).

Concentración Deseada		Tipo quelato o fertilizante	Concentración %	Factor de Conversión	Dosis Producto mg L^{-1} o g m^{-3}	Añadir gr
	ppm					
Fe		EDDHA Fe	5	**20.00**	**0**	0
Fe		DTPA Fe	9	**11.11**	**0**	0
Fe	2.60	EDTA Fe	13	**7.69**	**20**	400
Magnesio		EDTA Mg	5.5	**18.18**	**0**	0
Mn	0.60	EDTA Mn	13	**7.69**	**4.6**	92.3
Cu	0.18	EDTA Cu	14	**7.14**	**1.28**	25.7
Zn	0.18	EDTA Zn	14	**7.14**	**1.28**	25.7
Mn		$MnSO_4$ $2H_2O$	32	**3.13**	**0**	0
Cu		$CuSO_4$ $5H_2O$	25.5	**3.92**	**0**	0
Zn		$ZnSO_4$ H_2O	34.5	**2.90**	**0**	0
Zn		$ZnSO_4$ $7H_2O$	22.5	**4.44**	**0**	0
B	0.50	H_3BO_3	17.5	**5.71**	**0**	57.1
B (Bórax)		$Na_2B_4O_7$ $10H_2O$	11.3	**8.85**	**0**	0
Mo		$(NH_4)6Mo_7O_{24}$ $4H_2O$	54	**1.85**	**0**	0
Mo		Na2MoO4 2H2O	39.6	**2.53**	**0**	0

Otra forma para calcular los micros en una solución nutritiva es por medio de mixes, presentaciones comerciales que vienen con todos los microelementos mezclados y se calcula de la siguiente forma:

- Se listan las concentraciones de todos los microelementos que indica la bolsa.
- Al igual que al inicio, se restan los valores que aporta el agua de riego (si los hay), para este ejemplo se considerará 0, a los requerimientos indicados en la referencia.

Luego, con respecto a una dosis propuesta (20 para este caso) en gr/m^3 del complejo mix, se calcula cuánto está aportando para cada uno de los microelementos y se verifica que supla el requerimiento de la referencia. Para este

cálculo se utiliza la concentración especificada en el complejo mix y se hace con la siguiente fórmula:

Dosis del complejo mix gr*m^3 / (100/La concentración de cada microelemento especificado en la etiqueta) = Las ppm que aporta de cada elemento.

- Fe: 20 gr/m^3 / (100/7.5) = 1.5 PPM
- Mn: 20 gr/m^3 / (100/3.7) = 0.74 PPM
- Cu: 20 gr/m^3 / (100/0.3) = 0.06 PPM
- Zn: 20 gr/m^3 / (100/0.6) = 0.12 PPM
- B: 20 gr/m^3 / (100/0.7) = 0.14 PPM
- Mo: 20 gr/m^3 / (100/0.2) = 0.04 PPM

El punto es ir cambiado la dosis del complejo mix hasta que el aporte sea igual o muy similar al requerimiento. En este ejemplo la dosis tuvo que ser de 20 gr*m^3. No obstante, puede también quedar faltando aporte para completar los PPM (como con el Mn, Zn, B y Mo) de manera que se tendrá que complementar con quelatos, realizado el proceso explicado anteriormente.

Dosis Producto gr*m^3	Añadir Kg
20.0	0.4

Volumen tanque de solución madre (L)	200.00
Veces concentrada (%)	100.00

Macronutrimentos	PPM					
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Sol Nut. Micros (Referencia)	1.5	0.8	0.06	0.15	0.4	0.05
Agua	0	0	0	0	0	0
Aporte del Complejo Mix	**1.5**	**0.74**	**0.06**	**0.12**	**0.14**	**0.04**
Aporte faltante con quelatos	0.00	0.06	0.00	0.03	0.26	0.01

Por último, se calcula la cantidad a añadir para preparar solución madre con la siguiente fórmula a una concentración al 100% y en tanque de 200 L:

(Dosis del complejo mix gr*m^3 * La concentración deseada * El volumen del tanque de solución madre) / 1000000 = Kg a añadir del complejo mix.

- (20 gr*m^3 * 100 * 200) / 1000000 = 0.4 Kg de Complejo Mix.

14.1.2 Nutrición vía foliar

El uso de fertilizantes foliares se consideró en función de la apariencia de la plantas junto con los resultados del análisis foliares. Este tipo de nutrición consistió en la aplicación por aspersión de productos químicos durante las primeras horas de la mañana o en las horas más frescas de la tarde. Entre sus ventajas está su rápida asimilación con el fin de corregir deficiencias nutrimentales de forma rápida. Los productos comerciales de nutrición foliar recomendados de acuerdo con (Mercado & Rico, 2011) son los siguientes:

- Nombre del producto: Grofol 20 – 30 – 10
  - *Descripción:* Fertilizante NPK para aplicar en aspersión foliar, presentado en forma de cristales solubles. Fórmula completa recomendado para complementar y corregir deficiencias nutricionales en diferentes cultivos. Se aplica en los momentos de crecimiento, floración y fructificación.
  - *Dosis:* 200 gr en 100 litros de agua.
  - *Etapa:* A los 12 días después de emergido.

- Nombre del producto: Foltron plus
  - *Descripción:* Composición: nitrógeno total amoniacal 10%; fósforo 20%; potasio 5%; magnesio 100 ppm; boro 80 ppm; cobre 50 ppm; hierro 500 ppm; manganeso 100 ppm; molibdeno 2 ppm; zinc 500 ppm; ácidos húmicos 7.8 g/L; folcisteína 2,750 ppm; giberelinas 30 ppm. Fertilizante NPK para aplicación foliar, rico en nitrógeno y fósforo, en forma líquida de alta concentración, como suplemento adicional al programa normal de fertilización.
  - *Dosis:* 250 gr en 100 litros de agua.
  - *Etapa:* Fruto en desarrollo.

- Nombre del producto: Basfoliar 12 – 0 – 34
    - *Descripción:* Es un fertilizante soluble, adecuado para uso en programas de fertirriego. Contiene en su formulación la molécula inhibidora de la nitrificación (DMPP), que retrasa la transformación de amonio a nitrato en el suelo (nitrificación). Es un fertilizante muy adecuado complementar al programa de fertirriego en la etapa de crecimiento de los cultivos, por su alta concentración de Nitrógeno como NOVATEC de alta eficacia y contenido de Magnesio.
    - *Dosis:* 250 gr en 100 litros de agua.
    - *Etapa:* Producción.

Análisis foliares: Los análisis foliares son una herramienta de diagnóstico mediante la cual se determina la relación entre la concentración de nutrientes en la planta y el desarrollo de la misma. Las hojas son los órganos más adecuados para realizar el diagnóstico nutrimental, por lo tanto, el criterio para el muestreo de hojas se muestra en el Cuadro 14.1.3.

Cuadro 14.1.3 Criterio para el muestreo de hojas para el análisis foliar

Cultivo	Etapa fenológica	Muestra	N° de plantas
Tomate	De plántula (15 cm de altura).	Toda la planta.	15 a 25
	De segunda floración a cosecha.	Hoja joven madura desarrollada.	40 hojas

Fuente: (Mercado & Rico, 2011).

Se recomienda realizar tres o cuatro análisis foliares durante las etapas de desarrollo del cultivo con la finalidad de corregir problemas de nutrición. El primero en plántula a los 20 días de germinada (ddg); el segundo en crecimiento, a las 4 semanas ddt, el siguiente a inicio de floración, a los 50 ddt aproximadamente y el último al inicio de amarre de frutos, a los 60 ddt aproximadamente. Según la etapa fenológica del cultivo de tomate las muestras se deben tomar de la siguiente forma:

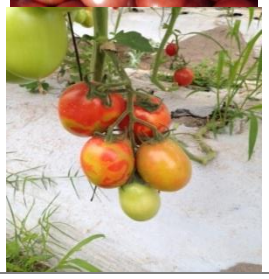
de plántula (15 cm de altura) se tomarán de 15 a 25 plantas, toda la planta y de la segunda floración a cosecha se tomarán 40 hojas de muestra, teniendo en cuenta que se seleccionará la tercera hoja joven madura desarrollada o las que se encuentran en el centro de la planta (Mercado & Rico, 2011).

Recomendaciones para colectar las muestras de hojas: Para realizar un monitoreo preciso es muy importante tener especial cuidado en la recolección y preparación de las muestras que serán enviadas al laboratorio. No deberán tomarse muestras con daño mecánico, enfermas, cubiertas con polvo u otras impurezas, ni de plantas en donde se hayan aplicado agroquímicos recientemente, o que hayan sido sometidas a periodos largos de estrés. También, se recomienda tomarlas a media mañana o media tarde, cuando la intensidad de la luz solar es baja y evitar tomar muestras después de una humedad relativa abundante. Con la finalidad que el tejido verde de la planta muestreada no se descomponga y pierda peso, es necesario depositar las muestras en bolsas de papel y llevarlas al laboratorio a la brevedad posible. Si el tiempo de traslado excede las 12 horas, se sugiere refrigerarlas a una temperatura de entre 4 – 5ºC, para que no se congelen. Las muestras no deberán ser colocadas en bolsas de plástico si no se mantienen en refrigeración. Al momento de recolectar las muestras, es necesario identificarlas con un número asignado para cada muestra. Para lograr un muestreo representativo de la población se recomienda recolectar entre 10 y 15 hojas jóvenes tomadas al azar por cada muestra recolectada.

14.1.3 Manejo de deficiencias nutrimentales presentadas en el invernadero

Durante el ciclo de cultivo se tuvieron algunas deficiencias nutrimentales las cuales se manejaron como se ilustra en el Cuadro 14.1.4.

Cuadro 14.1.4 Manejo de deficiencias nutrimentales presentadas en el invernadero

Deficiencia nutrimental	Órgano afectado/Daño	Tratamiento	Imagen
Calcio (Principal causante de la pudrición apical)	Fruto	Subir las ppm de calcio, revisando que la relación K/(Ca+Mg) NO sea mayor a 1.	
Fierro (clorosis férrica o amarillamiento en la parte superior de la planta)	Hoja	Subir las ppm de 2.6 a 5.	
Magnesio (aparición de manchas circulares amarillas y traslúcidas)	Hoja	Subir las ppm de 36.7 a 50 ppm.	
Potasio (fruto sin firmeza o aguados, vida de anaquel baja y con maduración manchada)	Fruto	Subir los ppm de 180 a 250 e incluir máximo 50 ppm de cloro en la solución para incrementar el sabor y la vida de anaquel del producto. También, revisar la relación K/N que esté mayor a 1.6 en etapa de fructificación o en un rango de 1.2 – 1.8. Menor que 1 arroja frutos aguados y con maduración manchada.	

14.2 Riego

14.2.1 Necesidades hídricas del cultivo de tomate

Bajo condiciones de invernadero, es esencial conocer las demandas hídricas del cultivo de tomate, dado que la única fuente de agua que suple las necesidades de las plantas es el riego localizado, que se establece en este tipo de sistemas productivos. Un sistema de riego para invernadero bien diseñado será aquel que dentro de sus características reduzca a su mínima expresión el agua perdida por escorrentía y lixiviación. De esta forma, las necesidades netas de riego serán iguales a la evapotranspiración del cultivo, entendiendo evapotranspiración como el proceso simultáneo de evaporación de agua desde el suelo y la transpiración de la misma a través de los estomas de las plantas. La evapotranspiración del cultivo es un proceso dinámico, afectado por variables de cultivo como el estado de desarrollo, condiciones climáticas (radiación, temperatura, humedad y velocidad del viento) y de suelo (Bojacá & Monsalve, 2012).

Evapotranspiración de referencia (ETo): La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo (FAO, 1998).

Evapotranspiración potencial (ETp): La evapotranspiración potencial (ETp) es la evapotranspiración de un cultivo en función de su grado de desarrollo vegetativo y bajo condiciones de disponibilidad suficiente de agua. En términos simples, significa las necesidades hídricas potenciales de un cultivo y por tanto, depende además de los factores ambientales y de las características genéticas del cultivo, follaje, raíces, estructura estomática, etc. (López, 2007).

La estimación de la evapotranspiración de referencia de un cultivo como la alfalfa, simplifica la estimación de la evapotranspiración de otros cultivos, en condiciones ambientales similares, tomando en consideración las diversas etapas de su desarrollo. La cobertura del suelo por los cultivos no es constante; en realidad los cultivos van cubriendo el suelo de manera progresiva, por lo que la evapotranspiración del cultivo solamente representa una fracción de ETo.

Coeficiente de evapotranspiración del cultivo de tomate (Kc): La determinación de la ETp, por su dependencia de los factores biológicos, es más compleja que la determinación de la ETo, por lo que para su estimación es necesario relacionar la variación de la ETo durante el período de desarrollo del cultivo con mediciones de ETp. Las relaciones obtenidas se denominan "coeficientes de cultivo" (Kc). Dado que es muy difícil determinar teóricamente las relaciones entre ETo y ETp de cada cultivo, estas se han obtenido mediante mediciones experimentales. Los coeficientes de cultivo (Kc) son definidos por la siguiente expresión (López, 2007):

$$Kc = \frac{ETp}{ETo}$$

Su valor depende del cultivo (especie e incluso variedad), de su ciclo relativo, y de su fenología, así como de las condiciones específicas del cultivo en la explotación: densidad de población, orientación de las hileras de siembra, etc. y de las condiciones climáticas locales. En el Cuadro 14.2.1 se presenta el valor del coeficiente de cultivo (Kc) para el cultivo de tomate y según su estado fenológico:

Cuadro 14.2.1 Coeficientes de cultivo de tomate en diferentes etapas fenológicas

Etapa	35	**ETc (mm)**	**ETo (mm)**	**Kc**
Vegetativa – Floración	45	50.20	165.60	0.30
Floración – Fructificación		121.50	111.96	1.08
Maduración – Senescencia	20	71.36	82.96	0.86

Fuente: (scielo.org, 2014).

14.2.2 Determinación necesidades de riego del cultivo

Las necesidades hídricas del cultivo de tomate (ETc) se calculan a partir del valor de la ETo para la zona donde se desea establecer el cultivo. En el cuadro anterior se presenta el valor de ETo, conociendo el coeficiente de cultivo específico del cultivo de tomate (Kc), mediante la siguiente expresión para este caso:

$$ETc = ETo * Kc$$

Dónde:

ETc: necesidades hídricas del cultivo (tomate) en (mm/día).
ETo: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
Kc: coeficiente de cultivo.

Suponiendo un ETo = 3.1 mm/día para cierta zona del país; una densidad de siembra = 2.7 plantas/m^2 (27.000 plantas/Ha); Kc para tomate = 1 siempre se halla el valor máximo de Kc de manera que el diseño de riego pueda suministrar toda la demanda hídrica que requiere la planta.

Entonces:

$$ETc = ETo * Kc$$

$$ETc = (3.1\frac{mm}{día}) * 0.86$$

$$ETc = 2.66\frac{mm}{día}$$

$$ETc = 26.660\frac{litros}{Ha - día}$$

Requerimientos de riego = $\frac{ETc}{N° \ plantas/Ha}$

Requerimientos de riego = $\frac{26.660\frac{litros}{Ha-día}}{27.000\frac{plantas}{Ha}}$

Requerimientos de riego = $0.98 \frac{litros}{día} planta$

Vale la pena recordar que el coeficiente de cultivo del tomate varía según su etapa fenológica, para este caso se hizo tomando la etapa de maduración – senescencia.

14.2.3 Programación del riego

Se refiere a la determinación de cuándo y cuánto regar. Para esto es imprescindible conocer las características del cultivo, las características físicas del suelo y las condiciones climáticas de la zona. Con lo anterior, se puede lograr un uso eficiente del recurso agua y lo más importante, una maximización de la producción.

Los métodos de programación del riego se basan en: medida del contenido de humedad en el suelo, medida del estado hídrico de la planta y medida de parámetros climáticos (Bojacá & Monsalve, 2012).

Medida del contenido de humedad del suelo: Los sensores que miden el contenido de agua en el suelo permiten conocer cómo el cultivo va extrayendo el agua de este, de forma que el riego puede programarse para mantener un contenido de agua en el suelo entre dos niveles de humedad: el límite superior o capacidad de campo (CC) y el límite inferior o punto de marchitez permanente (PMP). El límite superior es fijado para evitar drenajes, y por tanto lavado de fertilizantes, y el límite inferior representaría el punto a partir del cual el cultivo sufre estrés hídrico. Dentro de los aparatos utilizados para la medición del contenido de humedad del suelo se encuentran tensiómetros y TDR (Time Domain Reflectometry). Ver Figura 14.2.1. Así, la escala graduada de un tensiómetro indicará un valor de presión expresado en centibares o kilo pascales, y estos valores se interpretan de acuerdo a los criterios recogidos en el Cuadro 14.2.2.

Cuadro 14.2.2 Interpretación de lecturas en tensiómetro

LECTURAS (Cb)	INDICACIONES
0 – 10	Suelo saturado.
10 – 20	Suelo a capacidad de campo.
30	Suelos arenosos: iniciar riego.
50	Suelos de textura media: iniciar riego.
60	Suelos arcillosos: iniciar riego.
Mayor a 70	El nivel de humedad del suelo es lo suficientemente bajo como para que las plantas sufran estrés.

Fuente: (Bojacá & Monsalve, 2012).

Tensiómetro

TDR

Figura 14.2.1 Sensores de humedad

14.2.4 Manejo del riego

Depende de los siguientes factores: Especie cultivada, la demanda máxima de agua por el cultivo, la etapa fenológica, condiciones ambientales, tipo de sustrato y volumen del sustrato (si es el caso).

Una planta joven, acabada de plantar requiere 0.5 litros de agua al día. Al irse desarrollando aumenta la demanda de agua, por lo que es necesario ir aumentando el número de riegos y el volumen de los mismos llegando a suministrar 3.5 litros de agua al día por cada planta. Cuando el cultivo es establecido en suelo es recomendable auxiliarse con un tensiómetro para medir la necesidad del riego debido a los cambio del clima (Mercado & Rico, 2011).

El primer riego se hizo inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas, y luego se realizaron riegos periódicos para mantener un adecuado nivel de humedad durante todo el ciclo de desarrollo de la planta. Es de recalcar que los riegos no se llevaron a cabo en las horas de la tarde, porque la evaporación del agua aumentaba la humedad relativa dentro del invernadero ni en las horas de la noche y madrugada, lo que implicaba problemas de enfermedades en las plantas; se regaba en las horas de la mañana.

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 (Jaramillo J. , Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007). El Cuadro 14.2.3 presenta la guía con la que se estimó las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero. No obstante, fueron datos como referencia ya que el factor clima influía en la toma de decisiones.

Cuadro 14.2.3 Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate

Semana de trasplante	Estado de desarrollo	Mínimo*	Máximo*
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2--5	1ero a 4° racimo floral	1,5	3
6	5° racimo floral	3,5	3,5
7-9	6° racimo floral	3,5	4
10-11	7°-8° racimo floral	4	4,5
12-15	Inicio de cosecha	4,5	5,5
16-17		5	6,5
18-20		5,5	6
21-23		5	5
24-25		5	5
25		5	5
27		5	5

*Necesidad diaria (litros/m²/día)

Fuente: (Medina, Cooman, & Escobar, 2001).

Ahora bien, tanto los riegos como la preparación de solución se realizaron con base a un tinaco de 10 mil litros, puesto que es la fuente de almacenamiento de agua con la que se contó. Para ver las cantidades de fertilizante que se utilizaron ver apartado de Fertilización. Para la estimación de la cantidad de riego a aplicar al cultivo con un tanque de 10 mil litros y considerando un total de 15 mil plantas para ½ Ha aproximadamente se hizo el siguiente cálculo:

((Volumen del tinaco * N° de tinacos/día) / (N° de plantas totales)) = Litros*planta

((10,000 L * 2 tinacos*día) / (15,000 plantas) = 1.33 L*planta*día

Es decir que por cada 20 mil litros de agua de riego, cada planta recibía 1.33 litros de agua, teniendo en cuenta que se tiene un sistema de riego uniforme. Asimismo, si se desea saber la cantidad de litros de agua por m^2 se calculaba así:

((Litros*planta*día) * (Densidad de siembra plantas*m^2)) = Litros*m^2*día

((1.33 L*planta*día) * (2.7 plantas*m^2)) = 3.6 Litros*m^2*día (Esta cantidad se comparaba con la tabla anterior).

No obstante, se apoyaba con los dispositivos de monitoreo como tensiómetros y sensores de humedad para tener un manejo del riego más preciso. Es de recordar que se contemplaba el factor clima, puesto que dependiendo de éste se aumentaba o se reducía la cantidad de tinacos de riego.

14.3 Dispositivos de monitoreo

Se manejaron dispositivos que aportaron a la toma de decisiones y recopilación de datos para el manejo de cultivo. Estos dispositivos ayudaron a tomar lecturas del clima interior del invernadero, humedad del suelo, conductividad eléctrica (CE) y pH de la solución nutritiva en tanque, cintilla y suelo como el uso de cardys de bolsillo y del fotómetro (laboratorio portátil) para medir los iones en extracto de tejido vegetal y suelo. En consecuencia, servían para construir o cambiar la estrategia del manejo del cultivo que se tenía en ese momento y cambiarla, con

el fin de propiciar el mejor balance para la planta. Estas estrategias involucraban clima (% apertura/cierre de ventanas), manejo del riego y nutrición y labores culturales (manipulación de la planta).

14.3.1 Clima

Estación meteorológica: marca WatchDog, la cual suministró datos dentro del clima del invernadero, tales como temperatura, humedad relativa, radiación, dirección del viento, velocidad del viento y cantidad de CO_2. La estación permite acumular hasta 3 meses de datos, aun así se recomienda descargarlos de forma frecuente ya que dependiendo de los intervalos de tiempo que se le programe, éstos van a ocupar más memoria. Una vez se llene la memoria, comenzará a reescribir los nuevos datos sobre los más antiguos (Figura 14.3.1).

Data logger: marca WatchDog, el cual se debe ubicar a la altura de la planta para que tenga mejores lecturas. Este tiene la capacidad de programarle cuatro puertos o entradas para que tome valores de temperatura, humedad, radiación entre otros (Figura 14.3.1). El instrumento se utilizó principalmente para la etapa de plántula y de monitoreo en la cámara de germinación.

Cabe resaltar que ambos incluyen un software nombrado SpecWare 9 Professional el cual le permite al usuario descargar y graficar los datos recolectados. Asimismo, permite programar en qué intervalos de tiempo se quiere que tomen los datos.

Sensor de radiación solar: Este sensor se tiene que colocar lo más estable posible de manera que la burbuja que trae incorporada quede centrada con el fin de tener datos más precisos (Figura 14.3.1). Una vez se logre esto, se conecta a uno de los puertos del data logger para luego descargar los datos.

Estación meteorológica **Data logger** **Sensor de radiación solar**

Figura 14.3.1 Dispositivos para el monitoreo del clima

14.3.2 Humedad del suelo

Tensiómetros: Consta de un tubo lleno de agua, una cápsula de cerámica porosa en un extremo y un manómetro o medidor de vacío en el otro extremo. Son dispositivos diseñados para estimar la presión de succión necesaria para extraer agua del suelo. Esta presión aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad. Un tensiómetro no mide el contenido de humedad del suelo sino que da una idea del esfuerzo que debe realizar la planta. No mide el porcentaje de humedad en la tierra, sino que actúa como una verdadera raíz artificial. La tierra seca extrae líquido del tensiómetro produciendo un vacío parcial en el instrumento que queda reflejado en el vacuómetro. Cuanto más seca la tierra, más alto el valor registrado en el vacuómetro. Al humedecerse la tierra, como consecuencia de un riego, el tensiómetro vuelve a absorber humedad del suelo con lo que se reduce la tensión y el vacuómetro señala un valor inferior hasta llegar a cero, lo que indica que la tierra ha alcanzado otra vez su máxima capacidad de retención de humedad (Mercado & Rico, 2011). Los pasos para su instalación se describen en la Figura 14.3.2.

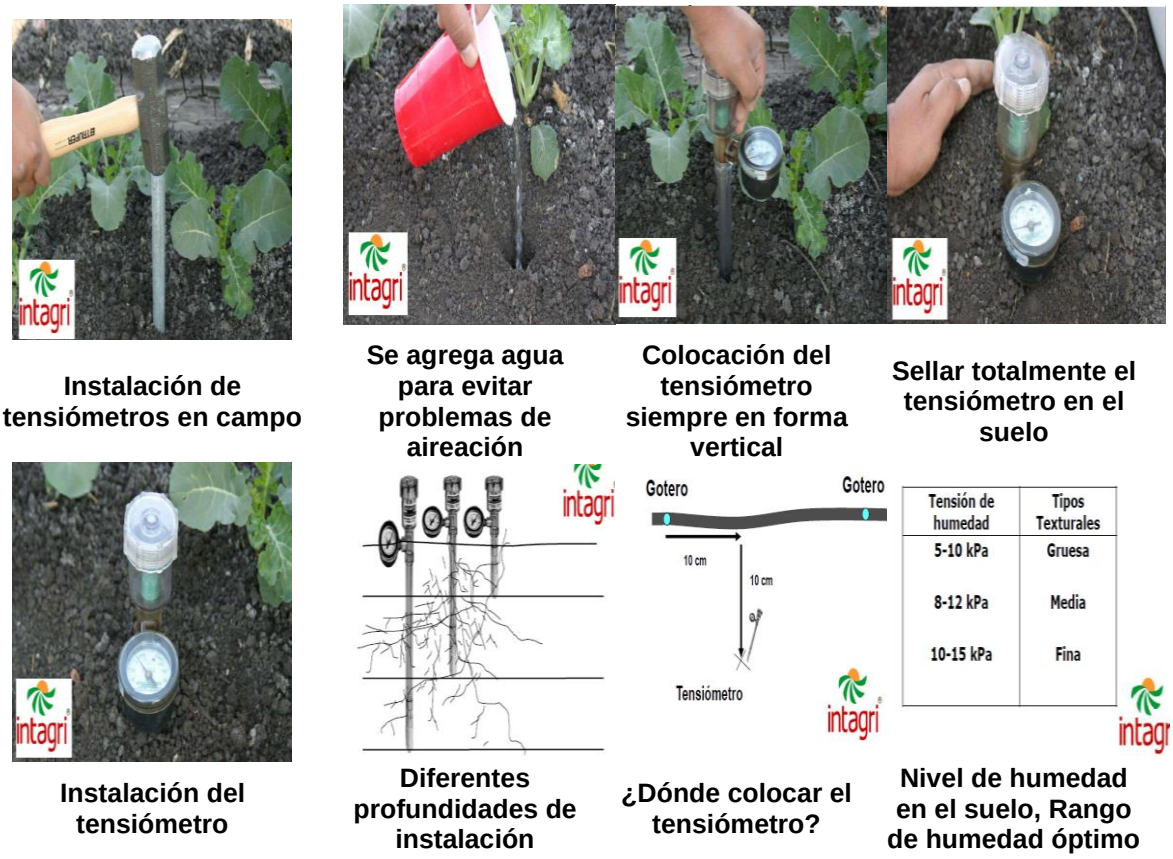


Figura 14.3.2 Pasos para colocar un tensiómetro

Fuente: (Castellanos, 2014).

Interpretación de las lecturas:

- *Lecturas 0 – 10:* Indican un suelo saturado. Pueden ser normales por un período de 24 horas posteriores a un riego. Si perduran, indican un exceso de humedad que puede dar lugar a asfixia de las raíces.
- *Lecturas 10 – 20:* Indican que la humedad está a la disposición de la planta con un esfuerzo mínimo.
- *Lecturas 30 – 60:* En esta gama de lecturas está asegurada una buena oxigenación de las raíces. En zonas cálidas y cuando se trate de regar tierra muy arenosa con poco poder de retención, se recomienda iniciar los riegos con lecturas de 30 a 45.

- *Lecturas de 70 y más:* Indican que la planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento. Puede ser que exista todavía humedad en el suelo, pero a la planta le resulta muy difícil extraerla.

TDR (Time Domain Reflectometry): la técnica de reflectometría en el tiempo es un método que mide la constante dieléctrica del suelo por medio del tiempo de recorrido de un pulso electromagnético que se introduce en el suelo a través de dos varillas de acero inoxidable. El tiempo de recorrido es proporcional a la constante dieléctrica del suelo y únicamente varía con el contenido de agua del mismo. Es un equipo muy preciso que mide directamente la humedad del suelo además de marcar la temperatura del suelo. Sus lecturas e instalación son iguales a las del tensiómetro con la diferencia de que a éste se le debe colocara un tubo de ½" de PVC que encaje en el dispositivo con el fin de que el cable que manda el impulso electromagnético quede protegido de los roedores (Figura 14.3.3). Su único inconveniente es su costo elevado.

Figura 14.3.3 Time Domain Reflectometry (TDR)

14.3.3 Lisímetro (Chupatubo)

Es un instrumento que se usa para medir el movimiento del agua y los compuestos químicos que se filtran en el suelo. Es utilizado para extraer muestras de agua las cuales sirven para conocer el pH y la conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo.

Los lisímetros de succión colectan el agua retenida por el suelo en condiciones de no saturación. Al ejercer un vacío (tensión), el agua contenida en los poros del suelo entra dentro del lisímetro atravesando una membrana porosa y finalmente almacenándose en un depósito exterior. Funcionan mejor en suelos húmedos (menores a 500 kPa) o debajo de la capa freática (en saturación) (Mercado & Rico, 2011).

Procedimiento de instalación del lisímetro:

1. Se realizó una perforación en el suelo lo más cerca de la planta a una profundidad entre 20 y 30 cm de profundidad dependiendo de la planta y de la edad de la misma.
2. Una vez enterrado, se aporca para evitar espacios de aire y con la ayuda de una jeringa de succión se extrae todo el aire al interior del tubo de cristal para facilitar la succión, el manómetro deberá marcar una presión entre 60 y 70 psi para garantizar el vacío (Figura 14.3.4).

Figura 14.3.4 Colocación del lisímetro o chupatubo

3. Al logar dicha presión se presionará el clip adherido al tubín para evitar la pérdida del vacío y sin remover la jeringa como se muestra en la imagen.
3. Luego, con el apoyo de una jeringa se extrae la solución del suelo recolectada en el chupatubo. Se recomienda realizar esta actividad una hora después de introducido el riego.
4. Una vez recolectada la muestra se debe de limpiar el chupatubos para que no tenga solución nutritiva del día anterior ya que lo que se busca es la solución acumulada y reciente para determinar pH, CE, contenido de iones, etc., de la muestra.

14.3.4 C.E (dS/m^{-1}), pH, T°C y TDS

Es un instrumento que por medio de un electrodo permite la obtención de datos de conductividad eléctrica (CE), pH, temperatura (T°C) y hasta del contenido de sales disueltas (TDS) de una solución, tanto del agua como de la solución nutritiva. Este dispositivo puede venir con solo una o varias de las funciones anteriormente mencionadas, de ellos dependerá su costo (Figura 14.3.5). Con este instrumento se podía tener control de la solución nutritiva del tanque de riego, de la que sale por la cintilla de riego y la del suelo una vez obtenida la muestra mediante el chupatubo. Además, de hacer un rápido análisis del agua.

Potenciómetro (pH, CE, T°C y TDS)
Fuente: (Hualix, 2015).

Potenciómetro (pH, CE y T°C)
Fuente: (Coductronic, 2015).

Figura 14.3.5 Potenciómetros

14.3.5 Concentración de iones en extracto celular de peciolo y suelo

Minilab (HI 83225 Grow Master for Nutrient Analyses): Es un laboratorio portátil que trabaja por intensidad de luz, es decir, como fotómetro el cuál utiliza diferentes reactivos para determinar las distintas concentraciones de iones en partes por millón (ppm) (Figura 0.1). Para su uso ir a Instructivo práctico para usar el Minilab.

Cardy: Son dispositivos tipo lápiz o de bolsillo utilizados para medir la concentración total de sales, pH, CE y la concentración de iones en ppm de Na^{+}, K^{+}, NO_3^{-} Ca^{++} del tejido vegetal de la planta (ECP) y del suelo (Figura 0.1). Para su uso ir a Instructivo práctico para usar el cardy.

Minilab

LAQUATWIN Cardy de HORIBA
Fuente: (LABMATE, 2015).

Figura 0.1 Dispositivos para medir concentración de iones

*Procedimiento para la extracción de tejido v**egetal o ECP* (Garza & Molina, 2008):

1. Obtener muestra, al menos cinco hojas por cada 1,000 m^2 de invernadero tomadas al azar y observar que las plantas muestreadas estén completamente sanas.

Fuente: (Garza & Molina, 2008).

2. Se toma una hoja de cada planta, ésta deberá ser la hoja más reciente madura totalmente expandida, normalmente es la cuarta hoja hacia abajo del brote principal.

Fuente: (Garza & Molina, 2008).

3. A las hoja seleccionada se le eliminan los foliolos, solo se deja el pecíolo el cual se corta en segmentos de aproximadamente 3 cm.

4. Se hace la mezcla de los cinco pecíolos y se extrae una pequeña porción, ya sea con algún instrumento que haga presión como un exprimidor, una prensa o presionándolos contra un mortero.

5. Se exprime la muestra con cualquiera de los 3 instrumentos mencionados y se coloca la solución obtenida en un frasco limpio de plástico o vidrio. Se deberá obtener al menos 5 cm^3 de solución.

Ambos dispositivos son utilizados una vez se haya obtenido o el extracto de tejido vegetal a través del peciolo de la planta (procedimiento anteriormente descrito) o el extracto de suelo mediante el chupatubo igualmente descrito.

Por otro lado, el Cuadro 0.2, Cuadro 0.3 y Cuadro 0.4 presentan referencias, las cuales serán de utilidad para la interpretación de las lecturas que arrojen los dispositivos anteriormente descritos para el cultivo de tomate bajo invernadero.

Cuadro 0.1 Niveles de referencia en extracto celular de pecíolo en el cultivo de tomate

DDT	$N\text{-}NO_3$	P	K
		PPM	
15	500 – 800	200 – 400	3000 – 4000
30	500 – 800	200 – 400	3000 – 4000
45	400 – 800	200 – 400	3000 – 4000
Cosecha	400 – 800	180 – 250	3500 – 5000

Fuente: (Camacho, 2006).

Cuadro 0.2 Rangos recomendados de nutrimentos (N, P y K) para extracto de pecíolo

DDT	Nitrógeno (NO_3) ppm	Fósforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
0 – 30	600 – 800	200 – 300	3000 – 4000
30 – 50	500 – 600	400 – 500	3000 – 4000
> 50	400 – 600	400 – 500	4000 – 5000

Fuente: (Garza & Molina, 2008).

Nota: El valor obtenido en el cardy de nitratos deberá multiplicarse por 0.226 para obtener el valor de nitrógeno en forma de nitratos ($N\text{-}NO_3$).

Cuadro 0.3 Rangos de los principales nutrimentos para extracto de suelo (ppm)

Variable	Nivel Bajo	Nivel Intermedio	Nivel Alto
Sales Solubles (CE dS/m)	0 – 1	1 – 2	> 3
$N\text{-}NO_3$	0 – 50	50 – 200	> 200
Fósforo	0 – 3	5 – 10	> 10
Potasio	0 – 100	100 – 200	> 250

CE = Conductividad eléctrica y $N\text{-}NO_3$ = nitrógeno en forma de nitrato.

Fuente: (Garza & Molina, 2008).

Cuadro 0.4 Límites de los nutrimentos mediante el método de extracto de suelo (meq/L)

Variable	Nivel Bajo	Nivel Intermedio	Nivel Alto
Sales Solubles (CE dS/m)	0.5	3	> 5
RAS	1	3	7
$N\text{-}NO_3$	2	5	12
Fósforo – PO_4	5	2	5
Potasio	5	2	4
Calcio	1	5	15
Magnesio	1	3	8
Sodio	2	5	10
Cloro	1	2	8
Sulfatos – SO_4	1	4	10
Carbonatos – HCO_3	0.5	2	8

Fuente: (Garza & Molina, 2008).

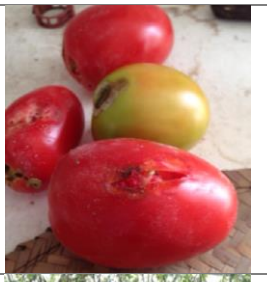
15. PLAGAS Y ENFERMEDADES PRESENTADAS EN EL INVERNADERO

15.1 Manejo de plagas y enfermedades durante el ciclo de producción

El control de plagas y enfermedades se manejó de forma preventiva con productos biológicos (microorganismos entomopatógenos) y correctiva con la utilización de productos químicos debido a los antecedentes que se han presentado en el invernadero de 5,600 m^2 del campus Amazcala, con la presencia de *Fusarium* y *Rhizoctonia solani* en el suelo. Debido a que se tuvieron colmenas, se tuvo en cuenta productos, sobre todo insecticidas compatibles con los abejorros. Las aplicaciones se hicieron foliares a presión con mochilas de espalda y con termo nebulizadora o a través del sistema riego. El manejo de éstas se describe en el Cuadro 15.1.1.

Cuadro 15.1.1 Manejo de plagas y enfermedades en el invernadero

Plaga/Enfermedad/Virus	Órgano afectado/Daño	Tratamiento	Imagen
Fusarium *(Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici)* (Hongo) ***Rhizoctonia solani* o Damping off (Hongo)** **Mildiu *(Phytophthora infestans)* (Hongo)**	Raíz y fruto Raíz Raíz	Control químico: Mancozeb y Captan, y Iprodiona (Hongo en fruto del *Fusarium*) Control biológico: Hongos entomopatógenos como trichoderma harzianum y propamocarb	
Cenicilla *(Leveillula taurica)* (Hongo)	Hojas	Control químico: Hidróxido cúprico Control biológico: *Bacillus subtilis* (fungicida)	

***Paratrioza cockerelli* o Psyllido (Micoplasma/Fitoplasma)**	Planta	Control físico: Trampeo masivo (plásticos amarillo y rojo) Control químico: bifentrina, imidacloprid y deltametrina	
Mosca blanca (*Bemisia tabaci –Trialeurodes vaporariorum*): Transmisora del TYLCV (virus del rizado amarillo del tomate o "virus de la cuchara"). También es transmisora del ToCV (Virus de la clorosis del Tomate) y del TIR (fisiopatía conocida como madurez irregular del tomate). Creadora del hongo fumagina *(Cladosporium* spp., *Capnodium* sp., *Penicillium* sp.*)*	Planta	Control físico: Trampeo masivo (plásticos amarillo y rojo) Control químico: bifentrina, imidacloprid, engeo, deltametrina y cal micronizada (etapa huevos)	
Gusano	Hoja y fruto	Control biológico: Xentari *(Bacillus thuringiensis)* como plaguicida	
Virus	Planta	Control cultural: sacado y aislamiento de planta	
Ratas	Cintilla de riego	Cintilla de riego	

Asimismo, para tener un buen manejo integrado de plagas y enfermedades se recomienda tener un programa de aplicaciones con un enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para cada una de las etapas fenológicas correspondientes al cultivo, en los tiempos planeados siguiendo una metodología que incluya una serie de técnicas y precauciones para la realización de dichas actividades (Cuadro 0). Aunado a lo anterior y bajo una responsabilidad ante el consumidor y que sea amigable con el medio ambiente, se deberá tener en cuenta ciertos criterios para el uso de plaguicidas (Cuadro 1.1). Por último, como guía en los Cuadros 1.1 y 1.1 se listaron algunos de los productos que sirven para combatir algunas de las principales plagas y enfermedades del cultivo de tomate.

16. MANEJO DE COSECHA

16.1 Clasificación de la cosecha

La cosecha se realizó una o dos veces por semana dependiendo de qué tan cargada estuviera la planta a partir de los 80 ddt desde mediados de Julio hasta mediados de Octubre. Los frutos se seleccionaron y clasificaron en primera, segunda y tercera calidad según su tamaño y estado de madurez y por último la merma o rezaga no apta para la venta como se puede observar en la Figura 16.1.1. Éstos fueron vendidos en canastillas de 30 kg descontando los 2 kg del peso de las canastillas a los diferentes canales de distribución o bien sea directo al consumidor a través de los espacios dispuestos por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Clasificación de los frutos

Merma o rezaga

Figura 16.1.1 Clasificación por calidad

16.2 Clasificación por tamaño

Cuadro 16.2.1 Clasificación del fruto por tamaño

Tamaño	Tipo redondo	Tipo Saladette
Grandes	*mayor de 7.5 cm	*mayor de 4.5 cm
Medianos	*6 a 7.5 cm	*3.5 a 4.5 cm
Chicos	*4 a 6 cm	2.5 a 3.5 cm

*Diámetro del eje transversal

Fuente: (SENASA, 2010).

16.3 Clasificación por estado de maduración

El identificar los diferentes estados o índices de madurez del fruto es de vital importancia, ya que esta es la clave para cosechar un producto con características deseables para el mercado. En esta labor se distinguen dos tipos de madurez:

Madurez fisiológica: Es la etapa en la que el fruto alcanza su máximo crecimiento. Se caracteriza por tener una estrella blanca alrededor de la cicatriz en la extremidad floral. En esta fase el fruto puede ser cosechado, ya que, por ser del tipo "climatérico" llega posteriormente a su madurez comercial en almacén (Mercado & Rico, 2011).

Madurez comercial: Es aquella que cumple con las condiciones que requiere el mercado. Con base en la norma mexicana (NMX-FF-031-1997, 1997) la coloración que presente la epidermis del tomate indica su etapa de maduración y por consiguiente su clasificación es:

- *Verde:* Significa que la piel del tomate está completamente verde. El color verde puede variar de verde claro a oscuro.
- *Quebrando verde – rosa:* Significa que hay una interrupción distinta en el color de verde hasta amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la piel.
- *Rayado:* Significa que entre el 10% y el 30% de la superficie del tomate muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, una mezcla de éstos.
- *Rosa:* Significa que entre el 30% y el 60% de la superficie del tomate, muestra un color rosado o rojo.
- *Rojo claro:* Significa que entre el 60% y el 90% de la superficie tiene color rosado/rojo o rojo.
- *Rojo:* Significa que más del 90% de la superficie del tomate muestra color rojo.

16.4 Proceso de recolección de frutos

Se realizó de forma manual. Es importante llevar a cabo dicha actividad con precaución; una vez se alcanzó la madurez deseada se desprendió el fruto girándolo paulatinamente de manera que el pedúnculo quedara en el racimo, es decir, desprender sólo el fruto. Los recipientes que se utilicen como cubetas (en este caso) deberán ser ligeros, no cargar más de 15 kilos para evitar fatiga en el trabajador.

Materiales: Carretillas, balanza analítica marca Precisa, modelo XB de 220 A, escala 0.01 g a 220 g con precisión de 0.0001 g, cajas de cosecha de 30 kg.

Descripción del procedimiento (Figura 16.4.1):

- Los días de cosecha se recolectan los frutos tanto rayados como maduros (rojos) ya que se tienen distintos compradores con determinados requerimientos.
- El empleado recorre cada surco recolectando los frutos y depositándolos en una cubeta, una vez llena al final del pasillo central se encontraban canastillas donde depositaba el producto para no perder, de manera que el empleado se centre en su trabajo sin tener que salir del invernadero.
- Al tener cuatro canastillas completas, éstas se apilan de dos en dos en carretillas especiales diseñadas para las dimensiones de las canastillas, las cuales eran llevadas a la zona de clasificación, diferente al invernadero.
- En la zona de clasificación y selección se colocó una mesa larga cubriendo sus perímetros con PTR de manera que los frutos provenientes de las canastillas se depositaran ahí y no se rodaran. Por otro lado, atrás de dicha mesa se colocaron dos bases a cada lado y encima dos PTR a la distancia del tamaño de la canastilla para colocar las canastillas con el producto seleccionado y clasificado.
- Instalada la zona de selección y clasificación, el procedimiento a seguir era el siguiente: en las bases con PTR se colocaban de a dos canastillas separadas por tipo de clasificación (1ra, 2da y 3ra) para evitar confusiones. Así,

las personas que iban seleccionando el producto de las mesas (con el producto regado), lo seleccionaban y luego lo depositaban en su respectiva canastilla. También, debajo de la mesa tenían otra canastilla para colocar la merma, es decir, el producto inservible.

- Teniendo canastillas clasificadas, otra persona procedía a pesar cada canastilla verificando que su peso fuera 30 kg. Luego, se iban apilando cada una con cuidado de no pisar los frutos y separándolas en grupos de acuerdo al color (rojo o rayado) y de su calidad (1ra, 2da o 3ra).
- Por último, se registraba y se contabilizaba tanto los kilos cosechados del día como el número de cajas entregadas al cliente, con el fin de llevar un control del producto entregado (primera, segunda y tercera, rojo y rayado) como de la merma. Ver figura Proceso de selección, clasificación, peso de canastilla y despacho.

Figura 16.4.1 Procedimiento de selección, clasificación, peso de canastilla y despacho

Según la (Dirección general de Investigación y Extensión Agrícola, 1991) para el consumo fresco o de mercado local, los tomates se cosechan cuando están pintones. Si se deben transportar a largas distancias, se cosechan cuando todavía están verdes pero ya han alcanzado la madurez fisiológica. El tomate para industria se cosecha cuando los frutos están bien maduros, aproximadamente a los tres meses después de la siembra. Los frutos no maduros se pueden almacenar por una a tres semanas a temperaturas entre 12 y 14ºC y con una humedad relativa entre

85 y 90%. Los frutos maduros se almacenan por un período de cuatro a siete días a temperaturas de 7 a 10ºC y con una humedad relativa entre 90 a 98%.

16.5 Recomendaciones generales de manejo poscosecha

Esta hortaliza es muy perecedera. Una vez cosechado continúa su madurez, con mayor rapidez a medida que aumenta la temperatura (SENASA, 2010).

- El acondicionamiento de los frutos debería considerar las siguientes etapas: Limpieza, Clasificación por Tamaño, Calidad y Color (operaciones que pueden se manuales o mecanizadas) y Envasado (manual). El manipuleo en forma cuidadosa, evita daños mecánicos y contaminaciones cruzadas lo que es fundamental para lograr un producto de calidad.
- El fruto genera etileno, por lo que se recomienda ventilar frecuentemente al día la cámara frigorífica. La misma deberá estar limpia y desinfectada usando productos adecuados.

17. PROTOCOLO DE REGISTROS Y CONTROL

A través de bitácoras establecidas, se fue registrando y consolidando toda la información a lo largo del cultivo con el fin de llevar un control y una programación sobre todas las actividades y sucesos que pasaran durante el ciclo de cultivo. Estas herramientas ayudaron a la toma de decisiones así como también a detectar problemas para luego hacer las correcciones o cambios pertinentes. Además, de hacer una evaluación de todo el ciclo productivo.

17.1 Entre los formatos o bitácoras se encuentran los siguientes (Ver Listado de bitácoras para el manejo de un ciclo de cultivo de tomate):

- Bitácora de reporte de cosecha.
- Bitácora de reporte de cajas de cosecha.
- Bitácora de control de tiempos extras, permisos y vacaciones del personal.
- Bitácora de control de actividades y de mano de obra.
- Bitácora de monitoreo de humedad del suelo.
- Bitácora de morfología de la planta y tamaño del fruto.
- Bitácora de riegos.
- Bitácora de monitoreo de plagas y enfermedades y sanidad.
- Bitácora de monitoreo del clima al interior del invernadero (Temperatura, Humedad Relativa, Radiación y CO_2).
- Bitácora de monitoreo de solución nutritiva.
- Bitácora de solución de suelo y extracción celular de peciolo (ECP).
- Bitácora de polinización.

Adicional a los formatos mencionados se manejaron otros que ayudaron a cuantificar y calcular el gasto que hubo durante el ciclo de los servicios (agua y energía) los cuales se atribuyeron al costo total del ciclo reflejado en la corrida financiera (Ver anexos 1.1, 1.1 y 23.11):

- Formato de gastos de agua para invernadero.
- Formato para gasto de energía de bombas de 3 HP y 5 HP.
- Formato para gasto de energía de extractores y ventiladores.

18. CORRIDA FINANCIERA DEL CICLO DE CULTIVO DE TOMATE

Al final del ciclo se hizo un estudio financiero donde se tomaron en cuenta puntos como lo son: la inversión, los diferentes presupuestos tanto de ingresos como de egresos, costos de operación y estado de resultados. Todo esto, se plasmó en Excel.

- El primer paso fue hacer un formato adecuado a los requerimientos y demandas de un invernadero mes a mes desde el inicio hasta el final del ciclo de tomate para obtener el listado de los valores de cada uno de los ítems utilizados en el ciclo de cultivo según sus categorías:

CONCEPTO	**Real**
GASTOS INDIRECTOS	
Maquila plántula	$
Honorarios	$
Análisis de suelo y sanidad	$
Materiales diversos	$
Tijeras para poda 6"	$
Asesoría Ing. Adán Mercado	$
Mano de obra Mtto	$
Acolchado	$
Anillos de tutoreo	$
Rafia	$
Abejorros	$
Mano de obra Barbecho	$
Fibra de coco	$
Peat Moss	$
INVERSION FIJA DE MATERIALES Y EQUIPO	$
Sistema de riego	$
Equipo de automatización	$
Malla antiáfido	$

Alambre zigzag	$
Ground Cover	$
Plástico Difuso	$
Ptr	$
Trabajos de habilitación e instalación de material para la rehabilitación de cortinas enrollables	$
COSTO POR DEPRECIACIÓN DE LA INVERSIÓN	$
Depreciación Invernadero	$
Depreciación Sistema de riego	$
Depreciación Equipo de Automatización(10 años)	$
Depreciación Malla Antiácido(3 años)	$
Depreciación Alambre Zigzag(3 años)	$
Depreciación Gran Cover(3 años)	$
Depreciación Cortinas Enrollables(10 años)	$
Depreciación Electroválvulas(5 años)	$
Depreciación Tinacos(5 años)	$
Depreciación Bomba de Riego(5 años)	$
Depreciación Equipo Automático Ventilación x Temp(10 años)	$
Depreciación Ventiladores(10 años)	$
Depreciación Extractores(10 años)	$
Depreciación Control Ventiladores(10 años)	$
Depreciación Estación Climatológica(5 años)	$
MANO DE OBRA LABORES CULTURALES	$
INSUMOS	$
Semilla	$
Agua	$
Fertilizantes	$
Consumo de energía	$
SANIDAD DE INVERNADEROS	$
Agroquímicos	$
Equipo de fumigación	$
Depreciación Termo nebulizador y Tubo nebulizador(8 años)	$
Mano de Obra	$
Plástico para trampas y tapetes de entrada y grapas	$
Diversos	$
Total	**$**

- Una vez listado todos los elementos se listaron en un formato de costos en donde se determinó el costo del ciclo y el costo por kilogramo producido. Para este último, se tuvo que tener el dato de los kilogramos producidos durante todo el ciclo.

CONCEPTO	TOTAL
	IMPORTE
GASTOS INDIRECTOS	$38,824.10
INVERSION FIJA DE MATERIALES Y EQUIPO	$34,134.65
COSTO POR DEPRECIACION DE LA INVERSION	$150,831.63
INVERSION NO FIJA	$11,905.30
MANO DE OBRA	$137,938.01
INSUMOS	$59,614.28
SUB TOTAL	**$433,247.97**
SANIDAD DE INVERNADEROS	
GASTOS INDIRECTOS	$0.00
INVERSION FIJA DE MATERIALES Y EQUIPO	$0.00
COSTO POR DEPRECIACION DE LA INVERSION	$0.00
INVERSION NO FIJA	$0.00
MANO DE OBRA	$791.42
INSUMOS	$20,988.53
SUB TOTAL	**$21,779.95**
GRAN TOTAL	**$455,027.92**

	TOTAL	$455,027.92
	MENOS INVERSION FIJA	$34,134.65
	MENOS DEP. EQUIP SIN UTILIZAR	$852.64
	COSTO	**$420,040.63**
	KILOGRAMOS PRODUCIDOS	**46,640.000**
C/ESCENARIO REAL	**COSTO X KG**	**$ 9.01**

- Con el anterior formato de costos y junto al total de ventas se realizó el estado de resultados. Cabe resaltar que a pesar de que el ciclo fue en un invernadero de 5,600 m^2 el estudio se hizo en 4,664 m^2 ya que en los otros 936 m^2 se tenía otra variedad. No obstante, la repartición de los costos se hicieron proporcionales al área.

VENTAS :			
JITOMATE SALADETTE		$ 235,007.18	
CUENTA POR COBRAR		$ -	
TOTAL VENTAS		**$ 235,007.18**	
EGRESOS :			
INSUMOS :			
INVERNADERO 5600 M^2		$ 59,614.28	25.37%
SANIDAD		$ 20,988.53	8.93%
TOTAL INSUMOS		**$ 80,602.81**	34.30%
NOMINA :			
INVERNADERO 5600 M^2		$ 137,938.01	58.70%
SANIDAD		$ 791.42	0.34%
TOTAL NOMINA		**$ 138,729.43**	59.03%
GASTOS :			
INVERNADERO 5600 M^2			
GASTOS INDIRECTOS	INVERNADERO 5600 M^2	$ 38,824.10	16.52%
GASTOS INDIRECTOS	SANIDAD	$ -	
INVERSION NO FIJA	INVERNADERO 5600 M^2	$ 11,905.30	5.07%
INVERSION NO FIJA	SANIDAD	$ -	
DEPRECIACION	INVERNADERO 5600 M^2	$ 149,978.99	63.82%
DEPRECIACION	SANIDAD	$ -	
TOTAL GASTOS		**$ 200,708.39**	85.41%
TOTAL GASTOS		**$ 420,040.63**	178.74%
UTILIDA O (PÉRDIDA)		**-185,033.45**	

- En la anterior tabla se puede observar los porcentajes que cada concepto representó en el cultivo, resaltando la depreciación y la nómina como las más altas respectivamente y la utilidad o pérdida como resultó ser en este caso.
- La pérdida se dio principalmente debido a la presencia de virus por vectores chupadores, transmisores de virus como Mosca blanca y *Paratrioza*. Al levantarse gran parte de la cubierta del invernadero por los fuertes vientos y el no haber puesto el plástico a tiempo dio pie al ingreso de dichos vectores. Como consecuencia, se afectó tanto la calidad del fruto como la vida útil de la planta lo que generó un ciclo productivo corto.

18.1.1 Análisis económico del ciclo de cultivo

Una vez obtenido el estado de resultados se hizo una evaluación económica general en donde mediante fórmulas se determinaron los siguientes indicadores:

Punto de equilibrio económico (PEE): Se denomina al volumen de ventas que produce utilidad igual a cero o el mínimo nivel de ventas para recuperar los costos. Es un método de análisis que es obtenido por medio de una serie de "Fórmulas Matemáticas", que van relacionadas una con otra (Salazar, 2014).

$$\text{PEE} = \frac{\text{COSTOS FIJOS}}{1 - \frac{\text{COSTOS VARIABLES}}{\text{VENTAS}}}$$

Dónde:

- Costos fijos: $149,978.99
- Costos variables: $270,061.64
- ganancia. Ventas: $235,007.18
- PEE: -1,005.468

Esto indica que el nivel de ventas no cubre ni los costos fijos ni variables por lo que da un valor negativo.

Rentabilidad: La rentabilidad es la capacidad que tiene algo para generar suficiente utilidad o una definición más precisa de la rentabilidad es la de un índice que mide la relación entre la utilidad o la ganancia obtenida, y la inversión o los recursos que se utilizaron para obtenerla (Elías, 2014).

$$\text{Rentabilidad} = \left(\frac{\text{UTILIDAD O GANANCIA}}{\text{INVERSIÓN}}\right) * 100$$

Dónde:

- Utilidad (o pérdida): -$185,033.45
- Inversión: $34,134.65
- Rentabilidad: -542,07

Debido a que no hubo utilidad sino pérdida, la relación es negativa por lo que no es rentable.

Relación beneficio/costo (B/C): El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad. Es también conocido como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto. Según el análisis costo-beneficio, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que uno y no rentable, menor que uno (AulaFacil, 2014).

$$\mathrm{B/C} = \frac{\mathrm{VAI}}{\mathrm{VAC}}$$

Dónde:

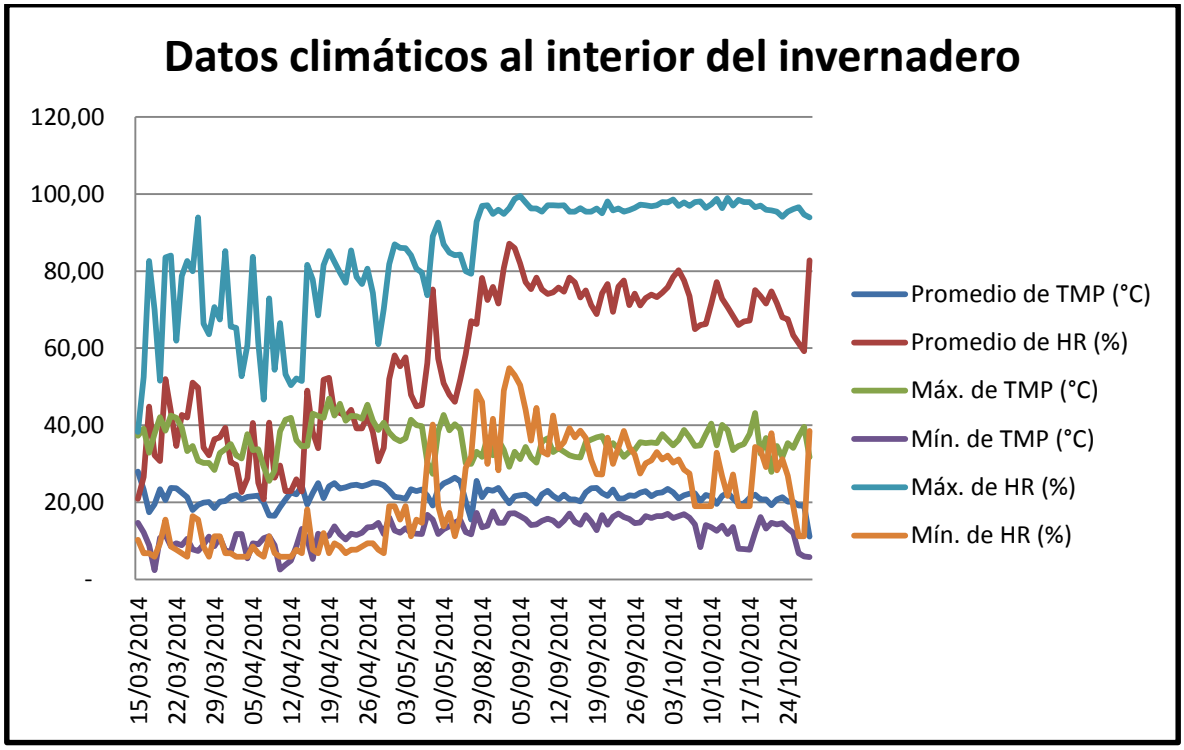
- VAI o ingresos: $235,007.18
- VAC o egresos: $420,040.63
- B/C: 0.56

Debido a que la relación beneficio costo resultó menor que uno se concluye que el proyecto no es rentable.

19. RESULTADOS

19.1 Datos climáticos al interior del invernadero en el ciclo productivo

Por lo que se puede observar en la tabla el promedio tanto de temperatura como de humedad relativa estuvieron en un rango favorable. Sin embargo, si detallamos los valores mínimos y máximos que se presentaron durante el ciclo se ve que sobre pasan y por mucho los rangos tolerables lo cual generaba un estrés bastante grande al cultivo.



Promedio de T°C	Promedio de HR (%)	Máx. de TMP (°C)	Mín. de T°C	Máx. de HR (%)	Mín. de HR (%)
21.75	57.03	46.90	2.40	99.50	5.90

19.2 Datos de la actividad de raleo de frutos

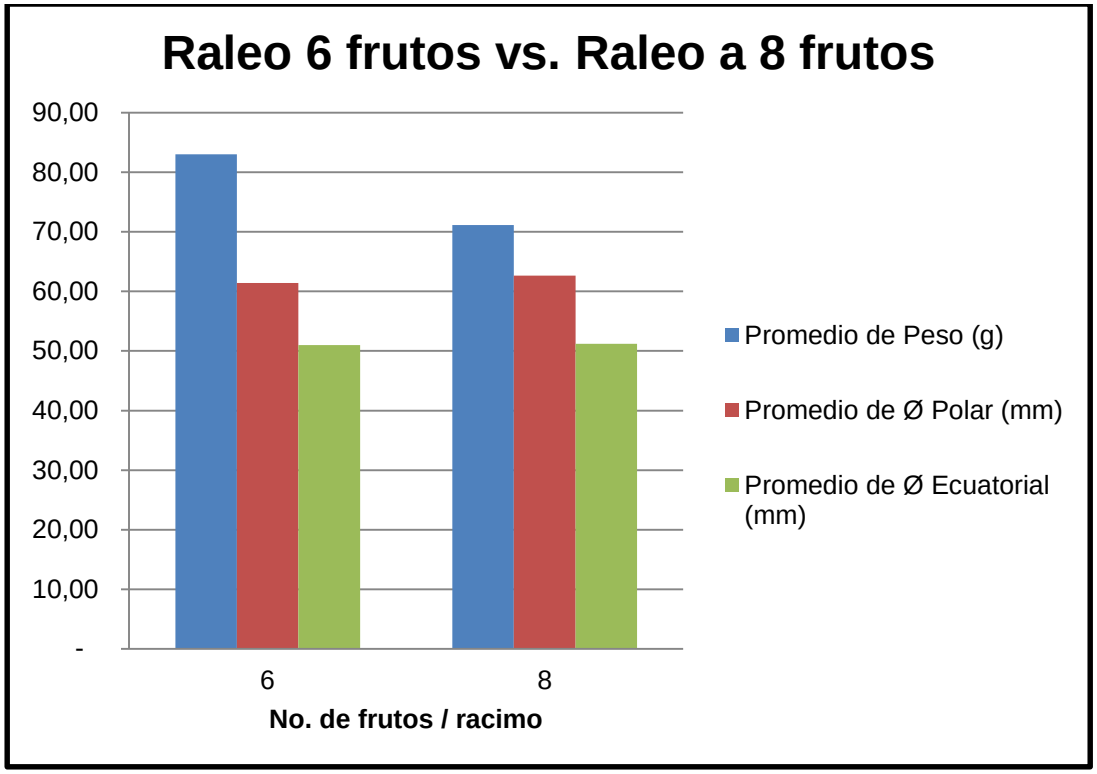
Se midió con el fin de valorar la importancia de esta actividad y su efecto en la producción. Se trabajó sobre séptimo racimo en donde se tomaron 40 plantas de muestra en total al azar, 20 plantas que se ralearon a seis frutos por racimo y otras 20 plantas como testigo las cuales se medían al llegar a los ocho frutos por racimo. El raleo se realizó cuando éstas presentaban tamaño canica (fruto amarrado), luego en época de cosecha se tomaban los frutos de las plantas marcadas sacando un promedio del peso del fruto y del diámetro tanto polar como ecuatorial.

Los materiales utilizados fueron un vernier marca Mutitoyo Absolute escala 0 a 220 mm con resolución 0.001 mm y una balanza analítica marca Precisa, modelo XB 220 A escala 0.01 g a 220 g con precisión de 0.0001 g.

La decisión de hacer dicha actividad entre el séptimo y octavo fue porque es cuando la planta expresa su máximo potencial y mejor balance entre cantidad y calidad del fruto. Es decir que, a partir del octavo racimo hacia abajo resultan frutos de mayor calidad, pero menor cantidad, mientras que, del octavo racimo hacia arriba resultan mayor cantidad de frutos, pero de menor calidad (Mercado & Rico, 2011).

El raleo implica que se va a tener un mayor vigor ya que se le quita carga a la planta evitando el desgaste de energía sino más bien concentrando la energía en menos frutos de mayor peso y uniformes. Como consecuencia, lo que se busca es balancear la planta que la calidad sea igual a la cantidad. Así, el hecho de dejar ocho frutos o más la planta va perdiendo productividad puesto que requiere mucha más energía, lo que causa un desgaste de la misma y por ende un aceleramiento de la edad fisiológica.

En el siguiente gráfico se presenta tres variables: promedio de peso por fruto en gramos (barra azul), promedio de diámetro polar en milímetros (barra roja) y promedio del diámetro ecuatorial también en milímetros (barra verde). Dichas variables se evaluaron en racimos con seis y ocho frutos con el fin de saber si el raleo como labor cultural es factible o no.



N° de fruto/racimo	Peso (g)	Ø Polar (mm)	Ø Ecuatorial (mm)
6	83,03	61,41	50,99
8	71,14	62,64	51,19

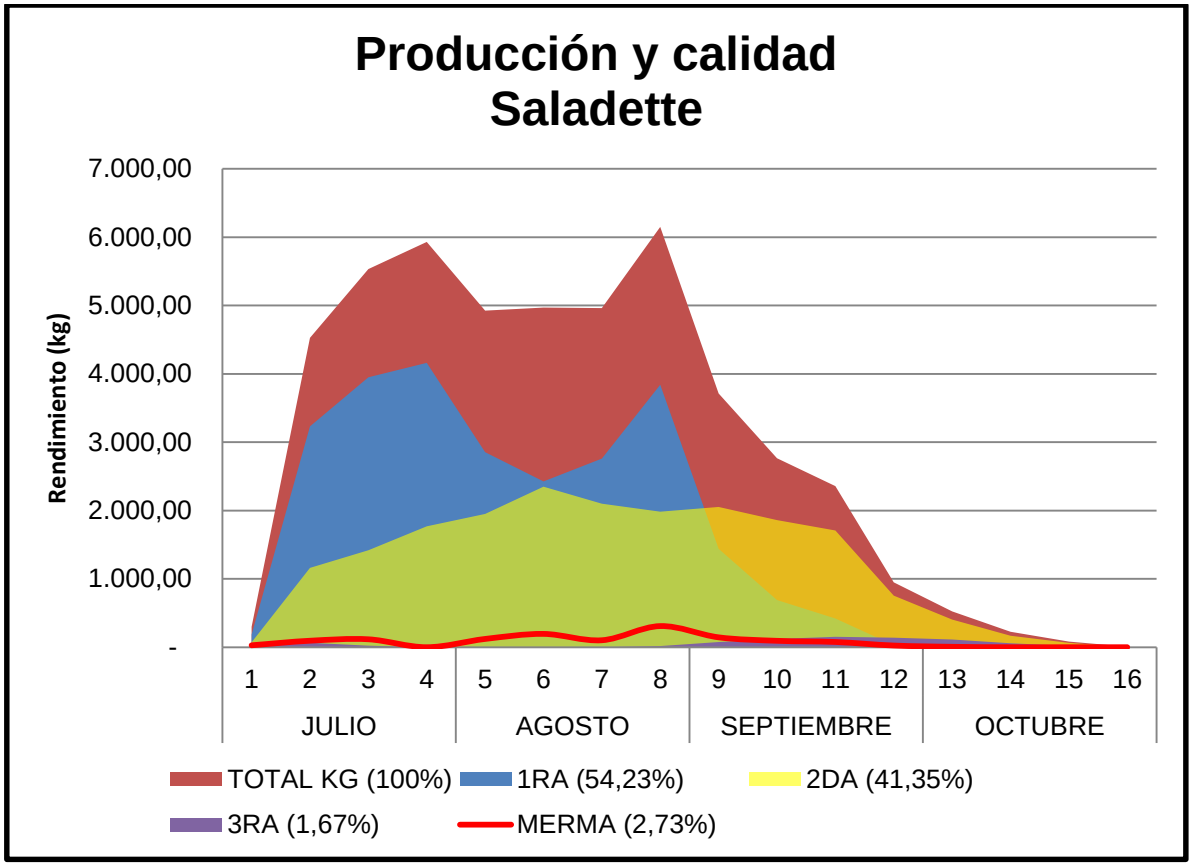
Según los datos recolectados, se concluye que el raleo de frutos sí ayuda a la calidad de los frutos como se ve en la tabla ya que a pesar de no mostrar diferencias significativas del diámetro polar y ecuatorial, sí las hubo en cuanto al peso. Además, ya que el producto se vende por kilogramo, esto hace del peso la variable principal.

19.3 Datos del ciclo de producción

19.3.1 Datos de cosecha

- Área del invernadero considerada: 4,664 m^2
- Kg cosechados: 47,919.60
- Kg de merma: 1,312.70
- Kg netos: 46,606.90
- Precio promedio/kilo reportado: $4.72
- Rendimiento: 10.27 kg/m^2

El siguiente gráfico representa los kilogramos cosechados durante el ciclo productivo de Julio a Octubre en donde el área bajo la curva de color rojo representa el total de kilogramos y las demás van representando las diferentes calidades obtenidas.



19.3.2 Análisis del punto de equilibrio económico

El siguiente gráfico representa un escenario ideal en donde se pronostica lo que hubiera pasado si la producción no hubiera sido afectada por el virus, contando con el historial de ingreso que se tenía hasta la semana 8 ($171,468.62), tiempo en donde se tenía una producción constante de 5,840.20 kg.

A partir de la semana 8 tanto la cantidad como la calidad bajó a 3,568.20 kg a causa del virus lo que aceleró la edad fisiológica de la planta hasta cerrar ciclo en la semana 16.

Con el supuesto de que si no hubiera dado el virus y teniendo un producción de 5,840.20 kg por semana el punto de equilibrio se hubiera alcanzado en la semana 12 con el ritmo que se traía y sin contar la amortización del invernadero. Lo anterior para el supuesto de si el proyecto fuera antiguo y el invernadero no se tuviera que pagar ($270,983.46).

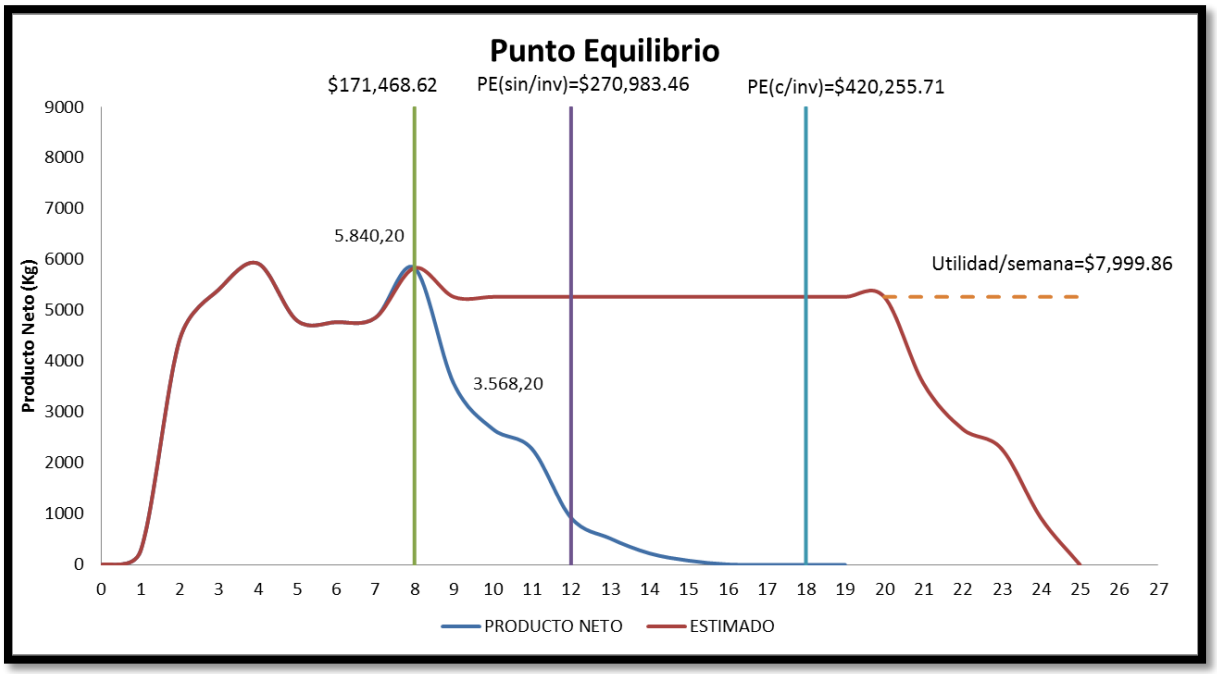
Por el contrario, si el proyecto fuera nuevo y el invernadero se tuviera que ir amortizando el punto de equilibrio se lograría hasta la semana 18 donde se lograría cubrir tanto los costos fijos como los variables adquiridos hasta la fecha ($420,255.71).

Por último, una vez logrado el punto de equilibrio en la semana 18 (para este caso), las siguientes semanas se tendría una utilidad por semana de $7,999.86 que se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$(Precio\ por\ kilo * kg\ producidos * semana) - Costo * semana$$

Dónde:

- Precio*kilo: $4.72
- Kg producidos por semana antes del virus: 5,840.20
- Costo*semana: Costo hasta la semana 16 (Egreso hasta la semana 16 menos la depreciación) / 16 semanas = $270,061.64/16 = $16.878,85


Punto Equilibrio
$171,468.62
PE(sin/inv)=$270,983.46
PE(c/inv)=$420,255.71
5.840,20
3.568,20
Utilidad/semana=$7,999.86
Producto Neto (Kg)
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0 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
PRODUCTO NETO
ESTIMADO

20. CONCLUSIONES

Para tener mayor probabilidad de éxito en el cultivo de tomate, es necesario tomar en cuenta y dar seguimiento paso a paso a los aspectos plasmados en este manual, teórico-práctico, desde la planeación de mercado y ciclo de cultivo de acuerdo a la región donde se vaya a establecer el proyecto, la elección de la variedad a cultivar y materiales de trabajo, condiciones ambientales, prácticas de manejo tales como: fechas de plantación, programas tanto de sanidad como de nutrición y riego, podas, capacitación del recurso humano, estados de madurez del fruto de acuerdo a las especificaciones del cliente para definir las estrategias de poscosecha y los parámetros de calidad del producto. Además, de incluir los procedimientos claves en cada una de las etapas fenológicas del cultivo.

Con este manual se pretende fortalecer el conocimiento del público interesado en este cultivo, mediante la documentación ilustrada y plasmada en este trabajo acerca del cultivo de tomate bajo invernadero desde el punto de vista de producción de alimentos y como oportunidad de negocio.

21. RECOMENDACIONES

Estas son algunas de las recomendaciones para las personas o entidades que deseen optar por el negocio de hortícola bajo invernadero:

- Ubicar los invernaderos en un clima menos extremoso que permita reducir el costo del control climático, sin perder el acceso a proveedores de insumos, mano de obra y mercados.
- Disponibilidad para aportar hasta el 50% de las inversiones en infraestructura y capital de trabajo.

Otras recomendaciones para iniciar un nuevo ciclo de cultivo y tener mayores probabilidades son las siguientes:

- Estudio mercado antes de establecer un proyecto de hortalizas.
- La planeación de los recursos debe ser imperativa y minuciosamente calculada para que durante el ciclo no haya déficit de materiales, insumos, etc.
- Cada actividad debe tener un protocolo (cómo hacerlo, con qué y cuándo).
- Si una actividad C depende de A y B, si A no está completada C no se podrá llevar a cabo. Por ejemplo, los tiempos de siembra y de adecuación del invernadero deben coincidir para que el trasplante sea en tiempo.
- La estructura y el sistema de riego deben dejarse en condiciones óptimas antes del inicio del siguiente ciclo. Se evitan problemas como roturas de plástico, goteras en las canaletas, rotura del alambre de tutorado y desuniformidad en el riego.
- El agua de las canaletas debe ser almacenada o conducida a un tanque de recolección para evitar problemas de inundaciones.
- Debe haber rotación de cultivo (diferente familia) para minimizar el incremento de plagas y enfermedades del suelo.
- La sanidad se debe manejar preventiva y no correctiva.

- Debe hacerse mejoramiento de suelo y desinfección a los suelos que ya llevan muchos ciclos ya sea por biosolarización, biofumigación, etc.
- El ancho de pasillos debe ser mínimo de 1,3 m sobre todo para variedades frondosas. Facilita la cosecha y evita los microclimas.
- Buscar alternativas de valor agregado. Por ejemplo, una marca.

"El control de los factores de mercado, recurso humano, planeación, clima, nutrición, labores culturales, sanidad y valor agregado serán clave para el éxito de un ciclo de cultivo de tomate bajo invernadero".

22. GLOSARIO

- **ºC:** Medida de la temperatura en grados centígrados.
- **Abiótico:** Es aquello que no es biótico, es decir, que no forma parte o no es producto de los seres vivos, como los factores inerte: climático, geológico o geográfico, presentes en el medio ambiente y que afectan a los ecosistemas.
- **Adventicia:** Que se desarrolla de forma extraña o fuera de su lugar habitual.
- **Análisis foliares:** Determinación de la cantidad de nutrientes que se encuentran en un tejido vegetal.
- **Ápice:** Designa el extremo superior o punta de la hoja que determina el crecimiento de la planta. El adjetivo *apical* se puede aplicar a flores y frutos con el significado del más distal.
- **Barbechar:** Antes de volver a cultivar, cuando, generalmente, se hace limpieza de ésta quitándole las malas hierbas, espinos, y malezas; entonces se dice que se "barbechea", es decir, se labra disponiéndola para que la parcela esté lista para la siembra.
- **Baya:** Fruto carnoso o pulposo con varias semillas en su interior que están envueltas directamente por la pulpa; suele tener forma redondeada o elipsoidal.
- **Biosolarización:** Combina la solarización con la biofumigación y consiste en preparar la tierra de cultivo y cubrirla con una capa de estiércol, seguido de un riego de corta duración para cubrir por último con un plástico de polietileno. Durante el proceso la temperatura del suelo alcanza niveles elevados que son letales para muchos hongos, bacterias, nematodos, insectos y malas hierbas, reduciendo la capacidad parasitaria hasta eliminar la enfermedad. Además provoca modificaciones en las características físicas, químicas y biológicas del suelo y mejora el crecimiento y la producción de las plantas cultivadas.
- **Brotes axilares:** Crecimiento de un brote vegetativo que aparece en la axilar; entre el taño y la hoja.

- **Característica genética:** Expresión de una cualidad que presenta un individuo con respecto a otro de una misma especie.
- **Cavidades:** Orificios de las charolas en donde se siembran las semillas.
- **Cepa:** Parte del tronco de cualquier árbol o planta, que está dentro de tierra y unida a las raíces.
- **Cepellón:** Masa de tierra que se deja pegada a las raíces de las plantas para trasplantarlas.
- **Cloroplastos:** Orgánulo de las células vegetales y de las algas que contiene la clorofila y en el que se realiza la fotosíntesis.
- **Composta:** Proceso de descomposición de la materia orgánica para convertirse en fertilizante natural.
- **Conductividad eléctrica:** La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica; es lo contrario a la resistencia. Hasta hace unos años se expresaba en mmhos/cm, hoy en día las medidas se expresan en dS/m (dS = decisiemens), siendo ambas medidas equivalentes (1mmhos/cm = 1dS/m). Por tanto la CE refleja la concentración de sales solubles en la infusión.
- **Contenedor:** Recipiente que contiene al sustrato y que permite desarrollar plantas.
- **Cotiledones:** Primeras hojas falsas en las cuales se concentran las reservas para alimentar a la planta.
- **Deficiencias:** Insuficiencia de algún elemento nutricional en la planta dando una apariencia normal.
- **Defoliación:** Caída prematura de las hojas de los árboles y plantas, producida por enfermedad, influjo atmosférico o por agentes químicos. Pérdida de la parte vegetativa de la planta.
- **Densidad aparente:** Peso de un sustrato expresado en gramos por cm^3.
- **Desinfección:** En este proceso se eliminan los agentes patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas.

- **Diagnóstico:** Evaluación del estado nutrimental de la planta bajo ciertas condiciones.
- **Difuso:** Que se extiende por una zona amplia.
- **Diseminación:** Tiene lugar cuando una enfermedad es desplazada de un lugar a otro por diferentes medios físicos o mecánicos.
- **Distal:** Es lo que se sitúa hacia el extremo opuesto a la base o parte basal del órgano en cuestión.
- **Elongación:** Alargamiento.
- **Enraizante:** Producto químico para promover la inducción y crecimiento de raíces.
- **Escorrentía:** La corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales.
- **Esterilización:** Es el proceso mediante el cual se alcanza la muerte de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias y sus formas esporuladas altamente resistentes, hongos y sus esporos, y virus. Se entiende por muerte, la pérdida irreversible de la capacidad reproductiva del microorganismo.
- **Estigma:** Órgano de la flor.
- **Estrés:** Se presenta cuando una planta ha sido sometida a ciertas condiciones desfavorables. Por ejemplo: falta de agua.
- **Etapa fenológica:** Cambios que manifiesta la planta conforme avanza su crecimiento y desarrollo.
- **Etioladas:** Plantas alargadas por falta de luz.
- **Evapotranspiración:** Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.
- **Excersión estigmática:** Deformación del estigma provocada por ciertos factores.
- **Fertirrigación:** Suministro de fertilizante por medio del sistema de riego combinado con el agua.

- **Filiforme:** Se refiere a los objetos que tienen forma o apariencia de hilos, finos y alargados.
- **Fitopatógeno:** Es un organismo, en general microorganismo, que causa enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias y, además, por la absorción de nutrientes de la célula para su propio crecimiento. Algunos fitopatógenos pueden causar también enfermedades por crecer y multiplicarse en el xilema y en el floema de la planta y, por ende, por bloquear el transporte de agua y nutrientes desde la raíz hacia las hojas o el flujo de savia desde las hojas hacia el resto de la planta. Pueden ser nematodos, bacterias, virus, protozoarios, moluscos y hongos.
- **Foliolo:** Hoja o parte de una hoja compuesta.
- **Fotoasimilados:** Sustancias sintetizadas por las plantas a partir de CO_2 y de la energía solar. Según su función o su estado de desarrollo una parte u órgano de una planta será fuente o sumidero de fotoasimilados.
- **Fotoperiodo:** Cantidad de horas de luz que requieren las plantas para desarrollar su ciclo biológico.
- **Fotosíntesis:** Proceso por el cual las plantas transforman las sales minerales en azúcares utilizando la luz solar.
- **Fungicida:** Pesticida para controlar los hongos fitopatógenos.
- **Hermafroditas:** Plantas que pueden polinizarse por sí solas.
- **Híbridos:** Cruza de dos plantas de la misma especie para dar origen a otra con mejores características genéticas de producción.
- **Hincar:** Introducir o clavar algo en otra ejerciendo presión.
- **Hipocótilo:** Se refiere a una parte de la planta que germina de una semilla. Cuando se produce la embriogénesis, a medida que el embrión crece durante la germinación, envía un brote (la radícula), que se convertirá en la raíz primaria al penetrar el suelo.

- **Imparipinnada:** Hojas compuestas a los foliolos que se van colocando de una manera generalmente opuesta o alternas en el raquis y con un último foliolo al final del mismo, por lo que su número será impar.
- **Incisión:** Corte hecho en un cuerpo o una superficie con un instrumento cortante o agudo.
- **Indeterminado:** Que no tiene características claras y precisas o que no tiene unos límites definidos.
- **Inflorescencias:** Conjunto de flores formado por 6 o 7 elementos; todas juntas forman una inflorescencia.
- **Insumos:** Materiales necesarios que se utilizan para realizar un ciclo de producción. Por ejemplo: fertilizantes, semillas, etc.
- **Intercambio catiónico:** Capacidad de un sustrato para intercambiar nutrientes.
- **Lenticular:** Que tiene forma convexa por ambos lados, como la lenteja.
- **Lignificación:** Proceso propio del final del periodo de crecimiento celular de las plantas por el cual la lignina (sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen) sustituye a la mayor parte del agua de la membrana celular y produce el endurecimiento de la misma y su aumento de volumen. Proporciona rigidez a la pared celular y resistencia al ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular.
- **Lixiviación:** Fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo, adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación.

- **Lóculo:** Cada una de las cavidades del fruto.
- **Mallas sombras:** Malla de polietileno con orificios reducidos para contrarrestar la radiación solar en determinado porcentaje.
- **Mildeos o *mildius:*** Son un conjunto de enfermedades infecciosas de las plantas causada por protistas fungoides de la clase *oomycetes*.
- **Patógeno:** Microorganismo microscópico capaz de transmitir una infección o daño a la biología de un huésped.
- **Peciolo:** Apéndice de la hoja de una planta por el cual se une al tallo.
- **Pedúnculo:** Parte de tallo que sostiene al fruto.
- **Perenne:** Que dura para siempre o mucho tiempo.
- **Permeable:** Que deja pasar agua u otro líquido a través de sus poros.
- **Pétalo:** Hoja que forma la corola (conjunto de pétalos que forman la flor y protegen sus órganos de reproducción) de la flor.
- **pH:** Potencia de hidrógeno; sirve para medir la acidez o alcalinidad de una solución.
- **Pistilo:** Órgano de reproducción femenino de la mayoría de flores que tiene forma de botella y suele estar situado en su centro; en las flores hermafroditas se encuentra rodeado por los estambres.
- **Placenta:** Tejido interno del ovario de la flor, al cual están unidos los óvulos.
- **Plántula:** Primera etapa de crecimiento de la planta.
- **Plasticidad:** Es una característica de flexibilidad en las ramas de jitomate para no romperse y poder darles cierta dirección.
- **Primordios florares:** Primeras flores que aparecen en una inflorescencia.
- **Profusamente:** Abundantemente.
- **Propiedades físicas:** Son las características que tiene un sustrato, tales como: porosidad, capacidad de retención de agua, tamaño de las partículas.
- **Propiedades químicas:** Características de salinidad, de pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de sales.
- **Protuberancia:** Elevación o bulto redondeado que sobresale de una superficie.

- **Receptibilidad:** Capacidad para retener el polen.
- **Requerimientos climáticos:** Condiciones óptimas para que una planta se desarrolle sin problemas (temperatura, humedad, CO_2).
- **Sépalos (cáliz):** Son los que envuelven a las otras piezas florales en las primeras fases de desarrollo, cuando la flor es sólo un capullo o pimpollo. También evitan, en las especies entomófilas, que los insectos accedan al néctar sin pasar por los estambres y estigmas.
- **Sistema radical:** Conjunto de raíces de una planta.
- **Solución acidificada:** Se origina cuando se le aplica ácido a una solución para bajar el pH a menos de 7.
- **Solución nutritiva:** Mezcla de fertilizantes que se diluyen en agua y se agregan a una concentración determinada.
- **Susceptibilidad:** Planta propensa a una enfermedad por su condición fisiológica.
- **Tapete sanitario:** Es una superficie con unos centímetros de profundidad, tiene forma de contenedor y se encuentra a la entrada del invernadero; contiene una solución desinfectante para el calzado.
- **Textura:** Alude al tamaño de las partículas de un sustrato.
- **Tezontle:** Material de origen volcánico y poroso; utilizado en hidroponía como medio de soporte de la planta.
- **Termo aislante:** Se refiere a la propiedad de los plásticos para no dejar escapar el calor que es atrapado en un invernadero durante la noche.
- **Toxicidad:** Grado de daño fisiológico ocasionado por un exceso de algún agroquímico.
- **Transpiración:** Consiste en la pérdida de agua en forma de vapor que se produce en las plantas. A las hojas de ésta llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero sólo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis. Su principal función es eliminar en forma de vapor el agua que no es utilizada por las plantas. Además, el agua transpirada permite el enfriamiento de la planta, debido al elevado calor de vaporización del agua.

- **Tronchar:** Partir o romper, con violencia y sin usar herramientas, el tronco, el tallo o las ramas de una planta o cosas de consistencia o figura parecidas.
- **Umbral:** Es la cantidad mínima de cierto requerimiento o elemento que ha de estar presente para no afectar un sistema. Por ejemplo, la mínima cantidad de radiación que necesita una planta para no afectar su desarrollo.
- **Yema:** Es un órgano complejo de las plantas que se forma habitualmente en la axila de las hojas formado por un meristemo apical, (células con capacidad de división).

23. ANEXOS

23.1 Programa de aplicaciones preventivas para ciclo de tomate

PRODUCTO	CAUSA	DOSIS ½ HA	FRECUENCIA	MÉTODO	OBERVACIONES
Rutter AA	Protección raíz	3000 ml	Dos veces	Dos veces	Al inicio (a los 15 días de plantar) y al final del ciclo.
Previcur	Protección raíz	1000 ml	Una vez	Riego	A las 3 semanas de plantación.
Solid Gard	Protección raíz	3400 gr	Una sola vez	Manual	Al mes de plantación.
Ercal	Mosca blanca		Semanal		
Biopack	Protección raíz	500 gr	Mensual	Riego	Alternar cada 15 días con microsoil.
Microsoil	Protección raíz	1125 ml	Bimestral	Riego	Alternar con Serenade.
Serenade	Protección raíz	2500 ml	Bimestral	Foliar	Se puede mezclar con Kumulus para tratar cenicilla.
Biocrack	Mosca blanca	600 ml	Mensual	Alta presión	A mallas y ventanas. Alternar con Impide o Requiem.
Azufre	Cenicilla	25 kg	Mensual	Pasillos	La 1° cuando se empiece el deshoje.
Cabrio/Cantus	Alternaria	400 gr	Bimestral	Swing fog/Alta presión	La 1° semana antes de la primera cosecha.
Kleen Grow	Preventivo bacteria	3 ml/L de agua	Mensual	Swing fog/Alta presión	La 1° con planta grande, no aplicar si ya se aplicó algún otro producto en la semana.
Equation Pro	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 3 días.
Revus	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 0 días.
Bravo 720	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 0 días.
Infinito	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 5 días.
Consento	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 14 días.
Curzate	Tizón		Bimestral	Swing fog/Alta presión	Intervalo de seguridad a cosecha 5 días.
Nota	Se harán aplicaciones preventivas para Phytopthora llegando el invierno, mes de octubre, consultar productos y frecuencia. Se harán algunas otras aplicaciones según necesidades del cultivo. **EN INVIERNO NO SE USARÁ LA SWING FOG PARA EVITAR RIESGO DE PHYTOPTHORA. SE USARÁ LA MÁQUINA DE ALTA PRESIÓN.** Revisar de todos los productos que el intervalo de seguridad a cosecha (si se está en producción) no sea mayor de 3 días.				

Fuente: (CEICKOR, 2015).

23.2 Métodos para un manejo integrado de plagas y enfermedades

ANTES DEL CULTIVO	DURANTE EL CULTIVO	DESPUÉS DEL CULTIVO
Adecuada selección del lote. Buena preparación del terreno.	Fertilización equilibrada y oportuna de acuerdo con el análisis de suelo. Sistema de riego en perfectas condiciones para conseguir uniformidad en el aporte de agua y nutrientes; riego oportuno y controlado de acuerdo con el estado fenológico del cultivo.	Cosecha oportuna.
Estructura lo más hermética posible (mallas anti-insectos o anti-trips en laterales y aberturas), siempre y cuando no perjudique la ventilación al interior del invernadero.	Ventilar adecuadamente para evitar el exceso de humedad relativa y altas temperaturas al interior del invernadero, lo cual favorece el desarrollo de enfermedades y plagas.	Limpieza y desinfección de estructura y suelo.
Colocación de doble puerta o precámara a la entrada del invernadero.	Mantener el plástico en buenas condiciones (sin agujeros y limpio).	Tratamiento de focos de infección.
Análisis fisicoquímico del suelo. Análisis de agua para riego.	Colgada y guiada oportuna de las plantas. Podas oportunas de yemas, brotes y hojas.	
Sembrar materiales (variedad o híbrido) con resistencia o tolerancia a enfermedades.	Aplicación de un bactericida después de la poda. Eliminación de focos de infección.	Eliminación de socas.
Utilizar semillas de materiales (híbridos o variedades) registrados.	Desinfección de herramientas. Visitas periódicas al cultivo. Seguimiento semanal.	Recolección de frutos enfermos.
Uso de semillas sanas. No sembrar semilleros en el mismo invernadero en que ha habido un cultivo recientemente.	Desinfección de calzado para ingresar al invernadero. Evitar el goteo del agua de condensación del techo del invernadero. Evitar asocio con cultivos que sean refugio de plagas, enfermedades o vectores.	Disposición de residuos de cosecha.
Utilizar plántulas sanas, libres de plagas y enfermedades.	Oportuna eliminación de malezas.	Solarización.
Sistema de siembra adecuado.	Favorecer la polinización, utilizando abejorros, vibración y fitoreguladores.	
Distancia de siembra adecuado.	Favorecer la aplicación de productos biológicos. Utilizar trampas: adhesivas de color amarillo (mosca blanca y minador) y azules (trips); con atrayentes sexuales (cogollero del tomate); de luz en la noche para adultos de *lepidópteros* y *coleópteros*.	Rotación de cultivos.

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

23.3 Criterios para uso de plaguicidas en el cultivo de tomate

ANTES DEL CULTIVO	DURANTE EL CULTIVO	DESPUÉS DEL CULTIVO
El uso de plaguicidas químicos debe ser justificado y racional, de acuerdo con criterios técnicos basados en muestreos sistemáticos y teniendo en cuenta los umbrales de daño para cada cultivo, nunca por aplicaciones calendario de enfoque preventivo.	Antes de empezar a aplicar, revisar la etiqueta para ver si hay algún elemento de protección especial que se recomienda colocar.	Si sobró mezcla en la aspersora, aplicarla en una parte del cultivo no tratado, en una parte del cultivo tratado o en un área destinada para estos residuos (denominada "barbecho"), alejada del paso del público y debidamente demarcada.
Elegir el producto más específico para la plaga a controlar y su forma de aplicación teniendo en cuenta el modo y mecanismo de acción, la clase toxicológica, el precio y el efecto sobre otras plagas, la eficiencia y poder residual, dosis, plazo de seguridad (tiempo de espera o de reingreso) y productos aplicados anteriormente.	Revisar cuidadosamente los equipos y accesorios de aplicación, con el fin de corregir fugas en las diferentes partes de los equipos.	Lavar los equipos de aplicación, sin contaminar fuentes de agua. Pueden lavarse directamente en el sitio de trabajo y echar el agua del lavado al cultivo o en el “barbecho” (lugar aislado de la finca destinado para la eliminación de estos residuos.
Se deben emplear productos oficialmente registrados en el país (Registro ICA) y recomendados para el cultivo.	Emplear todos los elementos de protección personal recomendados.	Guardar bien cerrados los empaques o envases con sobrantes en la bodega destinada a los plaguicidas.
Se deben rotar o mezclar adecuadamente los plaguicidas para asegurar que las aplicaciones tendrán buenos resultados y que se han realizado según las normas nacionales dadas.	Aplicar con viento leve o en calma y de tal manera que el viento aleje la nube de aspersión del operario.	
Usar preferiblemente los plaguicidas de categoría III y IV de toxicidad.	Darse cuenta hacia dónde está corriendo el viento cuando se vaya a iniciar el recorrido de aplicación, para hacerla en esa dirección.	
Los agricultores deben ser conscientes de restricciones de ciertos químicos en países específicos. Se ha excluido totalmente la aplicación de productos cuyos grupos químicos pertenezcan a Fosforados, Clorados y Carbamatos, desde el cuaje de los frutos en la planta hasta la cosecha.	Aplicar con bajas temperaturas en las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde, evitar las horas más calientes del día (ya que hay mayor evaporación y los equipos de protección producen mayor sudoración).	Descontaminar los envases (bolsas o frascos) que vayan quedando vacíos mediante la técnica del triple lavado, en la siguiente forma: llenarlos con agua hasta en una tercera o cuarta parte, taparlos y agitarlos vigorosamente y echar el enjuague a la aspersora o al tanque donde se está preparando la mezcla. Repetir el procedimiento dos veces más. Esta práctica, además de descontaminar el envase, permite aprovechar la totalidad del plaguicida.
Usar preferiblemente los plaguicidas de categoría III y IV de toxicidad	Darse cuenta hacia dónde está corriendo el viento cuando se vaya a iniciar el recorrido de aplicación, para hacerla en esa dirección.	

No comprar productos en envases deteriorados, rotos o con fecha de expiración vencida, o con el sello adulterado.	No permitir que los niños apliquen y/o manejen plaguicidas.	
El centro de acopio o comercializador debe revisar con frecuencia las restricciones sobre el empleo de agroquímicos e informar a los productores. El transporte del producto debe cumplir las normas de ley, desde el punto del distribuidor hasta el lote de aplicación, a fin de evitar intoxicación o contaminación ambiental.	No permitir el ingreso de personas y animales al lugar o cultivos donde se encuentra realizando la aplicación. No fumar, comer y/o beber durante la manipulación y aplicación del producto.	Perforar el frasco una vez realizado el triple lavado para evitar adulteraciones del producto. Almacenar los envases inutilizados en un sitio cerrado y exclusivo para este uso.
Tener en cuenta la recomendación técnica con relación a la oportunidad y frecuencia de aplicación según el problema a tratar, plazos recomendados entre la última aplicación y la cosecha de los productos (periodo de carencia), así se evitará contaminación de los productos cosechados. Tener en cuenta el momento de la aplicación de los agroquímicos para evitar deriva y pérdida del producto por lluvias. En algunos casos se deben emplear adherentes.	Utilizar los insecticidas y acaricidas cuando la planta no tenga condiciones de estrés por agua, ya que estos pueden acarrear toxicidad. Verificar que la cobertura de la aplicación sea la adecuada, evitando conejos o áreas sin fumigar. De ser posible, revisar la cobertura mediante el uso de papel hidrosensible.	La ropa usada para la aplicación de plaguicidas, debe lavarse separada de la ropa de la familia y usar guantes de caucho, para evitar intoxicaciones de la persona que realiza esta actividad doméstica. Bañarse completamente el cuerpo con agua y jabón, incluyendo el cuero cabelludo y uñas.
Calcular el volumen de producto de acuerdo con el área a aplicar y calibración del equipo según las dosis recomendadas en la etiqueta del producto. Es recomendable el uso de probetas para la medición de los plaguicidas líquidos, evitando en todos los casos el reenvase.	Tomar las precauciones necesarias y aplicar las recomendaciones técnicas para evitar daños al ambiente, a cultivos cercanos o animales.	Mantener registros de inventario de los agroquímicos que se están empleando para la protección de cultivos.

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

23.4 Listado de plaguicidas para el control de plagas en el tomate

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	MODO DE ACCIÓN	DOSIS	PLAGAS QUE CONTROLA	PERIODO DE CARENCIA*	DISTRIBUIDO POR
Actara	Tiametoxan	III	Actúa por ingestión y contacto.	400 g/ha	Ninfaticida		Syngenta
Alsystin	Triflumuron	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina.	260 - 500 cc/ha	Cogollero	10 días	Bayer
Avaunt 150 sc	Indocacarb	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.	0,5 cc/L	Perforadores de fruto, cogollero.	15 días	Du pont
Belt	*Fluberdiamide*	IV	Ingestión	50 cc/200 L 0,25 cc/L	Cogollero y pasador del fruto.		Bayer
Biocanii	*Verticillium lecanii*	IV	Por contacto.	1,5 g/L	Mosca blanca		Biotropical
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.	5 - 7,5 cc/l	Minador, mosca blanca y trips.		Bioma
Bioveria	*Beauveria bassiana*	IV	Por contacto.	1 g/L	Trips		Biotropical
Bulldock	B-Cyfluthin	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.	1 cc/L	Minador	3 días	Bayer
Capsialil	Ají-ajo	III	Repelente	0,3 - 0,7 cc/L	Trips, áfidos y mosca blanca.	2 días	Ecoflora
Chlorpyrifos Agrogen	Chlorpyrifos	III	Contacto, ingestión e inhalación. Inhibe la acción de la acetilcolinesterasa ocasionando disturbios en el sistema nervioso y su muerte.	1,5 L/ha	Minador	21 días	Agrogen
Clorpiricol	Clorpirifos	III	Contacto, inhalación e ingestión. Inhibidor de colinesterasa.	1,5 – 2 cc/L	Minador, mosca blanca y prodiplosi.	21 días	Coljap

Confidor	Imidacloprid	III	Actúa por contacto e ingestión. Propiedades sistémicas.	0,3 cc/L	Mosca blanca, áfidos, minador, trips, ácaros, cogollero y prodiplosis.	21 días	Bayer
Dart	Teflubenzuron	IV	Inhibidor de síntesis de quitina.	0,25 cc/L	Cogollero y gusanos masticadores del follaje.	7 días	Basf
Decis	Deltametrina	IV	Contacto e ingestión. Produce inapetencia, afecta el sistema nervioso y paraliza los insectos.	0,8 cc/L	Minador, cucarroncitos del follaje y gusanos masticadores del follaje.	20 días	Bayer
Dimilin	Diflubenzuran	IV	Inhibidor de la síntesis de quitina.	0,5 – 1,0 g/L	Cogollero y perforadores de fruto.	7 días	Proficol
Dipel	*Bacillus thuringiensis*	IV	Ingestión que produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico.	1 g/L	Cogollero	Sin restricciones	Bayer
Ecomix	Extractos vegetales	III	Actúa como repelente de insectos.	3,5 cc/L	Minador, mosca blanca y prodiplosis.	2 días	Ecoflora
Engeo	*Lambdacialotrina + Tiametoxam*		Amplio espectro de acción. Actúa por contacto e ingestión, efecto de repelencia y acción antialimentaria. Actividad sistémica.	0,5 - 0,7 cc/L	Adulticida		Syngenta
Evisects	Thiocyclam hidrogenoxalato	III	Actúa principalmente por ingestión, posee una buena acción de contacto y tiene propiedades sistémicas.	0,5 - 1,0 g/L	Minador, mosca blanca, cogollero y perforadores de fruto.	3 días	Coljap
Harper	Clorpirifos	III	Contacto, inhalación e ingestión.	1 - 3 L/ha	Minador, mosca blanca, cogollero y trips.	21 días	Bayer
Helmectina	*Abamectina*	I	Traslaminar, ingestión y contacto.	0,4 cc/L	Trips, minador y ácaros.		Helm
Intrepid 2F	*Methoxyfenozide*	III	Regulador de crecimiento actuando sobre Ecdisona,	0,5 cc/L	Perforador del fruto.	4 horas	

			la hormona natural que induce la muda.				Dow AgroSciencies
Karate EC o Zeon	Lambdacialotrina	III	Contacto e ingestión. Aplicar en el inicio de eclosión de los huevos antes de la apertura de flores.	0,3 L/ha	Arañita roja, áfidos, gusanos masticadores del follaje y pasador del fruto.	5 días	Syngenta
Lorsban	Clorpirifos	III	Actúa por contacto, ingestión e inhalación (vapor). Inhibe la acción de la enzima acetilcolinestera, ocasionando disturbios en el sistema nervioso de los insectos y la muerte de los mismos.	2,0 cc/L	Minador, cogollero y trozadores.	21 días	Dow
Matababosa	Metalaldehído	IV	Cebo olusquicida; actúa por ingestión.	25 - 30 lb/ha	Babosas		Superabono Ltda
Metarex	Metalaldehído	IV	Cebo granulado actúa por ingestión.	4 - 6 kg/ha	Babosas		Basf.
Match 50 EC	Lifenurom	III	Inhibidor de quitina. Aplicar a comienzos de floración.	0,5 cc/L	Cogollero, minador y perforadores de fruto.	7 días	Syngenta
Nerisect	*Tiocyclam hidrogenaxalato*	III	Actividad translaminar y sistémica.	0,5 g/L	Mosca blanca y cogollero.	20 días	Proficol
Ninja	Lambdacihalotrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral.		Minador y trips	35 días	Syngenta
Omite 6E	Propargite	III	Contacto, ingestión y gasificación.	1,5 - 1,75 cc/L	Ácaros		Proficol
Oportune	Buprofezin	III	Ingestión y contacto	0,3 cc/L	Mosca blanca	4 días	Bayer
Orthene	*Acephato*	III	Sistémico y de contacto.	0,5 cc/L	Pasador del fruto, cogollero y minador.	7 días	Arysta Life Science
Padan	Cartap	III	Contacto e ingestión. Se paralizan los insectos rápidamente. Sistémico.	1 g/L	Minador y cogollero	14 días	Bayer
Pirestar	Permetrina	III	Actúa en el sistema nervioso y por ingestión oral	0,5 cc/L	Cogollero	20 días	Du pont

Polo	Diafentiuron	III	Paraliza los insectos al afectar el proceso energético en las mitocondrias. Aplicar con las primeras ninfas.	1 - 1,5 cc/L	Ácaros, áfidos y mosca blanca	7 días	Syngenta
Rambler	*Cipermetrina*	III	Actúa por contacto e ingestión. Tiene prolongado efecto residual en las plantas tratadas y acción antialimentaria sobre las plagas.	0,5 - 0,6 cc/L	Tostón		Proficol
Rescate SP	*Acetamiprid*	III	Translaminar y sistémico. Actúa por contacto.	0,5 g/L	Mosca blanca	14 días	Basf
Rimon	*Novalurón*	III	Actúa inhibiendo la síntesis de la quitina. Penetra por ingestión o contacto.	0,3 - 0,4 cc/L	Gusano cogollero y mosca blanca.	20 días	Proficol
Tracer 120 SC, Succer	*Spinosad*	III	Ingestión y contacto. Acción en el sistema nervioso.	0,3 cc/L	Minador, larvas de cogollero y trips.	24 horas	Dow AgroSciences
Trigard	*Cyromazina*	IV	Actividad sistémica que actúa como regulador del crecimiento de los insectos. Inhibe el desarrollo de las larvas, impidiendo la emergencia de insectos adultos.	0,4 g/L	Minador y mosca blanca.	14 días	Syngenta
Turilav	*Bacillus thuringiensis*	IV	Ingestión. Produce parálisis intestinal. Insecticida hormonal biológico	500 - 800 g/ha	Cogollero	Sin restricciones	Laverlam
Vertisol	*Verticillium lecanii*	IV	Proceso infectivo; penetra a través de la cutícula o por vía oral. Afecta a los insectos del orden *Hemíptera, Homóptera* y *Thysanoptera*.	0,5 - 1,0 L/ha	Mosca blanca	No procede	Laverlam

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

23.5 Listado de plaguicidas para el manejo de enfermedades del tomate

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CATEGORÍA	DOSIS	MODO DE ACCIÓN	ENFERMEDADES QUE CONTROLA	DISTRIBUIDOR
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	IV	0,2 g/L	Sistémico, preventivo, curativocy erradicante.	*Alternaria*, antracnosis de fruto, Cenicilla, moho clorótico y *Oidium.*	Syngenta
Elosan 720 SC	Azufre	III	1 - 3 cc/L	Protectante	Cenicilla, moho clorótico y *Oidium.*	Bayer
Top-sul SC		III	1 cc/L	Preventivo y curativo	Cenicilla y *Oidium*	Colinagro
Benomil 50WP	Benomil	III	0,5 - 1,0 g/L	Sistémico	Antracnosis de fruto, Botrytis, Cenicilla, damping-off, *Fusarium*, moho clorótico, *Oidium* y esclerotinia.	Coljap
Bezil 50WP		III	0,5 – 1 g/L	Sistémico	Antracnosis de fruto, *Botrytis*, Cenicilla, damping-off, *Fusarium,* moho clorótico, *Oidium* y esclerotinia.	MK
Baycor DC 300	Bitertanol	IV	1,25 cc/L	Sistémico y curativo	Cenicilla y moho clorótico.	Bayer
Bavistin 500 SC	Carbendazim	III	0,5 cc/L	Curativo y preventivo	Antracnosis del fruto, *Botrytis*, dampin-off, *Fusarium* y esclerotinia.	Basf
Derosal 500 SC		III	0,75 - 1,25 cc/L	Protectante	Antracnosis de fruto, *Botrytis*, dampin-off y *Fusarium.*	Bayer
Equation PRO	Cimoxanil + Famoxadone	III	1 - 2 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Du pont
Curathane	Cimoxanil + Mancozeb	III	2,5 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Dow AgroSciences
Curzate M8		III	2,5 - 3 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Du pont
Fitoraz WP 76	Cimoxanil + propineb	III	3 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Bayer
Euparen WP 50	Didofluanid	III	1 g/L	Protectante	*Alternaria, Botrytis*, dampingoff y esclerotinia.	Cropsa
Score 250 EC	Difenoconazol	III	0,75 cc/L	Sistémico	*Alternaria*, antracnosis de fruto, Cenicilla, moho clorótico, *Oidium y Botritys*.	Syngenta

Forum 500 WP	Dimetamorf	III	0,6 - 0,75 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Basf
Acrobat MZ 69	Dimetamorf + Mancozeb	III	3,75 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Basf
Metalfun 40 EC	Dodermorf acetato	III	1 cc/L	Sistémico y curativo	Cenicilla, moho clorótico y *Oidium.*	Basf
Teldor combi SC 416.7	Fenhexamid + Tebuconazole	III	0,5 cc/L	Preventivo y curativo	*Botrytis* y esclerotinia.	Bayer
Brestanid 500SC	Fentin hidróxido de estaño	III	0,5 cc/L	Protectante	*Alternaria* y gota.	Bayer
Switch 62,5 WG	Fluodioxonil + Cipronidil	III	0,5 g/L	De contacto y sistémico, preventivo y curativo	*Alternaria*, Botrytis y esclerotinia.	Syngenta
Aliette 80 WP	Fosetil aluminio	IV	2,5 - 3 g/L	Sistémico	Marchitez por *Verticillium* y gota.	Bayer
Rodhax 70 WP	Fosetil aluminio + Mancozeb	III	2,5 g/L	Sistémico	Damping-off, gota y marchitez por *Verticillium.*	Bayer
Kocide 2000	Hidróxido de cobre	III	2,5 - 5 g/L	Protectante	Gota y *Alternaria*	Proficol
Kocide 101	Hidróxido cúprico	III	2,5 - 5 g/L	Protectante	*Alternaria*, antracnosis de fruto, *Erwinia*, fumagina, gota, marchitez por *Verticillium*, pseudomonas y *Xanthomonas*.	Proficol
Rovral FLO	Iprodine	III	1 cc/L	Protectante	*Alternaria*, *Botrytis*, dampingoff y esclerotinia	Bayer
Kasumin 2% (drenchs, follaje)	Kasugamicina	III	1,5 cc/L	Preventivo y curativo	*Erwinia*, pseudomonas y *Xanthomonas.*	Fedearroz
Stroby SC	Kresoxim metil	III	0,25 cc/L	Preventivo	*Botrytis* y esclerotinia.	Basf
Dithane M-45	Mancozeb	III	3 g/L	Protectante	*Alternaria*, antracnosis de fruto, damping-off, *Erwinia*, gota y *Xanthomonas.*	Dow AgroSciences
Manzate 200WP	Mancozeb	III	3 g/L	Protectante	Alternaria, antracnosis de fruto, damping-off, Erwinia, gota y Xanthomonas.	Du pont
Rally 40 WP	Myclobutanil	III	0,2 g/L	Sistémico	*Alternaria*, Cenicilla y *Oidium.*	Dow AgroSciences
Sandofan M	Oxadixil + Mancozeb	III	2 g/L	Sistémico	Damping-off y gota.	Proficol
Oxiclor 35 WP	Oxicloruro de cobre	III	2 g/L	Protectante	*Alternaria*, antracnosis de fruto, *Erwinia*, fumagina, marchitez por	Superabono

					Verticillium, pseudomonas y *Xanthomonas*.	
Cobrethane	Oxicloruro de cobre + Mancozeb	III	5 g/L	Protectante	Damping-off, *Erwinia*, gota, pseudomas, *Xanthomonas* y *Alternaria*.	Dow AgroSciences
Previcur N SL	Propamocarb	IV	1,5 cc/L	Sistémico	Damping-off y gota	Bayer
Sumilex 50 WP	Proximidona	III	1 g/L	Preventivo	*Alternaria*, *Botrytis*, 260amping-off y esclerotinia.	Fumitoro
Folicur EW 250	Tebuconazole	III	0,5 cc/L	Preventivo y curativo	*Alternaria*	Bayer
Mertect 500SC	Tiabendazol	IV	1 cc/L	Preventivo	Antracnosis del fruto, *Botrytis*, damping-off, *Fusarium* y esclerotinia.	Syngenta
Equation Pro	Famoxadone	III	1 – 2 g/L	Protectante	Gota y *Alternaria.*	
Agrodyne (Drenchs o follaje)	Ácido yodhídrico y polietoxi etanol	III	2 - 3 cc/L	Preventivo y curativo	*Erwinia*, pseudomonas y *Xanthomonas*	Electrowest
Saprol	Triforina	III	1,25 cc/L	Preventivo y curativo	*Oidium*, Cenicilla.	Basf
Sincosin	Extractos de plantas, citoquininas, triacontanol, adenosin, ácidos grasos y ácido salicílico	IV	3 cc/L	Sistémico	Nematodos	Magro S.A
Agrodyne	Ácido yodhídrico y polietoxi etanol	III	2,5 cc/L	Desinfectante	Desinfectante para utensilios y herramientas.	Electrowest
Hipoclolorito de sodio al 1% o 2% (Clorox)	Hipoclorito de sodio	IV	1,5 - 2 cc/L	Desinfectante	Desinfectante para utensilios y herramientas.	
Duter 20%	Fentín hifróxido	III	1 - 1,5 g/L	Protectante y erradicante	Gota y *Alternaria.*	Proficol
Profizeb 80%	Mancozeb	III	5 g/L	Protectante	Gota, *Alternaria* y *Botrytis*	Proficol
Pronto	Folpet + Cymoxanil	III	2,5 - 5 g/L	Preventivo y curativo	Gota	Proficol
Sangotan	Oxadixil y mancozeb	III	2,5 - 3 g/L	Preventivo y curativo	Gota	Proficol
Revus	Mandipropamida	III	0,7 cc/L	Curativo	Tizón tardío o gota.	Syngenta
Validacin	Validamicina	IV	1 cc/L	Preventivo y curativo	Bacteriosis por pseudomonas y *x*anthomonas.	Fedearroz

Helmistin	Carbendazim	III	30 - 60 cc/20L	Sistémico, preventivo y curativo	Moho gris y antracnosis,	Heliti
Helcozeb	Mancozeb	III	2,25 - 3 g/L	Por contacto, preventivo y multisitio	Gota o tizón tardío.	Heliti
Impetu	Dimethomorph	III	2 g/L	Curativo	Gota o tizon tardío.	Rotam Agrochemical

Fuente: (Jaramillo J. E., y otros, 2013).

23.6 Instructivo práctico para usar el Minilab

Ejemplo para medir la concentración de nitrógeno en forma de nitratos

1. Para nitrato escoger el rango medio por ser muestra de chupatubo (para este caso) y de nuevo escoger método para seleccionar.

2. Tomar una cubeta y echarle 6 ml de la muestra madre ya con el agua destilada utilizando una jeringa. Tener en cuenta que el caucho negro del embolo debe marcar en los ml requeridos ya que el espacio de la punta también abarca volumen.

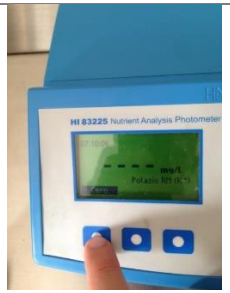
3. Una vez llenado la cubeta con los 6 ml se tapa y se coloca en el fotómetro. Tener en cuenta que la marca del punto de la tapa y del fotómetro coincida.

4. Cerrar la tapa y oprimir cero, el cual se visualizará en la pantalla.	
5. Al oprimir cero deberá aparecer la imagen -0.0-. Luego, presionar CRONO y esperar el tiempo que muestre la pantalla. En ese tiempo leerá los colores o tonalidades que tiene la muestra.	
6. Una vez se termine el tiempo, el minilab pitará. Cumplido el tiempo, sacar la cubeta para echarle el reactivo correspondiente a nitratos.	

7. Agitar para mezclar bien y luego hacer un movimiento de muñeca por 50 segundos para mezclar de nuevo.	
8. Antes de introducirlo al minilab, limpiar con un trapo la cubeta para eliminar cualquier partícula, luego introducirlo y esperar de nuevo el tiempo correspondiente (repetir el proceso colocar la cubeta en el dispositivo, recordar que los puntos deberán coincidir).	
9. Pasado el tiempo, se obtiene el valor en mg/L (ppm) de nitrógeno. Si se quiere observar la lectura en nitratos se oprime la flecha hacia abajo para cambiar a forma química y se selecciona. Por ejemplo, 118 mg/L en forma química y 26 mg/L en forma de N.	
10. Finalizado el proceso, seleccionar método para salir.	
11. Lavar cubeta con agua destilada y guardar.	

Ejemplo para medir la concentración de potasio

1. Tomar 10 ml de muestra de solución madre y echarlos a la cubeta del kit hasta que llegue a la línea marcada.	
2. Echar 6 gotas del reactivo A de potasio.	
3. Tapar sin revolver.	
4. Limpiar con un trapo para eliminar partículas ajenas.	

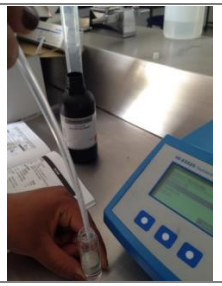
5. Introducir la cubeta en el minilab y que los puntos coincidan.	
6. Oprimir método y seleccionar potasio en rango medio (extracto de chupatubo).	
7. Oprimir cero y esperar a que aparezca -0.0- en la pantalla.	

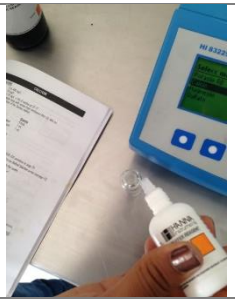
8. Sacar la cubeta y echar el reactivo correspondiente del kit.	
9. Mezclar durante 1 minuto de forma arriba y abajo y volver a introducirlo en el minilab.	
10. Oprimir CRONO y esperar el tiempo indicado.	
11. Cumplido el tiempo pitará y se lee el resultado.	
12. Para salir hundir método y sacar cubeta.	
13. Lavar cubeta con agua destilada.	

Ejemplo para medir la concentración de fósforo

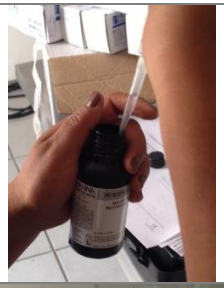
1. Se toman 10 ml de solución madre y se echarlos en la cubeta.
2. Colocar la solución madre en el fotómetro para reconocerlo (ojo en este paso es sin ningún reactivo) y cuadrar en la opción fósforo. Se oprime cero hasta que aparezca -0.0-.
3. Retirar la cubeta y echarle 10 gotas del reactivo A de fósforo y un sobre del reactivo B que viene en polvo, los cuales se encontrarán en el kit.
4. Introducir la cubeta al fotómetro sin mezclar, se oprime CRONO y se espera 5 minutos.
5. Leer el resultado en forma de P y oprimir la tecla de flecha hacia abajo para tomar las lecturas en las diferentes formas químicas de fosfatos PO_3 y P_2O_5.
6. Lavar cubeta con agua destilada.

Ejemplo para medir la concentración de calcio

1. Tomar 3 ml de solución madre y echarlos en la cubeta utilizando el kit suministrado.
2. En la cubeta, echar 7 ml del reactivo A de calcio. 

3. Echar 4 gotas de buffer del paquete de calcio.	
4. Tapar la cubeta y revolver haciendo movimientos de arriba hacia abajo.	
5. Colocar la cubeta en el fotómetro, seleccionar la opción para calcio. Oprimir cero hasta que aparezca -0.0-.	
6. Sacar la cubierta y usar la jeringa de 1 ml suministrada por el kit para echar el reactivo B de calcio.	
7. Tapar la cubeta nuevamente mezclar de arriba hacia abajo por 15 segundos e introducir al fotómetro.	
8. Oprimir CRONO y esperar el tiempo indicado.	
9. Leer el resultado de la concentración del calcio.	
10. Lavar cubeta con agua destilada.	

Ejemplo para medir la concentración de magnesio

1. Echar 1 ml del reactivo A de magnesio.	
2. Echar del reactivo B de magnesio la cantidad necesaria para llegar a la línea que marca los 10 ml de la cubeta.	
3. Tapar la cubeta y mezclar con movimientos de arriba hacia abajo.	
4. Colocar la cubeta en el fotómetro (ojo sin la muestra de solución madre, solo los reactivos) para reconocer y seleccionar magnesio. Se oprime cero hasta que aparezca -0.0-.	
5. Sacar la cubeta y echar 0.5 ml de la solución madre (muestra).	
6. Tapar la cubeta y limpiar con el trapo para evitar partículas ajenas. Luego, introducirlo nuevamente al fotómetro.	
7. Oprimir CRONO y esperar el tiempo indicado.	
8. Leer el resultado de la concentración de magnesio.	
9. Lavar cubeta con agua destilada y guardar.	

Recomendaciones finales:

- ❖ Echar la cantidad indicada de reactivo o de lo contario marcará error. Tener cuidado de seguir al pie de la letra las instrucciones.
- ❖ Limpiar con un trapo antes de introducir la cubeta al fotómetro para evitar contaminación o variabilidad.

23.7 Instructivo práctico para usar el cardy

1. CALIBRAR
    a. Prender dispositivo
    b. Lavar sensor con agua desionizada o destilada
    c. Secar o quitar humedad del sensor con papel absorbente
    d. Colocar solución estándar que cubra todo el sensor en forma de gota (150 ppm o 2000 ppm) dependiendo de la concentración de la muestra
    e. Cerrar la tapa del sensor
    f. Dejar hundido MEAS durante 3 segundos hasta que salga primero °C y luego CAL
    g. Cuando esté CAL en la pantalla se hunde MEAS durante 0.5 seg hasta que aparezca Hi 1 (indica la solución estándar de concentración alta -2000 ppm)
    h. Se hunde MEAS para seleccionar la opción Hi 1
    i. Luego para terminar de calibrar se deja hundido CAL durante 3 segundos hasta que aparezca el valor de la solución estándar de alta concentración (2000 ppm)
    j. Este va a estar titilando y cuando aparezca en la pantalla una carita feliz + CAL + 2000 ppm estático quiere de decir que ya está calibrado
2. MUESTREAR
    a. Abrir la tapa del sensor y quitar solución estándar
    b. Quitar humedad
    c. Colocar agua destilada para limpiar y luego quitarla
    d. Tomar la jeringa que viene con el kit y extraer muestra de interés

e. Colocar muestra en el sensor (Debe recubrir todo el sensor o gota)
f. Cerrar tapa del sensor
g. Hundir MEAS durante 3 segundos
h. Leer lectura en ppm y cuando aparezca estática la carita feliz esa será la lectura final

3. DESPUES DE USO
    a. Quitar muestra del sensor
    b. Lavar con agua destilada
    c. Secar para remover humedad
    d. Cerrar tapa
    e. Apagar dispositivo
    f. Guardar en el kit

RECOMENDACIONES

- Tomar y medir las muestras el mismo día ya que al día siguiente los peciolos se secan y es muy difícil extraer la savia.
- Las anteriores instrucciones aplican para los diferentes dispositivos de *LAQUATWIN HORIBA* así sean de diferentes iones.

23.8 Listado de bitácoras para el manejo de un ciclo de cultivo de tomate

BITÁCORA DE REPORTE DE COSECHA

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha	SDT	Kg según calidad						Kg cosechados	Comprador	Teléfono o celular de contacto	Nombre de quien entrega	Nombre de quien recibe
		1ra Rojo	2da Rojo	1ra Rayado	2da Rayado	3ra	Merma					

Instrucciones:

- SDT significa la semana después del trasplante que se registrará para contabilizar las semanas de cosecha y facilitará el monitoreo de la producción por semana.

- Se colocarán las diferentes clasificaciones tanto de categoría como de color ya que cada una tiene precios de venta diferentes, principalmente para los de 1ra y 2da calidad. Los de 3ra no se separan por color ya que ésta suele ser muy poca cantidad y utilizados para hacer salsas. La merma ya es considerada como desecho, pero es importante llevar el dato que siempre se mantenga bajo o nulo.

- Se colocará el total de kg producidos para contabilizar el producto que se va a entregar a ventas.

- Se llevará el control de los compradores para tener una trazabilidad de ellos cuando se tenga oferta de producto, por lo que se debe tener al menos el número de contacto de ellos.

- Es importante tener y registrar el nombre de quién entrega y de quién recibe el producto con el fin de constatar que lo entregado sea igual a lo pedido.

BITÁCORA DE REPORTE DE CAJAS DE COSECHA

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha	SDT	Cajas entregadas	Cajas recibidas	Diferencia de cajas	Comprador	Teléfono o celular de contacto	Nombre de quien entrega	Cajas recibidas

Instrucciones:

- SDT significa la semana después del trasplante que se registrará para contabilizar las semanas de cosecha por lo que facilitará la trazabilidad y control de las cajas de cosecha.

- Se colocará el dato de las cajas entregadas (con producto) al comprador y el dato de las cajas recibidas por el comprador, es decir, de las que devuelve (vacías). Esta actividad no se llevará a cabo si el comprador trajera desde antes sus propias cajas.

- Teniendo las cajas recibidas menos las cajas entregadas se obtendrá el total de cajas. Si la diferencia resulta ser positiva quiere decir que el comprador debe cajas, por el contrario, si es negativa quiere que se le deben cajas.

- Con esto, se tiene un control de los compradores. Sirve para llevar una trazabilidad de ellos cuando haya un faltante de cajas, por lo que se debe tener al menos el número de contacto de ellos.

- Es importante tener y registrar el nombre de quién entrega y de quién recibe el producto con el fin de constatar el historial de cajas entregadas y recibidas.

BITÁCORA DE CONTROL DE TIEMPOS EXTRAS, PERMISOS Y VACACIONES DEL PERSONAL

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Nombre del empleado	Tiempo que debe (hr)	Descripción del permiso o ausencia	Tiempo que se le debe (hr)	Descripción del tiempo extra	Acumulado (hr)	Costo/hora extra ($)	Costo total/horas extras ($)	Vacaciones del personal				
								Vacaciones (Si/No)	Días por derecho	Días cobrados	Descripción	Acumulado

Instrucciones:

- En la columna tiempo que debe, se deberá colocar en horas el tiempo de permisos injustificados o ausencias del empleado y luego proceder con la descripción de dicho hecho, es decir, colocar la fecha y el periodo de tiempo que se ausentó o no laboró en horas.

- En la columna tiempo que se le debe, se deberá colocar en horas el tiempo extra detallando el motivo o actividad realizada y la fecha de dicha actividad con tal de llevar el registro.

- En la columna de acumulado se coloca la diferencia entre tiempo extra menos tiempo por ausencias o permisos injustificados. Una vez teniendo el costo/hora extra se puede determinar el tiempo total de horas extras por cada empleado.

- Es de recalcar que si en la columna acumulado el tiempo es positivo quiere decir que son las horas que toca pagarle al empleado de más, pero si son negativos son las horas que el empleado queda debiendo, las cuales pagará en horas no laborales, vacacionales o se le descontará de su nómina.

- En cuanto al periodo vacacional, cada empleado tiene ciertos días por derecho y días que se va tomando con previo aviso. En la casilla descripción se indicarán las fechas que se toma de vacaciones.

- En la columna de acumulado irán los días que por derecho falta que el empleado tome.

BITÁCORA DE CONTROL DE ACTIVIDADES Y DE MANO DE OBRA

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha (dd/mm/aaaa)	Día	Descripción de la actividad	Localización de la actividad		Duración de la actividad		Total de horas	Costo/hora ($)	Costo total ($)	Nombre del empleado
			Nx	Fx	Hora de inicio	Hora de fin				

Instrucciones:

- Nx indica el número de la nave y Fx el número de la fila.

- Tanto la localización de la actividad como la duración de la misma tienen un rol muy importante ya que el saber el avance de la actividad y el tiempo que dicha actividad tardó, permite medir el rendimiento de los empleados y asimismo ajustar los tiempos de todas las actividades que se realizan en el manejo del cultivo.

- Teniendo las horas de inicio y fin de la actividad, se obtiene el número total de horas trabajadas por el empleado para finalmente determinar el costo total de horas trabajadas por empleado.

BITÁCORA DE MONITOREO DE HUMEDAD DEL SUELO

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha (dd/mm/aaaa)	Hora	Localización		Profundidad (cm)	Lectura (kPa o Cb)	Interpretación	Observaciones
		Nx	Fx				

Instrucciones:

- Nx indica el número de la nave y Fx el número de la fila, esto para ubicar el sitio de la medición y tomar las medidas correctivas respectivas del sector.

- La profundidad es importante ya que ésta varía con respecto a la edad de la planta.

- La lectura del tensiómetro se marcará en unidades de kilo pascales o lo que es igual en unidades de centibares.

- Para la interpretación se manejan los siguientes rangos:

  - *Lecturas 0-10:* Indican un suelo saturado. Pueden ser normales por un período de 24 horas posteriores a un riego. Si perduran, indican un exceso de humedad que puede dar lugar a asfixia de las raíces.

  - *Lecturas 10-20:* Indican que la humedad está a la disposición de la planta con un esfuerzo mínimo.

  - *Lecturas 30-60:* En esta gama de lecturas está asegurada una buena oxigenación de las raíces. En zonas cálidas y cuando se trate de regar tierra muy arenosa con poco poder de retención, se recomienda iniciar los riegos con lecturas de 30 a 45.

  - *Lecturas de 70 y más:* Indican que la planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento. Puede ser que exista todavía humedad en el suelo, pero a la planta le resulta muy difícil extraerla.

BITACORA DE MORFOLOGIA DE LA PLANTA Y TAMANO DEL FRUTO

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____	Fecha	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____	Etapa fenológica	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____	DDT	_____

N° de plantas a muestrear	Características de la planta					Características del fruto				Observaciones
	Altura (cms)	Ø del ápice (mm) del racimo en floración	Longitud de la hoja (cms) de la parte media	N° de hojas bien desarrolladas	Distancia entre racimos (cms) bien formados	N° de frutos por racimo	Peso promedio del fruto intermedio del racimo (grs)	Ø polar (cms)	Ø ecuatorial (cms)	
Promedio										

Instrucciones:

- La altura de la planta permite llevar un monitoreo de cuántos centímetros está creciendo por semana y por ende su correcto desarrollo.

- El diámetro del ápice del racimo que está en floración da un indicio de la vida útil de la planta. Un ápice pequeño y enchinado sería un mal indicio.

- La longitud de la hoja nos puede dar indicios de una planta vigorosa la cual necesita poda o se le está echando mucho nitrógeno.

- El número de hojas bien desarrolladas nos define la primera actividad de cuándo hacer la primera poda ya que la planta de tomate debe de tener entre 12 y 14 hojas bien desarrolladas.

- La distancia entre racimos bien formados afecta la productividad en el sentido de que si hay una menor distancia, quiere decir que habrá más sombreo entre las hojas y por lo tanto poca luz, o sea menor actividad fotosintética (frutos payaseados). Asimismo, determinará una acción de podas para aumentar luminosidad.

- El número de frutos por racimo determinará la uniformidad y el tamaño de los frutos. Esto encadena a la actividad de releo de frutos o aclareo de flor en donde se removerán los elementos mal formados y de más que estén consumiendo carbohidratos de la planta.

- El peso promedio del fruto intermedio y tanto el diámetro polar como el diámetro ecuatorial serán parámetros de calidad a tener en cuenta a la hora de realizar el mercadeo. También, son datos que pueden ayudar a detectar problemas de manejo del cultivo.

BITÁCORA DE RIEGOS

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha (dd/mm/aaaa)	DDT	Etapa fenológica	Hora	Duración del riego (minutos)	Total de litros de agua por riego	Cantidad recibida en litros/planta/riego	Frecuencia de riegos/día	Total de agua en litros/día	Descarga promedio de los goteros (l/h)	Observaciones

Instrucciones:

- Se debe colocar los días después del trasplante (DDT) y su etapa fenológica para determinar si la cantidad de riego suministrado es la que demanda la planta en ese momento.

- Es importante manejar la duración de riego debido a que ayudará a ajustar la frecuencia de riego. Esto, en el sentido de observar las características del suelo ya que hay suelos con velocidad de infiltración baja (arcillas) y otras altas (arenas).

- Se deberá registrar el total de agua suministrado por riego (capacidad del tanque de riego) ya que junto con el número total de plantas se podrá saber los litros por planta por riego que la planta está recibiendo. Asimismo, con la frecuencia de riego (N° de tanques de riego echados) se podrá determinar la cantidad de agua por día que se le está suministrando a la planta.

- La descarga promedio de los goteros es una medida que se debe hacer periódicamente con el fin de revisar el sistema de riego, al comparar la cantidad que sale del gotero con la cantidad suministrada por el fabricante o escrita en la etiqueta.

BITACORA DE MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES Y SANIDAD

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____	Etapa fenológica	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____	Fecha probable de cosecha	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____		

Fecha (dd/mm/aaaa)	Hora	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Plaga		Tipo e indicar los estados observados (Ej.: huevo, pupa, ninfa, adulto)	Enfermedad		Tipo	Observaciones de algún organismo benéfico	Localización		Nivel de incidencia			Tratamiento						Técnica de la aplicación			Intervalo de seguridad para la cosecha	Tiempo de reentrada al área tratada
				Si	No		Si	No			Nx	Fx	Alto	Medio	Bajo	Producto aplicado	Ingrediente activo	Dosis	Cantidad usada en la aplicación	pH de la solución mezclada	Temperatura (°C) de la mezcla	Foliar (Aspersora)	Radicular (Por riego)	Nebulización (Termo-nebulizadora)		

Instrucciones:

- Se debe colocar los datos climáticos indicados junto con la hora ya que es una forma de saber predecir las condiciones que más propician la aparición de plagas y enfermedades.
- Es importante para el caso de plagas colocar los estados de desarrollo en que se detectan ya que de acuerdo al estado se escoge el producto a aplicar.
- Se registrarán los organismos benéficos que se encuentren, pues éstos actúan a favor eliminando las plagas. Es importante tener presente la selección de agroquímicos ya que éstos al igual que eliminan las plagas, también pueden afectar los organismos benéficos.
- Es importante saber la localización de dónde se realiza el monitoreo, pues con ella se puede detectar los focos de infección y contaminación más frecuentes o el porqué de su incremento en unos sitios más que otros (Ej. En una zona donde no se ha podado y donde seguramente hay mayor humedad, podría ser un posible foco de enfermedades fungosas). Nx es para ubicar la nave y Fx para ubicar la fila.
- El nivel de incidencia indica la población de la plaga o el grado de presencia de ésta. Sabiendo su incidencia se puede determinar el producto a utilizar. Es de recordar que entre menos pesticidas se usen y con menor grado de toxicidad se obtendrá un producto más inocuo.
- Para el tratamiento es importante mirar la etiqueta del producto que se vaya utilizar, se saca la dosis según la etiqueta para luego obtener la cantidad de producto a utilizar por litro de agua y por el área a tratar. A partir de lo anterior, se podrá calcular las mochilas (capacidad de 20 L) que se requieren.
- Una vez se obtiene la mezcla del producto con el agua es recomendable que se revise el pH obtenido y la temperatura ya que ciertos productos trabajan bajo ciertos pH y debido a una incorrecta temperatura podrían precipitar. Es recomendable, en caso de aplicar un producto por el riego, aplicarlo por separado de la solución nutritiva y luego lavar muy bien el sistema de riego.
- El intervalo de seguridad para cosecha es muy importante tenerlo en cuenta y programado ya que hay productos que dejan residualidad por lo cual genera un intervalo de tiempo muerto hasta que este se cumpla. Esto quiere decir que luego de la aplicación no es permitido para el consumo en fresco por la toxicidad o residuos que quedaron. Cabe resaltar que entre más fuerte sea el producto mayor será el tiempo de espera para volver a cosechar producto.
- El tiempo de reentrada al área tratada es de los aspectos más importante a tener en cuenta, puesto que implica de forma negativa la salud de los trabajadores. Una vez aplicado el producto y dependiendo de su grado de toxicidad ninguna persona puede ingresar al invernadero o área tratada indicada (importante etiquetar o marcas las áreas aisladas). Si se requiere entrar es importante que cuente con el equipo necesario para su protección.

BITÁCORA DE MONITOREO DEL CLIMA AL INTERIOR DEL INVERNADERO (TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN Y CO2)

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	

Fecha (dd/mm/aaaa)	Hora	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Radiación (W/M²)	CO_2 (PPM)
Promedio					

Instrucciones:

- Las mediciones se hacen en distintas horas del día de modo que se pueda obtener los valores máximos y mínimos del día para luego determinar el rango. Dicho rango se comparará con los valores que demanda el cultivo de tomate para observar si cumple o no con los requerimientos de la planta. De esta forma, se tendría una referencia medida con las que se pueden llevar a cabo estrategias de manejo para llevar el cultivo a sus rangos óptimos. Entre estas estrategias se encuentran el manejo del clima (ventilación y calefacción), el manejo de los riegos y el manejo de labores culturales.

BITÁCORA DE MONITOREO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Fecha (dd/mm/aaaa)	Día	Tanque		Gotero			Suelo			Observaciones
		pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	Nx; Fx	pH	CE (dS/m)	Nx, Fx	

Instrucciones:

- Nx indica el número de la nave y Fx el número de la fila, esto para ubicar el sitio de la medición.

- Las mediciones se harán al menos una vez por semana y sobre todo cuando haya un cambio en las cantidades de fertilizantes o algún cambio de alguna fuente.

- Para las mediciones en el tanque de riego, cuando no se tiene un buen dispositivo de mezclado o un sistema de riego automatizado se recomienda tomar medidas tanto de la parte superior del tanque como de la parte inferior y tomar el promedio. Esto, debido a que en el fondo se precipita y se concentran más los fertilizantes que en la parte superior por lo que la concentración de sales es mayor.

- Cabe resaltar que los valores de pH deben estar entre 5.5 – 6.5 y los de CE deben coincidir según la solución nutritiva de referencia. También, los valores del suelo y de la salida del gotero pueden dar un poco más altos debido a que se acumulan las sales.

BITÁCORA DE SOLUCIÓN DE SUELO Y EXTRACCIÓN CELULAR DE PECÍOLO (ECP)

Finca	_____	Encargado	_____	Municipio	_____
Área invernadero	_____	Cultivo	_____	N.º plantas	_____
Distancia de siembra	_____	Fecha de siembra	_____	Variedad	_____

Solución del suelo					ECP			
	PPM					PPM		
SDT	$N\text{-}NO_3$	K	$P\text{-}PO_4$		SDT	$N\text{-}NO_3$	K	$P\text{-}PO_4$

Instrucciones:

- SDT: Semana después del trasplante.

- Al obtener los extractos de muestra ya sea por chupatubo para suelo o para tejido vegetal se toma el cardy respectivo al ion deseado para medir la concentración en ppm o mediante el fotómetro si se tiene.

BITÁCORA DE POLINIZACIÓN

Finca _____ Encargado _____ Municipio _____
Área invernadero _____ Cultivo _____ N.º plantas _____
Distancia de siembra _____ Fecha de siembra _____ Variedad _____

DATOS GENERALES DE LAS COLMENAS:

*Semana de colocación de la colmena _____
*% de floración al inició de la colocación _____
*Semana de recambio de la colmena _____
*Temperatura al momento de la inspección (°C) _____
*Altura de la colmena (cm) _____
*Orientación de la colmena (Pasillo, surco, etc.) _____
*Reserva de polen en la colmena (Si/No) _____
*Presencia de hormigas o roedores (¿Cuál?) _____
*Tipo de material de cubierta de la colmena _____

Fecha (dd/mm/aaaa)	N° de planta	Total de flores marcadas	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total de flores no marcadas	Total de flores	% de polinización (Nivel 1)	% de polinización (Nivel 2)	% de polinización (Nivel 3)
Total										
% de polinización										

Instrucciones:

- Muestrear semanalmente entre 15 y 20 plantas escogidas al azar para tener un muestreo de al menos 50 flores
- Para determinar los niveles de polinización se hace de la siguiente forma:
  - **Nivel 3 Alto**, las flores están muy marcadas y la flor se ve oscura, el número de visitas no se puede contar. Otro criterio es que si de cada 100 flores el 100% presenta más de 3 visitas significa una sobre polinización lo cual es desfavorable para el cultivo.
  - **Nivel 2=Medio**, las flores tienen varias marcas pero no se ven muy oscuras aunque se distinguen perfectamente a distancia y se pueden contar varias visitas. Otro criterio es que si de cada 100 flores el 90 % al menos había entre 2 y 3 mordidas por el abejorro esto significa dos o tres visitas.
  - **Nivel 1=Bajo/Ligero**, las flores tienen muy pocas marcas. A simple vista no se notan las marcas porque puede ser sólo una o unas cuantas muy ligeras. Otro criterio es que si de 100 flores el 90% al menos presentaba una mordida por el abejorro.
- Para obtener el porcentaje de polinización sólo hay que multiplicar el número de flores marcadas por 2 (ej. **48** flores marcadas X **2** = **96**% de **50** flores recolectadas).

23.9 Formato de gastos de agua para invernadero

MES/(AAAA)	DIA		# DE TINACOS	CAPACIDAD DEL TINACO	COSTO/M^3	COSTO TOTAL
ABRIL	JUEVES	24	2	10	$ 0,55	$ 11,00
ABRIL	VIERNES	25	1	10	$ 0,55	$ 5,50
ABRIL	SÁBADO	26	1	10	$ 0,55	$ 5,50
ABRIL	DOMINGO	27	1	10	$ 0,55	$ 5,50
ABRIL	LUNES	28	1	10	$ 0,55	$ 5,50
ABRIL	MARTES	29	1	10	$ 0,55	$ 5,50
ABRIL	MIÉRCOLES	30	2	10	$ 0,55	$ 11,00
TOTAL MES ABRIL			**9**	**70**	**$ 3,85**	**$ 49,50**
MAYO	JUEVES	1	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	VIERNES	2	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	SABADO	3	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	DOMINGO	4	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	LUNES	5	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	MARTES	6	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	MIÉRCOLES	7	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	JUEVES	8	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	VIERNES	9	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	SÁBADO	10	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	DOMINGO	11	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	LUNES	12	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	MARTES	13	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	MIÉRCOLES	14	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	JUEVES	15	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	VIERNES	16	1	10	$ 0,55	$ 5,50
MAYO	SÁBADO	17	1	10	$ 0,55	$ 5,50

MAYO	DOMINGO	18	1	10	$ 0,55	$ 5,50
MAYO	LUNES	19	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	MARTES	20	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	MIÉRCOLES	21	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	JUEVES	22	2	10	$ 0,55	$ 11,00
MAYO	VIERNES	23	1	10	$ 0,55	$ 5,50
MAYO	SÁBADO	24	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	DOMINGO	25	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	LUNES	26	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	MARTES	27	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
MAYO	MIÉRCOLES	28	1	10	$ 0,55	$ 5,50
MAYO	JUEVES	29	1	10	$ 0,55	$ 5,50
MAYO	VIERNES	30	0	10	$ 0,55	$ -
MAYO	SABADO	31	1	10	$ 0,55	$ 5,50
TOTAL MES MAYO			**29,5**	**310**	**$ 17,05**	**$ 162,25**
JUNIO	DOMINGO	1	1	10	$ 0,55	$ 5,50
JUNIO	LUNES	2	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MARTES	3	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MIÉRCOLES	4	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	JUEVES	5	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	VIERNES	6	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	SÁBADO	7	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	DOMINGO	8	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	LUNES	9	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MARTES	10	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MIÉRCOLES	11	1	10	$ 0,55	$ 5,50
JUNIO	JUEVES	12	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JUNIO	VIERNES	13	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	SÁBADO	14	2	10	$ 0,55	$ 11,00

JUNIO	DOMINGO	15	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	LUNES	16	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JUNIO	MARTES	17	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MIÉRCOLES	18	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	JUEVES	19	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	VIERNES	20	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	SÁBADO	21	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	DOMINGO	22	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	LUNES	23	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MARTES	24	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	MIÉRCOLES	25	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	JUEVES	26	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	VIERNES	27	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JUNIO	SÁBADO	28	0,5	10	$ 0,55	$ 2,75
JUNIO	DOMINGO	29	1	10	$ 0,55	$ 5,50
JUNIO	LUNES	30	0	10	$ 0,55	$ -
TOTAL MES JUNIO			**55,5**	**300**	**16,5**	**305,25**
JULIO	MARTES	1	0	10	$ 0,55	$ -
JULIO	MIERCOLES	2	0	10	$ 0,55	$ -
JULIO	JUEVES	3	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	VIERNES	4	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	SÁBADO	5	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	DOMINGO	6	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	LUNES	7	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	MARTES	8	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	MIÉRCOLES	9	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	JUEVES	10	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	VIERNES	11	1	10	$ 0,55	$ 5,50
JULIO	SÁBADO	12	2	10	$ 0,55	$ 11,00

JULIO	DOMINGO	13	0	10	$ 0,55	$ -
JULIO	LUNES	14	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	MARTES	15	4	10	$ 0,55	$ 22,00
JULIO	MIÉRCOLES	16	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	JUEVES	17	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	VIERNES	18	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	SÁBADO	19	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	DOMINGO	20	0	10	$ 0,55	$ -
JULIO	LUNES	21	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	MARTES	22	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	MIÉRCOLES	23	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	JUEVES	24	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	VIERNES	25	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	SÁBADO	26	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	DOMINGO	27	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	LUNES	28	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	MARTES	29	2	10	$ 0,55	$ 11,00
JULIO	MIÉRCOLES	30	3	10	$ 0,55	$ 16,50
JULIO	JUEVES	31	2	10	$ 0,55	$ 11,00
TOTAL MES JULIO			**65**	**310**	**$ 17,05**	**$ 357,50**
AGOSTO	VIERNES	1	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	SÁBADO	2	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	DOMINGO	3	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	LUNES	4	4	10	$ 0,55	$ 22,00
AGOSTO	MARTES	5	3	10	$ 0,55	$ 16,50
AGOSTO	MIÉRCOLES	6	4	10	$ 0,55	$ 22,00
AGOSTO	JUEVES	7	4	10	$ 0,55	$ 22,00
AGOSTO	VIERNES	8	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	SÁBADO	9	2	10	$ 0,55	$ 11,00

AGOSTO	DOMINGO	10	0	10	$ 0,55	$ -
AGOSTO	LUNES	11	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	MARTES	12	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	MIÉRCOLES	13	4	10	$ 0,55	$ 22,00
AGOSTO	JUEVES	14	3	10	$ 0,55	$ 16,50
AGOSTO	VIERNES	15	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	SÁBADO	16	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	DOMINGO	17	0	10	$ 0,55	$ -
AGOSTO	LUNES	18	3	10	$ 0,55	$ 16,50
AGOSTO	MARTES	19	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	MIÉRCOLES	20	3	10	$ 0,55	$ 16,50
AGOSTO	JUEVES	21	3	10	$ 0,55	$ 16,50
AGOSTO	VIERNES	22	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	SÁBADO	23	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	DOMINGO	24	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	LUNES	25	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	MARTES	26	4	10	$ 0,55	$ 22,00
AGOSTO	MIÉRCOLES	27	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	JUEVES	28	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	VIERNES	29	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	SÁBADO	30	2	10	$ 0,55	$ 11,00
AGOSTO	DOMINGO	31	2	10	$ 0,55	$ 11,00
TOTAL MES AGOSTO			**73**	**310**	**$ 17,05**	**$ 401,50**
SEPTIEMBRE	LUNES	1	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	MARTES	2	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	3	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	JUEVES	4	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	VIERNES	5	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	SÁBADO	6	2	10	$ 0,55	$ 11,00

SEPTIEMBRE	DOMINGO	7	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	LUNES	8	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	MARTES	9	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	10	2	10	$ 0,55	$ 11,00
SEPTIEMBRE	JUEVES	11	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	VIERNES	12	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	SÁBADO	13	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	DOMINGO	14	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	LUNES	15	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MARTES	16	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	17	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	JUEVES	18	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	VIERNES	19	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	SÁBADO	20	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	DOMINGO	21	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	LUNES	22	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MARTES	23	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	24	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	JUEVES	25	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	VIERNES	26	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	SÁBADO	27	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	DOMINGO	28	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	LUNES	29	1	10	$ 0,55	$ 5,50
SEPTIEMBRE	MARTES	30	1	10	$ 0,55	$ 5,50
TOTAL MES SEPTIEMBRE			**38**	**300**	**16,5**	**209**
OCTUBRE	MIERCOLES	1	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	JUEVES	2	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	VIERNES	3	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	SÁBADO	4	1	10	$ 0,55	$ 5,50

OCTUBRE	DOMINGO	5	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	LUNES	6	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MARTES	7	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MIÉRCOLES	8	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	JUEVES	9	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	VIERNES	10	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	SÁBADO	11	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	DOMINGO	12	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	LUNES	13	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MARTES	14	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MIÉRCOLES	15	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	JUEVES	16	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	VIERNES	17	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	SÁBADO	18	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	DOMINGO	19	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	LUNES	20	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MARTES	21	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MIÉRCOLES	22	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	JUEVES	23	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	VIERNES	24	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	SÁBADO	25	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	DOMINGO	26	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	LUNES	27	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MARTES	28	1	10	$ 0,55	$ 5,50
OCTUBRE	MIÉRCOLES	29	0	10	$ 0,55	$ -
OCTUBRE	JUEVES	30	0	10	$ 0,55	$ -
OCTUBRE	VIERNES	31	0	10	$ 0,55	$ -
TOTAL MES OCTUBRE			**28**	**310**	**$ 17,05**	**$ 154,00**
				TOTAL CICLO		$ 1.639,00

23.10 Formato para gasto de energía de bombas de 3 HP y 5 HP

COSTO DE CFE KW/H	$ 1,31
TIEMPO EN LLENAR EL TINACO DE 10 M3 CON BOMBA DE 3 HP	20MIN
TIEMPO EN REGAR EL TINACO DE 10 M3 CON BOMBA DE 5 HP	40MIN

MES/14	DIA		# DE TINACOS	TIEMPO EN LLENAR EL TINACO (HR) BOMBA 3HP	TOTAL HRS/DIA (BOMBA 3HP)	COSTO TOTAL DE ENERGÍA (3HP)	TIEMPO EN VACIAR EL TINACO (MIN) BOMBA 5HP	TOTAL HRS/DIA (BOMBA 5HP)	COSTO TOTAL DE ENERGÍA (5HP)
ABRIL	JUEVES	24	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
ABRIL	VIERNES	25	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
ABRIL	SÁBADO	26	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
ABRIL	DOMINGO	27	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
ABRIL	LUNES	28	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
ABRIL	MARTES	29	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
ABRIL	MIÉRCOLES	30	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
TOTAL MES ABRIL			9	2,33	3,00	$ 8,80	4,67	6,00	$ 29,32
MAYO	JUEVES	1	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	VIERNES	2	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	SABADO	3	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
MAYO	DOMINGO	4	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	LUNES	5	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
MAYO	MARTES	6	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	MIÉRCOLES	7	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
MAYO	JUEVES	8	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	VIERNES	9	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	SÁBADO	10	0	0,33	0,00		0,67	0,00	

MAYO	DOMINGO	11	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	LUNES	12	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	MARTES	13	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	MIÉRCOLES	14	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	JUEVES	15	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	VIERNES	16	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	SÁBADO	17	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	DOMINGO	18	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	LUNES	19	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	MARTES	20	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	MIÉRCOLES	21	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	JUEVES	22	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
MAYO	VIERNES	23	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	SÁBADO	24	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	DOMINGO	25	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
MAYO	LUNES	26	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	MARTES	27	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
MAYO	MIÉRCOLES	28	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	JUEVES	29	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
MAYO	VIERNES	30	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
MAYO	SABADO	31	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
TOTAL MES MAYO			**29,5**	**10,33**	**9,83**	**$ 28,83**	**20,67**	**19,67**	**$ 96,10**
JUNIO	DOMINGO	1	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
JUNIO	LUNES	2	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MARTES	3	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MIÉRCOLES	4	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	JUEVES	5	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	VIERNES	6	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	SÁBADO	7	2	0,33	0,67		0,67	1,33	

JUNIO	DOMINGO	8	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	LUNES	9	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MARTES	10	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MIÉRCOLES	11	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
JUNIO	JUEVES	12	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JUNIO	VIERNES	13	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	SÁBADO	14	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	DOMINGO	15	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	LUNES	16	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JUNIO	MARTES	17	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MIÉRCOLES	18	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	JUEVES	19	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	VIERNES	20	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	SÁBADO	21	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	DOMINGO	22	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	LUNES	23	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MARTES	24	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	MIÉRCOLES	25	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	JUEVES	26	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	VIERNES	27	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JUNIO	SÁBADO	28	0,5	0,33	0,17		0,67	0,33	
JUNIO	DOMINGO	29	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
JUNIO	LUNES	30	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
TOTAL MES JUNIO			**55,5**	**10**	**18,5**	**$ 54,24**	**20,00**	**37,00**	**$ 180,79**
JULIO	MARTES	1	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
JULIO	MIERCOLES	2	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
JULIO	JUEVES	3	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	VIERNES	4	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	SÁBADO	5	2	0,33	0,67		0,67	1,33	

JULIO	DOMINGO	6	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	LUNES	7	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	MARTES	8	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	MIÉRCOLES	9	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	JUEVES	10	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	VIERNES	11	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
JULIO	SÁBADO	12	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	DOMINGO	13	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
JULIO	LUNES	14	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	MARTES	15	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
JULIO	MIÉRCOLES	16	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	JUEVES	17	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	VIERNES	18	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	SÁBADO	19	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	DOMINGO	20	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
JULIO	LUNES	21	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	MARTES	22	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	MIÉRCOLES	23	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	JUEVES	24	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	VIERNES	25	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	SÁBADO	26	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	DOMINGO	27	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	LUNES	28	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	MARTES	29	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
JULIO	MIÉRCOLES	30	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
JULIO	JUEVES	31	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
TOTAL MES JULIO			**65**	**10,33**	**21,67**	**$ 63,52**	**20,67**	**43,33**	**$ 211,74**
AGOSTO	VIERNES	1	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	SÁBADO	2	2	0,33	0,67		0,67	1,33	

AGOSTO	DOMINGO	3	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	LUNES	4	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
AGOSTO	MARTES	5	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
AGOSTO	MIÉRCOLES	6	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
AGOSTO	JUEVES	7	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
AGOSTO	VIERNES	8	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	SÁBADO	9	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	DOMINGO	10	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
AGOSTO	LUNES	11	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	MARTES	12	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	MIÉRCOLES	13	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
AGOSTO	JUEVES	14	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
AGOSTO	VIERNES	15	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	SÁBADO	16	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	DOMINGO	17	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
AGOSTO	LUNES	18	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
AGOSTO	MARTES	19	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	MIÉRCOLES	20	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
AGOSTO	JUEVES	21	3	0,33	1,00		0,67	2,00	
AGOSTO	VIERNES	22	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	SÁBADO	23	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	DOMINGO	24	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	LUNES	25	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	MARTES	26	4	0,33	1,33		0,67	2,67	
AGOSTO	MIÉRCOLES	27	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	JUEVES	28	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	VIERNES	29	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	SÁBADO	30	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
AGOSTO	DOMINGO	31	2	0,33	0,67		0,67	1,33	

TOTAL MES AGOSTO			73	10,33	24,33	$ 71,34	20,67	48,67	$ 237,80
SEPTIEMBRE	LUNES	1	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	MARTES	2	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	3	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	JUEVES	4	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	VIERNES	5	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	SÁBADO	6	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	DOMINGO	7	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	LUNES	8	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	MARTES	9	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	10	2	0,33	0,67		0,67	1,33	
SEPTIEMBRE	JUEVES	11	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	VIERNES	12	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	SÁBADO	13	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	DOMINGO	14	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	LUNES	15	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MARTES	16	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	17	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	JUEVES	18	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	VIERNES	19	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	SÁBADO	20	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	DOMINGO	21	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	LUNES	22	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MARTES	23	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	24	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	JUEVES	25	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	VIERNES	26	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	SÁBADO	27	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	DOMINGO	28	1	0,33	0,33		0,67	0,67	

SEPTIEMBRE	LUNES	29	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
SEPTIEMBRE	MARTES	30	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
TOTAL MES SEPTIEMBRE			**38**	**10**	**12,66666667**	**$ 37,14**	**20,00**	**25,33**	**$ 123,79**
OCTUBRE	MIERCOLES	1	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	JUEVES	2	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	VIERNES	3	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	SÁBADO	4	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	DOMINGO	5	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	LUNES	6	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MARTES	7	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MIÉRCOLES	8	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	JUEVES	9	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	VIERNES	10	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	SÁBADO	11	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	DOMINGO	12	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	LUNES	13	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MARTES	14	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MIÉRCOLES	15	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	JUEVES	16	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	VIERNES	17	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	SÁBADO	18	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	DOMINGO	19	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	LUNES	20	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MARTES	21	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MIÉRCOLES	22	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	JUEVES	23	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	VIERNES	24	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	SÁBADO	25	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	DOMINGO	26	1	0,33	0,33		0,67	0,67	

OCTUBRE	LUNES	27	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MARTES	28	1	0,33	0,33		0,67	0,67	
OCTUBRE	MIÉRCOLES	29	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
OCTUBRE	JUEVES	30	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
OCTUBRE	VIERNES	31	0	0,33	0,00		0,67	0,00	
TOTAL MES OCTUBRE			**28**	**10,33**	**9,33**	**$ 27,36**	**20,67**	**18,67**	**$ 91,21**

TOTAL DEL CICLO	**63,67**	**99,33**	**$ 291,22**	**127,33**	**198,67**	**$ 970,74**

23.10.1 Cálculo para gasto de energía bombas

Conversión consumo de energía - Abril			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	3,00	6,714	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 8,80	pesos

Conversión consumo de energía - Mayo			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	9,83	22,007	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 28,83	pesos

Conversión consumo de energía - Junio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	18,50	41,403	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 54,24	pesos

Conversión consumo de energía - Julio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	21,67	48,49	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 63,52	pesos

Conversión consumo de energía - Agosto			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	24,33	54,458	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 71,34	pesos

Conversión consumo de energía - Septiembre

Conversión consumo de energía - Abril			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	6,00	22,38	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 29,32	pesos

Conversión consumo de energía - Mayo			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	19,67	73,3566667	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 96,10	pesos

Conversión consumo de energía - Junio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	37,00	138,01	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 180,79	pesos

Conversión consumo de energía - Julio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	43,33	161,633333	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 211,74	pesos

Conversión consumo de energía - Agosto			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	48,67	181,526667	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 237,80	pesos

Conversión consumo de energía - Septiembre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	12,67	28,348	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 37,14	pesos

Conversión consumo de energía - Octubre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	9,33	20,888	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 27,36	pesos

Conversión consumo de energía - Total del ciclo

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	3	2,238	kW
Tiempo de uso hr.	99,33	222,308	/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 291,22	pesos

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	25,33	94,4933333	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 123,79	pesos

Conversión consumo de energía - Octubre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	18,67	69,6266667	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 91,21	pesos

Conversión consumo de energía - Total del ciclo

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	5	3,73	kW
Tiempo de uso hr.	198,67	741,026667	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 970,74	pesos

23.11 Formato para gasto de energía de extractores y ventiladores

COSTO DE CFE KW/H			$ 1,31				
MES/14	**DIA**		**HORAS DE USO DEL VENTILADOR/DÍA**	**HORAS DE USO DEL EXTRACTOR/DÍA**	**# DÍAS/MES**	**COSTO TOTAL ENERGÍA 4 VENTILADORES**	**COSTO TOTAL ENERGÍA 4 EXTRACTORES**
ABRIL	JUEVES	24	4	4	1		
ABRIL	VIERNES	25	4	4	1		
ABRIL	SÁBADO	26	4	4	1		
ABRIL	DOMINGO	27	4	4	1		
ABRIL	LUNES	28	4	4	1		
ABRIL	MARTES	29	4	4	1		
ABRIL	MIÉRCOLES	30	4	4	1		

TOTAL MES ABRIL			28	28	7	$ 164,18	$ 164,18
MAYO	JUEVES	1	4	4	1		
MAYO	VIERNES	2	4	4	1		
MAYO	SABADO	3	4	4	1		
MAYO	DOMINGO	4	4	4	1		
MAYO	LUNES	5	4	4	1		
MAYO	MARTES	6	4	4	1		
MAYO	MIÉRCOLES	7	4	4	1		
MAYO	JUEVES	8	4	4	1		
MAYO	VIERNES	9	4	4	1		
MAYO	SÁBADO	10	4	4	1		
MAYO	DOMINGO	11	4	4	1		
MAYO	LUNES	12	4	4	1		
MAYO	MARTES	13	4	4	1		
MAYO	MIÉRCOLES	14	4	4	1		
MAYO	JUEVES	15	4	4	1		
MAYO	VIERNES	16	4	4	1		
MAYO	SÁBADO	17	4	4	1		
MAYO	DOMINGO	18	4	4	1		
MAYO	LUNES	19	4	4	1		
MAYO	MARTES	20	4	4	1		
MAYO	MIÉRCOLES	21	4	4	1		
MAYO	JUEVES	22	4	4	1		
MAYO	VIERNES	23	4	4	1		
MAYO	SÁBADO	24	4	4	1		
MAYO	DOMINGO	25	4	4	1		
MAYO	LUNES	26	4	4	1		
MAYO	MARTES	27	4	4	1		
MAYO	MIÉRCOLES	28	4	4	1		

MAYO	JUEVES	29	4	4	1		
MAYO	VIERNES	30	4	4	1		
MAYO	SABADO	31	4	4	1		
TOTAL MES MAYO			**124**	**124**	**31**	**$ 727,08**	**$ 727,08**
JUNIO	DOMINGO	1	4	4	1		
JUNIO	LUNES	2	4	4	1		
JUNIO	MARTES	3	4	4	1		
JUNIO	MIÉRCOLES	4	4	4	1		
JUNIO	JUEVES	5	4	4	1		
JUNIO	VIERNES	6	4	4	1		
JUNIO	SÁBADO	7	4	4	1		
JUNIO	DOMINGO	8	4	4	1		
JUNIO	LUNES	9	4	4	1		
JUNIO	MARTES	10	4	4	1		
JUNIO	MIÉRCOLES	11	4	4	1		
JUNIO	JUEVES	12	4	4	1		
JUNIO	VIERNES	13	4	4	1		
JUNIO	SÁBADO	14	4	4	1		
JUNIO	DOMINGO	15	4	4	1		
JUNIO	LUNES	16	4	4	1		
JUNIO	MARTES	17	4	4	1		
JUNIO	MIÉRCOLES	18	4	4	1		
JUNIO	JUEVES	19	4	4	1		
JUNIO	VIERNES	20	4	4	1		
JUNIO	SÁBADO	21	4	4	1		
JUNIO	DOMINGO	22	4	4	1		
JUNIO	LUNES	23	4	4	1		
JUNIO	MARTES	24	4	4	1		
JUNIO	MIÉRCOLES	25	4	4	1		

JUNIO	JUEVES	26	4	4	1		
JUNIO	VIERNES	27	4	4	1		
JUNIO	SÁBADO	28	4	4	1		
JUNIO	DOMINGO	29	4	4	1		
JUNIO	LUNES	30	4	4	1		
TOTAL MES JUNIO			**120**	**120**	**30**	**$ 703,63**	**$ 703,63**
JULIO	MARTES	1	4	4	1		
JULIO	MIERCOLES	2	4	4	1		
JULIO	JUEVES	3	4	4	1		
JULIO	VIERNES	4	4	4	1		
JULIO	SÁBADO	5	4	4	1		
JULIO	DOMINGO	6	4	4	1		
JULIO	LUNES	7	4	4	1		
JULIO	MARTES	8	4	4	1		
JULIO	MIÉRCOLES	9	4	4	1		
JULIO	JUEVES	10	4	4	1		
JULIO	VIERNES	11	4	4	1		
JULIO	SÁBADO	12	4	4	1		
JULIO	DOMINGO	13	4	4	1		
JULIO	LUNES	14	4	4	1		
JULIO	MARTES	15	4	4	1		
JULIO	MIÉRCOLES	16	4	4	1		
JULIO	JUEVES	17	4	4	1		
JULIO	VIERNES	18	4	4	1		
JULIO	SÁBADO	19	4	4	1		
JULIO	DOMINGO	20	4	4	1		
JULIO	LUNES	21	4	4	1		
JULIO	MARTES	22	4	4	1		
JULIO	MIÉRCOLES	23	4	4	1		

JULIO	JUEVES	24	4	4	1		
JULIO	VIERNES	25	4	4	1		
JULIO	SÁBADO	26	4	4	1		
JULIO	DOMINGO	27	4	4	1		
JULIO	LUNES	28	4	4	1		
JULIO	MARTES	29	4	4	1		
JULIO	MIÉRCOLES	30	4	4	1		
JULIO	JUEVES	31	4	4	1		
TOTAL MES JULIO			**124**	**124**	**31**	**$ 727,08**	**$ 727,08**
AGOSTO	VIERNES	1	4	4	1		
AGOSTO	SÁBADO	2	4	4	1		
AGOSTO	DOMINGO	3	4	4	1		
AGOSTO	LUNES	4	4	4	1		
AGOSTO	MARTES	5	4	4	1		
AGOSTO	MIÉRCOLES	6	4	4	1		
AGOSTO	JUEVES	7	4	4	1		
AGOSTO	VIERNES	8	4	4	1		
AGOSTO	SÁBADO	9	4	4	1		
AGOSTO	DOMINGO	10	4	4	1		
AGOSTO	LUNES	11	4	4	1		
AGOSTO	MARTES	12	4	4	1		
AGOSTO	MIÉRCOLES	13	4	4	1		
AGOSTO	JUEVES	14	4	4	1		
AGOSTO	VIERNES	15	4	4	1		
AGOSTO	SÁBADO	16	4	4	1		
AGOSTO	DOMINGO	17	4	4	1		
AGOSTO	LUNES	18	4	4	1		
AGOSTO	MARTES	19	4	4	1		
AGOSTO	MIÉRCOLES	20	4	4	1		

AGOSTO	JUEVES	21	4	4	1		
AGOSTO	VIERNES	22	4	4	1		
AGOSTO	SÁBADO	23	4	4	1		
AGOSTO	DOMINGO	24	4	4	1		
AGOSTO	LUNES	25	4	4	1		
AGOSTO	MARTES	26	4	4	1		
AGOSTO	MIÉRCOLES	27	4	4	1		
AGOSTO	JUEVES	28	4	4	1		
AGOSTO	VIERNES	29	4	4	1		
AGOSTO	SÁBADO	30	4	4	1		
AGOSTO	DOMINGO	31	4	4	1		
TOTAL MES AGOSTO			**124**	**124**	**31**	**$ 727,08**	**$ 727,08**
SEPTIEMBRE	LUNES	1	6	6	1		
SEPTIEMBRE	MARTES	2	6	6	1		
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	3	7	7	1		
SEPTIEMBRE	JUEVES	4	7	7	1		
SEPTIEMBRE	VIERNES	5	7	7	1		
SEPTIEMBRE	SÁBADO	6	7	7	1		
SEPTIEMBRE	DOMINGO	7	0	0	1		
SEPTIEMBRE	LUNES	8	0	7	1		
SEPTIEMBRE	MARTES	9	3	6	1		
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	10	3	3	1		
SEPTIEMBRE	JUEVES	11	3	3	1		
SEPTIEMBRE	VIERNES	12	3	3	1		
SEPTIEMBRE	SÁBADO	13	3	3	1		
SEPTIEMBRE	DOMINGO	14	3	3	1		
SEPTIEMBRE	LUNES	15	3	3	1		
SEPTIEMBRE	MARTES	16	3	3	1		
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	17	3	3	1		

SEPTIEMBRE	JUEVES	18	3	3	1		
SEPTIEMBRE	VIERNES	19	3	3	1		
SEPTIEMBRE	SÁBADO	20	3	3	1		
SEPTIEMBRE	DOMINGO	21	3	3	1		
SEPTIEMBRE	LUNES	22	3	3	1		
SEPTIEMBRE	MARTES	23	3	3	1		
SEPTIEMBRE	MIÉRCOLES	24	3	3	1		
SEPTIEMBRE	JUEVES	25	3	3	1		
SEPTIEMBRE	VIERNES	26	3	3	1		
SEPTIEMBRE	SÁBADO	27	3	3	1		
SEPTIEMBRE	DOMINGO	28	3	3	1		
SEPTIEMBRE	LUNES	29	3	3	1		
SEPTIEMBRE	MARTES	30	3	3	1		
TOTAL MES SEPTIEMBRE			**106**	**116**	**30**	**$ 621,54**	**$ 680,17**
OCTUBRE	MIERCOLES	1	3	3	1		
OCTUBRE	JUEVES	2	3	3	1		
OCTUBRE	VIERNES	3	3	3	1		
OCTUBRE	SÁBADO	4	3	3	1		
OCTUBRE	DOMINGO	5	3	3	1		
OCTUBRE	LUNES	6	3	3	1		
OCTUBRE	MARTES	7	3	3	1		
OCTUBRE	MIÉRCOLES	8	3	3	1		
OCTUBRE	JUEVES	9	3	3	1		
OCTUBRE	VIERNES	10	3	3	1		
OCTUBRE	SÁBADO	11	3	3	1		
OCTUBRE	DOMINGO	12	3	3	1		
OCTUBRE	LUNES	13	3	3	1		
OCTUBRE	MARTES	14	3	3	1		
OCTUBRE	MIÉRCOLES	15	3	3	1		

OCTUBRE	JUEVES	16	3	3	1		
OCTUBRE	VIERNES	17	3	3	1		
OCTUBRE	SÁBADO	18	3	3	1		
OCTUBRE	DOMINGO	19	3	3	1		
OCTUBRE	LUNES	20	3	3	1		
OCTUBRE	MARTES	21	3	3	1		
OCTUBRE	MIÉRCOLES	22	3	3	1		
OCTUBRE	JUEVES	23	3	3	1		
OCTUBRE	VIERNES	24	3	3	1		
OCTUBRE	SÁBADO	25	3	3	1		
OCTUBRE	DOMINGO	26	3	3	1		
OCTUBRE	LUNES	27	3	3	1		
OCTUBRE	MARTES	28	3	3	1		
OCTUBRE	MIÉRCOLES	29	3	3	1		
OCTUBRE	JUEVES	30	3	3	1		
OCTUBRE	VIERNES	31	3	3	1		
TOTAL MES OCTUBRE			**93**	**93**	**31**	**$ 545,31**	**$ 545,31**

TOTAL DEL CICLO	**719**	**729**	**191**	**$ 4.215,90**	**$ 4.274,54**

23.11.1 Cálculo para gasto de energía de extractores y ventiladores

Conversión consumo de energía por ventilador - Abril			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	28	31,332	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 41,04	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Mayo			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 181,7	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Junio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	120	134,28	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 175,9	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Julio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE /h	$ 1,31	$ 181,7	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Agosto			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 181,7	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Septiembre

Conversión consumo de energía por extractor - Abril			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	28	31,332	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 41,04	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Mayo			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 181,77	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Junio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	120	134,28	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 175,91	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Julio			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 181,77	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Agosto			
	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	124	138,756	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 181,77	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Septiembre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	106	118,614	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 155,38	pesos

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	116	129,804	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 170,04	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Octubre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	93	104,067	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 136,33	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Octubre

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	93	104,067	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 136,33	pesos

Conversión consumo de energía por ventilador - Total del ciclo

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	719	804,561	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 1.053,97	pesos

Conversión consumo de energía por extractor - Total del ciclo

	1 hp =	746	watts
Actuador (Hp) ->	1,5	1,119	kW
Tiempo de uso hr.	729	815,751	kW/h
Costo de CFE kW/h	$ 1,31	$ 1.068,63	pesos

Consumo por los 4 ventiladores	**$ 4.215,90**

Consumo por los 4 extractores	**$ 4.274,54**

24. BIBLIOGRAFÍA

AulaFacil. (29 de 7 de 2014). *Lección 22: Evaluación privada de proyectos (IV). Relación beneficio-costo*. Obtenido de http://www.aulafacil.com/proyectos/curso/Lecc-22.htm

Bojacá, C., & Monsalve, O. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero.* Bogotá D.C, Colombia.

Camacho, F. (2006). Preparación solución nutritiva. En *Curso de producción de tomate en invernadero* (INTAGRI ed.). Guanajuato, México.

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. INTAGRI.

Castellanos, J. Z. (2014). *Curso virtual sobre fertirrigación de cultivos hortícolas.*

Castellanos, J. Z., & Muñoz, J. J. (2007).

Catie, C. A. (1990). Proyecto regional manejo integrado de plagas. Guía para el manejo integrado. Turrilba, Costa Rica.

CEICKOR, C. d. (2015). Aplicaciones preventivas para ciclo de tomate. Ezequiel Montes, Colón, México.

Coductronic. (10 de Abril de 2015). Obtenido de http://www.conductronic.com/medi_lab/pc18.html

Contreras, E. A., Olivarez, E., Vázquez, R. E., & Zavala, F. (2009). *Efecto de plantas injertadas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivadas en suelo, sobre la nutrición y fotosíntesis bajo condiciones de invernadero.* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, León.

Dirección general de Investigación y Extensión Agrícola, C. R. (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San Jose, Costa Rica.

Elías, A. (29 de 7 de 2014). *crecenegocios*. Obtenido de http://www.crecenegocios.com/definicion-de-rentabilidad/.

Ellington, L. (2003). Klerk's Growlite.

Erwin, J. E., Rohwer, C., & Gesick, E. (2005). Red:Far Red and Photosynthetically Active Radiation Filtering By Leaves Differs With Species.

Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). *Manual del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.).* Santiago de Chile, Chile.

Escanencia, A. (16 de Octubre de 2014). Recuperado el 2 de Diciembre de 2014, de http://angelescanencia.blogspot.mx/2013/04/de-actividades-desplegadas-quimestre-i.html

FAO. (1998). *FAO Irrigation and drainage paper No. 56. FAO,Roma*. Obtenido de http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490eOO.htm

Flores, I. (1986). *Cultivo de hortalizas.* México: Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, Departamento de Agronomía, Monterrey.

García, A. (2010). Prácticas Culturales en el Cultivo de Tomate en Suelo Bajo Invernadero.

Garza, M., & Molina, M. (2008). Manual para la producción de tomate en suelo en el Estado de Nuevo León. En SAGARPA. Nuevo León, México.

Hamrick, D. (2003). Respuesta generalizada de las plantas a diferentes niveles de luz. Ball Red Book. Batavia, IL: Ball Publishing.

Hualix. (10 de Abril de 2015). Obtenido de http://www.hualix.com.pe/wpcproduct/multiparametro-ph-ce-tds-temphi-98129-hi-98130/

Hydro environment. (20 de Abril de 2015). Obtenido de http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=57&chapter=4

INEGI. (2005).

Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, I. (1996). Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp). Roma, Italia.

invernaderos-agricolas. (7 de Diciembre de 2014). Obtenido de http://www.invernaderos-agricolas.com

Jaramillo, J. E., Rodríguez, V. P., Gil, L. F., García, M. C., Clímaco, J., Quevedo, D., . . . Guzmán, M. (2013). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (Fotografías: Corpoica; Diseño: Javier Nieto ed.). (J. Nieto, Ed.) Bogotá, D.C, Cundinamarca, Colombia: Impreso en Colombia.

Jaramillo, J. E., Rodríguez, V. P., Guzamán, A. M., & Zapata, M. A. (2006). Boletín técnico N°21 El cultivo de tomate bajo invernadero. Rionegro, Antioquia, Colombia.

Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). *Manual técnico: Buenas prácticas agrícosas -BPA- en la producción bajo condiciones protegidas* (Primera ed.). Medellín, Antioquia, Colombia: CTP print.

KOPPERT. (s.f.). *Guía de manejo en campo de NATUPOL.*

LABMATE. (10 de Abril de 2015). *LABMATE - Online*. Obtenido de http://www.labmate-online.com/news/laboratory-products/3/horiba_uk_ltd/next_generation_flat_sensor_ph_conductivity_and_ion_compact_meters_released/34026/

Lobo, M. A., & Jaramillo, V. J. (1984). Hortalizas Manual de asistencia técnica. En *Tomate.* Colombia.

López, J. E. (2007). Capítulo 3 Necesidades hídricas de los cultivos en: Irrigación y Drenaje.

Lozano, J. M. (2010). Guía para cultivar tomate. Baja California Sur, México.

Marlow. (2010). *Hortalizas.* Recuperado el 7 de Diciembre de 2014, de http://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/hojas-de-bandera/

Martínez, P. F. (2001). Cultivo del tomate en invernadero frío. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). Manual técnico: La huerta hidropónica popular. Santiago de Chile, Chile.

Medina, A., Cooman, A., & Escobar, H. (2001). Riego y Fertilización. En *Producción de tomate bajo invernadero.* Bogotá D.C, Colombia.

Mercado, A., & Rico, E. (2011). Manual de producción de jitomate en variedades de crecimiento indeterminado bajo invernadero. Santiago de Querétaro, El Marqués, Querétaro.

NMX-FF-031-1997, D. (1997). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano.

Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Quirino, A., & Larín, M. A. (1996). Guía técnica: Cultivo de tomate. En C. (. Forestal). La Libertad, El Salvador.

Ponce, P. (2011). Panorama mexicano: revisión de datos de la industria de invernadero en México. *HORTALIZAS*.

Reed, J. W., Nagpal, D. S., Pool, M., Furuya, & Chory, J. (1993). Mutations in the Gene for the Red/Far-Red Light Receptor Phytochrome B Alter Cell Elongation and Physiological Responses throughout Arabidopsis Development.

Rodríguez, F. (2005). Modelado y control jerárquico de crecimiento de cultivos en invernaderos. Almería, España.

Rodríguez, V. (s.f.). Manual de plagas y enfermedades en jitomate. En *Campaña fitosanitaria.* Irapuato, Guanajuato, México: SAGARPA - SENASICA. Recuperado el 13 de Abril de 2015

SAKATA, C. S. (s.f.).

Salazar, L. (29 de 7 de 2014). *Monografías*. Obtenido de http://www.monografias.com/trabajos82/el-punto-de-equilibrio/el-punto-de-equilibrio.shtml

Sánchez del Castillo, F., & Contreras Magaña, E. (2003). *El Cultivo Hidropónico de Jitomate bajo Invernadero (Procedimientos a seguir).*

scielo.org. (16 de Octubre de 2014). Recuperado el 7 de Diciembre de 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200009&script=sci_arttext

SENASA. (2010). Clasificación por tamaño. Res. ExSAG N° 297/1983. En *Ficha técnica: Tomate (Lycopersicum eculentum Mill.).* Buenos Aires, Argentina.

Spectrum. (2014). Recuperado el 16 de Octubre de 2014, de Spectrum: www.specmeters.com

Steiner, A. A. (1984). The Universal Nutrient Solution, Proceedings of IWOSC. Wageningen, Netherlands.

Tun, L. (2014). *eHow en Español*. Recuperado el 16 de Octubre de 2014, de eHow en Español: http://www.ehowenespanol.com/desarrollo-temperatura-del-tomate-info_227212/

Valedes Martínez, R. (2007). Propuesta de Innovación para la Producción del Tomate Rojo para el Municipio de Zinapécuaro, Michoacán. Distrito Federal, México.

Velasco, E., & Nieto, R. (2006). Material didáctico cultivo de jitomate en hidroponia e invernadero.

Zeidan, O. (2005). Tomato production under protected conditions. Israel.

Zuñiga, L., Martínez, J. d., Baca, G. A., Martínez, Á., Tirado, J. L., & Kohashi, J. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*, 207-218.