



MANUAL PRÁCTICO

PARA LA PRODUCCIÓN
PROTEGIDA DE HORTALIZAS
EN CUBA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HORTÍCOLAS
"LILIANA DIMITROVA"

GAG
GRUPO AGRÍCOLA

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (IIHLD), Mayabeque.
Vice-Ministerio de la Agricultura. Cultivos Varios, MINAG.
División tecnológica de Cultivos Protegidos, Grupo Empresarial Agrícola (GAG).
Dirección de Hortalizas, MINAG.
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana.
Dirección de Sanidad Vegetal, MINAG, La Habana.
Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), MES, Mayabeque.
Empresa de Proyectos e Ingeniería del MINAG (ENPA), La Habana.
Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal, MINAG, La Habana.
Instituto de Meteorología (INSMET).

UNIDADES DE CULTIVO PROTEGIDO PARTICIPANTES

Empresa Agroindustrial Ceballos, Ciego de Ávila.
Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", Jagüey Grande, Matanzas.
Empresa Cítricos Ceiba, Artemisa.
Empresa Agropecuaria Nueva Paz, Mayabeque.
Empresa Agropecuaria "El Yabú", Villa Clara.
Empresa Cítricos Arimaó, Cienfuegos.
Empresa de Aseguramiento y Servicios al MINAG "La Quinta", Sancti Spíritus.
Empresa Hortícola "Wilfredo Peña", Holguín.

Preparación editorial y revisión técnica:

Antonio S. Casanova Morales y Julio C. Hernández Salgado

Diseño de portada:

Geordanys González O'Connor

Corrección y estilo:

Farah M. González Userralde y Bárbara G. Rodríguez Lugo

Fotografías:

Autores y archivos de las instituciones participantes y firmas comerciales

Diseño editorial y arte final:

Eduardo Martínez Oliva

La impresión de este material ha sido apoyada por el proyecto Autoabastecimiento Local para una Alimentación Sostenible y Sana (ALASS) implementado por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el apoyo financiero de la Unión Europea (UE).

Los contenidos de este material no reflejan la opinión del PNUD ni la UE.

© Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"

©Editores: Antonio S. Casanova Morales y Julio C. Hernández Salgado

Manual práctico para la producción protegida de hortalizas en Cuba

ISBN: 978-959-7111-71-9

Editorial Liliana

Carretera Bejucal-Quivicán, km 33 ½, Quivicán, Mayabeque. Cuba.

Teléfonos: (53) 47682601

(53) 47681603 al 05

E-mail: dirección@liliana.co.cu

A los iniciadores de esta tecnología en Cuba.

A la familia, por el apoyo brindado durante años de intensa labor profesional.

ÍNDICE DE AUTORES

- Abreu Ávila, Rafael
MSc., Especialista,
Laboratorio de cría de artrópodos benéficos. Departamento de
Tecnología de Agentes Biológicos. Instituto de Investigaciones
de Sanidad Vegetal (INISAV), MINAG, La Habana.
Email: rabreu@inisav.cu
- Almándo Parrado, Julia E
MSc., Investigadora Auxiliar
Laboratorio de Micología. Departamento de Fitopatología
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV),
MINAG, La Habana.
Email: jalmandoz@inisav.cu
- Anzardo Ávila, Juan C.
Ing. Director División Tecnológica de Cultivos Protegidos
Grupo Empresarial Agrícola (GAG)
Email: dircultivos@gag.cu
- Aranguren Echeverría, Daniel
Ing., Director de Estudios y Proyectos
Empresa de Proyectos e Ingeniería del MINAG, ENPA
Email: dir.tecnico@enpa.minag.cu
- Barroso Planas, Katlys
Lic., Especialista Departamento de Protección de Plantas.
Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. MINAG, La Habana.
Email: pplantas@sv.minag.gob.cu
- Bernal Areces, Blanca G. †
"In Memoriam"
MSc., Investigadora Auxiliar
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia
y Tecnología. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana
Dimitrova" (IIHLD), GAG, MINAG, Mayabeque.
- Brito Cabrera, Raúl
Ing., Director de Hortalizas. Ministerio de la Agricultura (MINAG)
Email: hortalizas1@oc.minag.cu
- Casanova Morales, Antonio S.
Dr.C., Investigador Titular
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia
y Tecnología. Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG, Mayabeque
Email: m.cultivo1@liliana.co.cu

Casanueva Medina, Katherine
MSc., Especialista
Laboratorio de Nematología. Departamento de Fitopatología
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV),
MINAG, La Habana
Email: efernandez@inisav.cu

Depestre Manso, Tomas
Ing., Investigador Titular
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque
Jubilado

Fernández Delgado, Jany
MSc., Investigadora Auxiliar
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia
y Tecnología. Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG, Mayabeque
Email: agroecologia@liliana.co.cu

Fernández González, Emilio
Dr.C., Investigador Titular
Laboratorio de Nematología Departamento de Fitopatología
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV),
MINAG, La Habana
Email: efernandez@inisav.cu

Gandarilla Bastarrechea, Hortensia M.
Dra.C., Investigadora Titular
Laboratorio de Nematología. Laboratorio Central
de Cuarentena Vegetal, MINAG, La Habana
Email: nematologia@sanidadvegetal.cu

Gómez Consuegra, Olimpia
Dra.C., Investigadora Titular
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque
Jubilada

González Arias, Gloria
Dra.C., Investigadora Titular
Laboratorio de Virología. Departamento de Fitopatología
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV),
MINAG, La Habana.
Email: ggonzalez@inisav.cu

González Userralde, Farah M.
Dra.C., Investigadora Auxiliar
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia Tecnología
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque
Email: m.cultivo2@liliana.co.cu

Hernández Díaz, María I.
Dra.C., Investigadora Titular
Directora de Ciencia y Tecnología.
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", GAG,
MINAG, Mayabeque
Email: nutricion1@liliana.co.cu

Hernández Morrondo, Manuel
Especialista en Cultivo Protegido de Hortalizas
Grupo Empresarial Frutícola (GEF)
Jubilado

Hernández Salgado, Julio C.
Ing., Investigador Auxiliar
Grupo de Mejoramiento Genético y Semiología.
Dirección de Ciencia y Tecnología. Instituto de Investigaciones
Hortícolas "Liliana Dimitrova", GAG, MINAG, Mayabeque
Email: genetica3@liliana.co.cu

Igarza Sánchez, Alberto
MSc., Investigador Auxiliar
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia
y Tecnología. Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG, Mayabeque.
Email: fertirriego@liliana.co.cu

Marrero Terán, Aleyda
Lic., Investigadora Auxiliar
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque.
Jubilada

Martínez Zubiaur, Yamila
Dra.Cs., Investigadora Titular
Laboratorio de Virología Vegetal. Dirección de Sanidad
Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria
(CENSA), MES, Mayabeque.
Email: yamila@censa.edu.cu

Méndez de la Fé, Osmar
Ing., Especialista en Horticultura
Asesor del Vice Ministro primero
Ministerio de la Agricultura (MINAG)
Email: hortalizas1@oc.minag.cu

Moreno Placeres, Víctor
Ing., Especialista en Nutrición Vegetal
Grupo Empresarial Agrícola, GAG.
División de Cultivos Protegidos
Jubilado

Pupo González, Francisco R.
Ing., Especialista en Cultivo Protegido
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque
Jubilado

Rodríguez García, Sixto R.
Ing., Especialista en Horticultura
Dirección Experimentación Agrícola y Producciones
Especializadas. Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG, Mayabeque.
Email: es.sveg1@liliana.co.cu

Rodríguez Hernández, Mayra G.
Dra.C., Investigadora Titular
Laboratorio de Nematología Agrícola. Dirección de Sanidad
Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA),
MES, Mayabeque.
Email: mrguez@censa.edu.cu

Salgado Pulido, Julia M.
MSc., Investigadora Auxiliar
Grupo laboratorio. Dirección de Ciencia y Tecnología
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
GAG, MINAG, Mayabeque
Email: poscosecha1@liliana.co.cu

AGRADECIMIENTOS

Los editores y autores de la tercera edición del Manual de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, agradecen la colaboración recibida en la preparación de esta obra a numerosos organismos e instituciones de investigación, unidades de cultivo protegido de hortalizas y empresas nacionales y extranjeras especializadas en la temática acreditadas en el país, así como a un grupo de destacados colegas, especialistas, docentes, técnicos y directivos del Ministerio de la Agricultura y del Grupo Empresarial Agrícola (GAG), que contribuyeron a enriquecer el contenido de este libro, con sus valiosas informaciones, sugerencias y aportes emanados del Taller Participativo para la revisión de esta obra, celebrado en La Habana.

Se reconoce la valiosa ayuda brindada a:

MSc. Alicia de la Caridad Fernández Miranda, Directora General del IIHLD
Ing. Osmar Méndez de la Fé, Asesor del Vice Ministro primero, MINAG
Ing. Juan Carlos Anzardo Ávila, Director de Cultivos Protegidos, GAG
Ing. Raúl Brito Cabrera, Director de Hortalizas, MINAG
MSc. Elda Padrón Céspedes, Directora de Servicios Científico Técnicos, IIHLD
Ing. Juan Baisre Álvarez, Especialista en Medio Ambiente, IIHLD
Ing. Duniel Mederos Lastra, Investigador Agregado, IIHLD
Lic. Mercedes Águila Machado, Especialista, IIHLD
Colectivo técnico y trabajadores del IIHLD

También queremos expresar nuestra gratitud a colegas y amigos/as del proyecto Autoabastecimiento Local para una Alimentación Sostenible y Sana (ALASS) implementado por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), quienes han brindado su experiencia en la revisión del documento y el importante apoyo financiero para su impresión, como una contribución relevante para la implementación del Programa de Autoabastecimiento Municipal, pilar de la política actual para el desarrollo del sector agroalimentario en Cuba.

Por último, pero no menos importante, agradecemos a los agricultores que creen en los resultados de la ciencia y se arriesgan a materializarlos. Sentimos un enorme respeto y la responsabilidad de acompañarlos en el acto diario de cultivar y hacer producir la tierra.

El agradecimiento, en ocasiones, no puede expresarse en palabras por lo inmenso que es.

Gracias

PRÓLOGO

En Cuba, el cultivo protegido constituye una tecnología promisoría para extender los calendarios de siembra y de cosecha de las hortalizas durante todo el año y asegurar su suministro fresco al turismo, mercado de frontera y la población, en los meses en que la oferta de la producción proveniente del campo abierto resulta en extremo limitada. Es de gran interés para las regiones tropicales y subtropicales, por la protección que brinda a las plantas de la lluvia, la alta radiación solar, el efecto de los vientos y daños de plagas, así como por las ventajas que ofrece en el orden económico y social entre otras. Su desarrollo actual cobra mayor relevancia ante los impactos del cambio climático, que afecta la agricultura en numerosos países de estas regiones.

En el año 1998, se divulgaron los primeros instructivos técnicos relacionados con la tecnología de cultivo protegido de hortalizas para las condiciones de Cuba, donde participaron numerosas instituciones científicas del país, que impulsaron el desarrollo de esta tecnología. Durante los años 2003 y 2007, se publicó la primera y segunda edición del "Manual para la producción protegida de hortalizas". Desde entonces se han producido cambios importantes en esta tecnología, tanto a nivel mundial como en Cuba, debido al auge que ha adquirido esta tecnología, para dar respuesta a las crecientes demandas de hortalizas y a las exigencias del mercado.

La tecnología de cultivo protegido de hortalizas recibió la asistencia técnica inicial por parte de expertos extranjeros para su exitoso desarrollo en el país, a través de la Empresa Nacional de Frutas Selectas del MINAG. Se establecieron colaboraciones e intercambios científicos con numerosas instituciones como CIRAD-FLHOR, INRA, Martinica, el Comité Internacional para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en la Agricultura (CIDAPA), la Universidad de Armería, España, el Programa CYTED. Red XIX. A de Plasticultura, España, así como el Programa de Colaboración Cuba-Venezuela, entre otros. En los últimos 10 años, la asesoría brindada por expertos de Argentina y otros países, contribuyeron a la introducción de nuevos cultivares, a la adopción de nuevas prácticas de manejo de cultivo y manejo climático de las instalaciones, innovaciones tecnológicas validadas en la producción, con impactos favorables en el orden económico, social y ambiental.

La presentación de esta tercera edición revisada y ampliada, es motivo de regocijo para los horticultores cubanos y surge a partir de una demanda expresa de las Direcciones de Cultivo Protegido del Grupo Empresarial Agrícola (GAG) y de Hortalizas del MINAG. En ella se informan nuevos resultados de diferentes instituciones científicas, valiosos aportes surgidos de las investigaciones participativas realizadas y generalizadas en las unidades de producción del país.

Incluye temas de actualidad dedicados a tipos de instalaciones, aspectos de manejo climático de las mismas, proceso de inversión del sistema de cultivo protegido, sustratos orgánicos locales para la producción de plántulas, injerto de especies hortícolas, manejo del fertirriego para la producción de plántulas, de alta calidad, manejo del fertirriego con el uso del riegómetro y el lisímetro artesanales, nuevos marcos de plantación en los cultivos, inclusión de otras especies hortícolas (chile habanero y berenjena), manejo integrado de plagas, inocuidad y buenas prácticas agrícolas.

Resulta inminente la formación de recursos humanos, al crear capacidades en decisores, productores, especialistas, técnicos y estudiantes, para lograr el completo dominio y desarrollo de esta tecnología en el país e incorporar a los programas docentes de las universidades, institutos politécnicos, de postgrado y pregrado, los conceptos de esta tecnología, entre otros, lo cual debe ir acompañado de una mayor motivación socio económica de los recursos humanos con que cuenta la misma.

Existen expectativas de que esta tercera edición del Manual práctico para la Producción Protegida de Hortalizas en Cuba, se convierta en una inseparable guía, obra de consulta y obligada referencia para especialistas, técnicos, productores, directivos, investigadores, docentes y estudiantes cubanos, que se dedican a esta tecnología, al tiempo que contribuya a satisfacer la demanda creciente de hortalizas frescas que requiere el país durante todo el año, generar producciones más limpias, disminuir los impactos del cambio climático y sustituir importaciones.

Felicidades a los editores, autores, coautores y colaboradores de esta importante obra, así como al Instituto de Investigaciones Hortícolas (IIHLD) e instituciones participantes, por su contribución al desarrollo de la horticultura cubana.

Agradezco a la cooperación internacional, en especial al proyecto Autoabastecimiento Local para una Alimentación Sostenible y Sana (ALASS) que el MINAG implementa junto al PNUD con el cofinanciamiento de la Unión Europea, por apoyarnos a publicar y distribuir este material para actores locales interesados en extender y perfeccionar las prácticas del cultivo protegido.

Ing. Ydael de Jesús Pérez Brito
Ministro
Ministerio de la Agricultura (MINAG)

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INSTALACIONES Y MANEJO CLIMÁTICO

1.1 Introducción	1
1.2. Instalaciones	1
1.3. Condiciones geoclimáticas de Cuba	2
1.4. Ubicación de las áreas de cultivo	3
1.5. Vientos	6
1.6. Requisitos de las instalaciones	7
1.7. Manejo climático	12
1.8. Localización y protección de las instalaciones	17

CAPÍTULO II. PROCESO INVERSIONISTA EN LA TECNOLOGÍA DE CULTIVO PROTEGIDO

2.1. Introducción	24
2.2. Estudios previos. Premisas para la selección del lugar de emplazamiento de cada módulo o bloque	24
2.3. Preparación técnica de la inversión	25
2.4. Obras complementarias	26
2.5. Consejo técnico aprobatorio del proyecto ejecutivo del bloque o módulo	27
2.6. Fase de construcción de la inversión	27
2.7. Fase de explotación del sistema productivo y análisis post-inversión	28

CAPÍTULO III. EL SUELO Y SU PREPARACIÓN

3.1. Introducción	29
3.2. Características y tipos de suelos	30
3.3. Análisis de caracterización	31
3.4. Preparación del suelo: aspectos generales	33
3.5. Labores previas a la siembra o plantación	37
3.6. Trazado y conformación de canteros	42

CAPÍTULO IV. PRODUCCIÓN PROTEGIDA DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS EN CEPELLONES

4.1. Introducción	45
4.2. Medios y exigencias requeridas	46
4.3. Sustratos	49
4.4. Bandejas	58
4.5. Semillas	60
4.6. Semilleros. Riego. Fertirriego	61
4.7. Fases y componentes de trabajo	62
4.8. Injerto de especies hortícolas	69

CAPÍTULO V. CULTIVARES Y MANEJO AGRONÓMICO

5.1. Tomate	79
5.2. Pimiento	108
5.3. Chile habanero o Ají picante	122
5.4. Berenjena	131
5.5. Pepino	139
5.6. Melón de Castilla o Melón	151
5.7. Melón de agua o Sandía	163

CAPÍTULO VI. RIEGO

6.1. Introducción	172
6.2. Programación del riego	172
6.3. Calidad del agua de riego	178
6.4. Explotación del sistema de riego por goteo	181
6.5. Lineamientos básicos para la explotación de las instalaciones de riego en las casas de cultivo protegido	184

CAPÍTULO VII. FERTIRRIEGO

7.1. Introducción	186
7.2. Síntomas generales de desórdenes nutricionales y fisiológicos en los cultivos protegidos	187
7.3. Esquemas de fertilización. Bases y principios	190
7.4. Análisis de los extractos de saturación de las soluciones acuosas del suelo extraídas con las sondas	198
7.5. Seguimiento del fertirriego	200
7.6. Fertirrigación basada en el uso del Riegómetro y el Lisímetro	202

CAPÍTULO VIII. INOCUIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

8.1. Introducción	210
8.2. Importancia de la calidad, inocuidad y aplicación del programas de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo protegido de hortalizas	211
8.3. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	212
8.4. Principales aspectos a considerar en la implementación del programa de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	213

CAPÍTULO IX. SANIDAD VEGETAL

9.1. Introducción	219
9.2. Principales plagas: insectos	221
9.3. Principales plagas: fitonematodos	232
9.4. Enfermedades fungosas y bacterianas	243
9.5. Enfermedades virales	252
9.6. Manejo Integrado de Plagas	257

ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

264

Capítulo I. INSTALACIONES Y MANEJO CLIMÁTICO

*Antonio S. Casanova Morales, Julio C. Hernández Salgado
y Francisco R. Pupo González*

Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

1.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo protegido de hortalizas es un sistema de producción de gran interés para regiones tropicales y subtropicales, por la protección que brinda a las plantas de la lluvia, la alta radiación solar, el efecto de los vientos, daños de plagas y sus ventajas económicas y sociales. El desarrollo actual cobra relevancia, ante los efectos del cambio climático en la mayoría de los países de estas regiones. Su importancia crece con el dominio de la tecnología por parte del productor.

El auge del sistema de cultivo protegido de hortalizas en Cuba se inicia en el año 1994, a partir de transferencias de tecnologías de Israel y España. En 1998 se generaliza en el país la instalación de cultivo protegido denominada "Casa Rústica", de estructura de madera y efecto "sombrija", desarrollada por el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", del Ministerio de la Agricultura, la cual fue sustituida paulatinamente por otro modelo similar, con el mismo efecto buscado, pero de estructura metálica. Además se introdujeron, otros diseños estructurales con la participación de firmas comerciales acreditadas, para las condiciones del clima cubano.

La superficie nacional bajo esta tecnología es variable, afectada en numerosas ocasiones por ciclones tropicales y tormentas locales severas que inciden sobre diferentes regiones de Cuba y en la actualidad es de 110 ha. Se proyecta aumentar en 100 ha la superficie de cultivo protegido de hortalizas en el país, en los próximos años.

1.2. INSTALACIONES

En Cuba las instalaciones para proteger los cultivos hortícolas se les denomina casas de cultivo y el efecto que se busca es el de "sombrija", contrario al efecto "invernadero", que necesitan los países que requieren calor para producir en épocas extremas del año. Las mismas se agrupan en el país según al efecto creado en su interior. El significado de los anteriores términos se explica a continuación.

1.2.1. Efecto invernadero

Se denomina al calentamiento inducido en el interior de la instalación por la radiación solar, la cual atraviesa la cubierta del invernadero o casa

de cultivo, en relación con el exterior. La luz solar que pasa a través de la cubierta (onda corta) es adsorbida dentro del invernadero, pero una parte de esta radiación es irradiada en forma de rayos infrarrojos (onda larga) que gran parte de ellos no pasan la cubierta, y queda atrapada esta energía en el interior, lo que provoca un efecto de invernadero para cualquier condición atmosférica y época del año.

La presencia del material de cerramiento con malla anti-bemisia, de 50 mesh (tejida con una densidad de 20 x 10 hilos por cm²) por laterales, frentes y ventana cenital, tiene la ventaja que constituye una importante barrera contra la entrada de insectos a la instalación, pero provoca una reducción de las renovaciones de aire en el interior de la misma, y por consiguiente, una disminución del transporte convectivo de calor, lo cual provoca que la temperatura permanezca elevada. Las instalaciones con estas características se ubican dentro de la tipología 1 en Cuba, y de forma general les denominan casas cerradas.

1.2.2. Efecto sombrilla

Es el efecto buscado en la producción protegida de hortalizas en regiones cálidas e intertropicales, donde está ubicada Cuba. Consiste en proteger a las plantas del efecto de la lluvia y lograr a su vez una disminución de la alta radiación global incidente, permitiendo al mismo tiempo una mayor aireación de las plantas, lo que se logra al ubicar una ventana cenital y mallas mosquiteras en los laterales y frentes, con un tejido de una densidad de 10 x 8 hilos por cm², (28 mesh) al subir o bajar las mallas anti-bemisia (20 x 10 hilos por cm²) o simplemente que no haya malla.

Lo anterior permite continuas renovaciones del aire en el interior de las casas de cultivo, con lo cual se evitan los saltos térmicos que incrementan la temperatura máxima en el interior de las instalaciones que afecta, la fructificación de las plantas y las condiciones de trabajo de obreros principalmente en la época de verano. Por sus características a estas instalaciones se les denomina "casas abiertas" o de tipología 2.

Es imprescindible categorizar los diferentes tipos de agrotexiles que existen en el mercado, ya que no hay una línea que defina los tipos de mallas. Algunas empresas las clasifican, sin que realmente estas mallas cumplan con la característica de excluir los insectos a los cuales se refieren, lo que trae como consecuencia una confusión en los productores en el momento de seleccionar las mismas. Después de considerar varios criterios de empresas comercializadoras de agrotexiles e investigaciones sobre el tema, en el siguiente cuadro se brinda esta información como guía.

1.3. CONDICIONES GEOCLIMÁTICAS DE CUBA

El clima de Cuba es del tipo cálido tropical con estación lluviosa en el verano y debido a su proximidad con el Trópico de Cáncer y a la configuración larga y estrecha del archipiélago, recibe la acción de los vientos alisios y durante el invierno la influencia de masas de aire frío procedentes del norte, denominados "frentes fríos" en un número de 20 como promedio anual.

Cuadro 1.1. Tipos de mallas

NOMBRE COMÚN	MESH (Nº)	HILOS / CM ² (Nº)	TAMAÑO DEL ORIFICIO PARA EXCLUSIÓN
Anti-trips	70	28 x 16	≤ 0,19
Anti-bemisia	50	20 x 10	≤ 0,24
Anti-áfido	40	16 x 10	≤ 0,30
Mosquitera	25	10 x 8	≤ 1,00

Se distinguen dos períodos climáticos durante el año: el lluvioso y cálido de mayo a octubre (verano) y el poco lluvioso y más fresco de noviembre a abril (invierno).

El clima se caracteriza como se describe a continuación:

- Elevada radiación solar durante el verano.
- Alta incidencia de lluvias, fundamentalmente en el período de verano.
- Elevadas temperaturas diurnas con reducida amplitud día/noche.
- Elevada humedad relativa del aire durante todo el año.
- Períodos de calma con ausencia de brisas.
- Posee influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad.
- Mayor duración del día, cantidad de días nublados y evaporación en verano.

En la temporada de noviembre a abril las variaciones del tiempo y el clima se hacen más notables con cambios bruscos en el tiempo diario, asociados al paso de los sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extra tropicales, mientras que de mayo a octubre, por el contrario se presentan pocas variaciones en el tiempo, con la influencia más o menos marcada del anticiclón del Atlántico del Norte.

1.4. UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVO

La tecnología de cultivo protegido de hortalizas en Cuba está ubicada a lo largo del todo el país, que cumplen con importantes factores de cultivo como condiciones de suelo, clima, calidad de agua y experiencia local en la producción hortícola, entre otros. Su desarrollo es más impetuoso en cuatro provincias del país:

La Habana: situada en la región occidental en la llanura Habana-Matanzas.

Matanzas: situada en el centro de la región occidental del país.

Ciego de Ávila: situada al este de la región central.

Holguín: ubicada en el noroeste de la región oriental de Cuba.

La ubicación geográfica de Cuba y de las cuatro provincias más importantes en la tecnología de cultivo protegido de hortalizas se muestra en la Figura 1.1 y en el Cuadro 1.2.

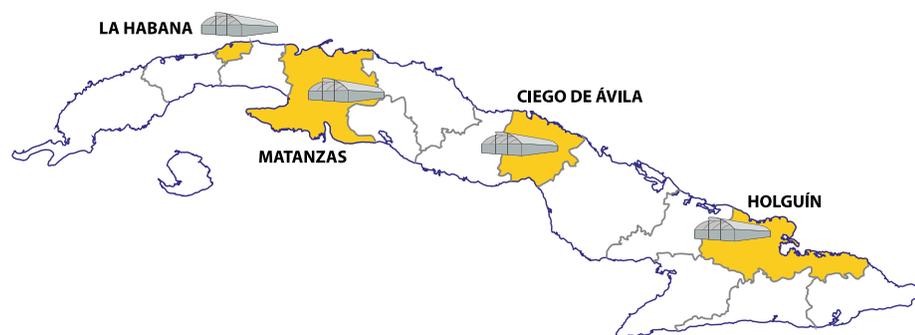


Fig. 1.1. Principales zonas de desarrollo del cultivo protegido en Cuba.

Cuadro 1.2. Ubicación geográfica de Cuba y localidades de interés

LOCALIDAD	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
Cuba	23°17', 19°50' de latitud N y los 74°08', 84°58' de longitud O. Orografía: predominan llanuras.
La Habana	22° 56', 23°10' de latitud N y los 82° 06', 82°58' de longitud O. Altitud: 40 a 60 msnm. Orografía: llanura.
Matanzas	22° 01', 23° 15' de latitud N y los 80° 31', 82° 09' de longitud O. Altitud: 75 msnm. Orografía: predominan llanuras 80 % del área.
Ciego de Ávila	20° 00', 22° 41' de latitud N y los 78° 04', 79° 08' de longitud O. Altitud: 40 a 50 msnm. Orografía: llanura cársica.
Holguín	21° 15', 20° 24' de latitud N y los 76° 19', 74° 50' de longitud O. Altitud: 140 msnm. Orografía: relieve ondulado, entre las alturas de Maniabón.

Fuente: Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000.

En relación al comportamiento climático, el valor medio de la radiación solar anual se mueve entre 16 y 17,5 MJ/m². Las lluvias disminuyen significativamente y la temperatura media aumenta a medida que se avanza de la zona occidental (La Habana) a la oriental (Holguín). La humedad relativa (HR) del aire se mantiene alta en las cuatro localidades, con máximas en Holguín con 81,6 % (Cuadro 1.3). Resulta interesante destacar el comportamiento mensual de dos variables meteorológica: la temperatura media y las precipitaciones. La Figura 1.2, muestra como las precipitaciones aumentan en el período de mayo a octubre, que coincide con el incremento de la temperatura media.

Cuadro 1.3. Comportamiento medio anual de las principales variables climáticas

VARIABLE	UM	CUBA	LA HABANA	MATANZAS	CIEGO DE ÁVILA	HOLGUÍN
Radiación solar	MJ/m ²	16 - 17	16,5 - 17	16 - 17	16 - 17	16,5 - 17
Nubosidad	8° C.C.	4	5	4	4	4
Lluvias	mm	1 273	1 494,7	1 429	1 249	1 024,4
Vientos	Dirección	NE-E	NE	E	E	NE
Vientos	km/h	8,0	8,6	6,4	8,9	10,8
Temperatura						
Mínima media	°C	20,8	20,2	19,2	20,0	21,7
Media	°C	25,6	25,0	25,0	25,6	26,1
Máxima media	°C	30,5	29,7	30,7	30,6	30,5
Máxima absoluta Fecha	°C	38,5 24/08/52	36,7 31/07/86	37,6 12/5/67	37,5 17/9/65	37,1 14/08/87
Humedad relativa	%	-	80,6	80,3	80,8	81,6
Déficit de saturación	mm	-	5,4	5,0	5,8	5,2

Fuente: ACC, 1989; Instituto de Meteorología, 1991 y 1999.

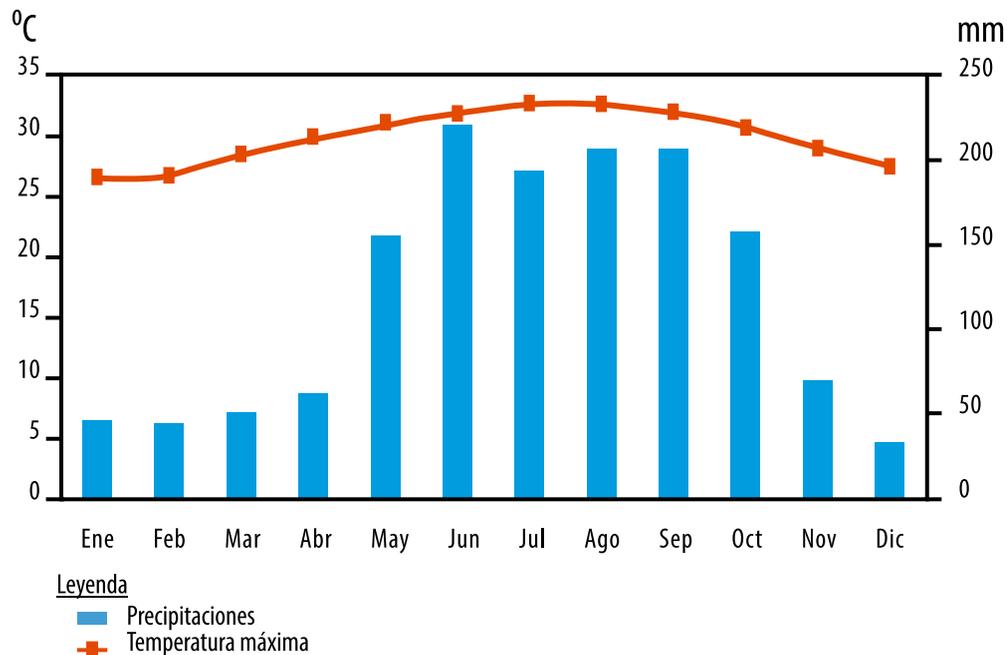


Fig. 1.2. Comportamiento de las temperaturas máximas y las precipitaciones durante el año. Estación Meteorológica La Jíquima, provincia de Holguín.

Debe tenerse en cuenta aquellas lluvias máximas diarias para distintas probabilidades de ocurrencia (350 mm en 24 horas para 1 % de probabilidad). Los caudales provocados por estas altas precipitaciones deben ser evacuados puntualmente con el auxilio de obras de drenaje bien concebidas que eviten encharcamientos con sus nefastas consecuencias para los cultivos (ver Capítulo II).

1.5. VIENTOS

En relación al comportamiento anual de los vientos, su dirección predominante en el país es del NNE al E, (primer cuadrante) en que tienen el 91 % del total de ocurrencia (Fig.1.3). Su mayor valor ocurre en la provincia de Holguín (10,8 km/h) y el inferior en la provincia de Matanzas con 6,4 km/h (Cuadro 1.3). La dirección de los vientos es un importante factor a tener en cuenta para la ubicación y montaje de las casas de cultivo protegido. En el caso de Cuba, se recomienda ubicarlas en el sentido de los vientos predominantes, lo cual favorece la evacuación del aire caliente de las mismas.

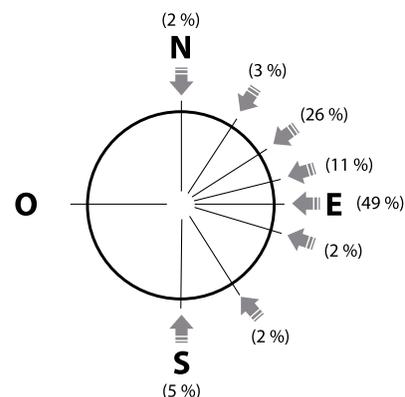


Fig. 1.3. Dirección anual de los vientos predominantes en Cuba.

Al analizar el comportamiento de la velocidad del viento a través del año se observa una tendencia de disminuir hacia los meses de verano, (período lluvioso), que coincide con el período de ocurrencia de las temperaturas más elevadas del año. Un comportamiento similar se presenta en las cuatro provincias más importantes donde se ubica esta tecnología en el país (Cuadro 1.4).

En este sentido se necesita realizar un adecuado manejo climático en las instalaciones en esta época del año, que favorezca mayores renovaciones de aire para evitar que se produzcan saltos térmicos desfavorables para los cultivos.

Cuadro 1.4. Velocidad del viento (km/h) y comportamiento medio mensual

PROVINCIA	PERÍODO POCO LLUVIOSO						PERÍODO LLUVIOSO					
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
La Habana	7,0	6,5	7,2	8,6	9,8	8,4	7,1	6,3	5,1	4,3	5,6	6,9
Matanzas	6,8	6,9	6,9	8,5	9,2	8,1	6,6	4,8	4,7	4,2	4,1	4,9
C. de Ávila	11,9	11,7	10,8	12,8	14,7	13,2	11,3	9,3	10,6	9,9	8,1	9,6
Holguín	12,2	12,6	10,5	10,9	13,6	12,5	11,6	9,3	11,9	11,3	8,6	7,8

Fuente: Instituto de Meteorología, 1991.

1.6. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES

Las condiciones climáticas y económicas de Cuba exigen de las instalaciones protegidas, los requisitos siguientes:

- Construcciones resistentes a fuertes vientos y tener larga vida útil.
- Bajo costo inicial y de mantenimiento.
- Ventilación adecuada y tener en cuenta las alternativas posibles que favorezcan el manejo climático de la instalación.
- Fácil desmonte de los cobertores ante la inminencia ciclónica.
- Alta transmitancia de la luz por su estructura y cobertores.
- Utilización de plásticos antigoteo y una adecuada pendiente de las estructuras.
- Facilitar las labores de manejo de cultivo en su interior.
- Adecuadas dimensiones de las instalaciones que permitan ubicar los canteros en la dirección de los vientos predominantes, para propiciar una mayor renovación de aire en el interior de las mismas.

Los principales modelos de instalaciones utilizadas en Cuba se presentan en las siguientes fotos y en el Cuadro 1.5.

Diferentes diseños de estructuras de casas de cultivos protegido, establecidas en el país hasta el año 2019



Modelo: "Avririt GBM, Israel"

Superficie total: 5 125,0 m²
 Ancho: 125,0 m
 Largo: 41,0 m
 Altura a la cumbre: 7,0 m
 Multitúnel, ventilación cenital y lateral, malla anti-bemisia*.
 Balcón perimetral
 Efecto "invernadero"



Modelo: "Topacio" GBM-Israel

Superficie total: 968,0 m²
 Ancho: 24,2 m
 Largo: 40,0 m
 Altura a la cumbre: 5,8 m
 Multitúnel, ventilación cenital y lateral, malla anti-bemisia*
 Balcón perimetral
 Efecto "invernadero"



Modelo: "Diente de sierra" Carisombra (Cuba-España)

Superficie total: 1 232,0 m²
 Ancho: 28,0 m (3 x 8 m + 4 m)
 Largo: 44,0 m
 Altura a la cumbre: 5,30 m
 Multitúnel, ventilación cenital
 Malla anti-bemisia*
 Balcón perimetral
 Efecto "invernadero"

* : 50 mesh



Modelo: A-12 , Carisombra Cuba-España

Superficie total: 540,0 m²
 Ancho: 12,0 m
 Largo: 45,0 m
 Altura a la cumbre: 4,4 m
 Ventilación cenital y lateral, malla mosquitera
 Alero de 0,40 m
 Efecto "sombriilla"



Modelo: "Granma 1" MSC- EMBA, España-Cuba

Superficie total: 540,0 m²
 Ancho: 12,0 m
 Largo: 45,0 m
 Ventilación cenital y lateral
 Doble malla lateral anti-bemisia* móvil y mosquitera fija
 Doble propósito



Modelo: "Granma 2" MSC-SIME, España-Cuba

Superficie total: 540 y 900 m²
 Ancho: 20,0 m
 Largo: 40,0 m
 Ventilación cenital y lateral
 Malla anti-bemisia*
 Pantalla sombreadora con funcionamiento manual
 Efecto "invernadero"

* : 50 mesh



Modelo: "Jagüey"
MSC-España

Superficie total: 1 638,0 m²
Ancho: 23,4 m
Largo: 70,0 m
Ventilación cenital y lateral
Malla anti-bemisia*
Pantalla sombreadora automática
Efecto "invernadero"



Modelo: "Tropical-1500"
MSC-España

Superficie total: 1 500,30 m²
Ancho: 30,6 m
Largo: 50,0 m
Ventilación cenital y lateral
Doble malla lateral, anti-bemisia*
móvil y mosquitera fija
Sistema anticiclón con escaleras
adosadas a la estructura y cordones
para facilitar el desentaque



Modelo: "Mercante del Caribe 1"
España

Superficie total: 1 904 m²
Ancho: 34,0 m
Largo: 56,0 m
Multitúnel con doble ventilación
cenital por cada túnel de 12 m
Doble malla lateral, anti-bemisia*
móvil y mallas fijas de orificios de
3 x 7 mm
Balcón perimetral
Doble propósito

* : 50 mesh



Modelo: "Avileña"
Ceballos, Cuba

Superficie total: 1 024,0 m²
Ancho: 16,0 m
Largo: 64,0 m
Ventilación cenital
Laterales y frentes abiertos
Efecto "sombrija"

Cuadro 1.5. Otros modelos de casas de cultivo utilizadas en Cuba

MODELO Y PROCEDENCIA	DIMENSIONES			CARACTERÍSTICAS Y EFECTO CREADO
	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m ²)	
Parral mod. Cuba	16,0	76,0	1 216	Doble ventilación cenital, malla anti-bemisia*. Efecto "invernadero".
Topacio GBM, Israel	24,2	40,0	968,0	Multitúnel con ventilación cenital y lateral, malla anti-bemisia*. Balcón perimetral. Efecto "invernadero".
DP – 12 Carisombra	12,0	40,0	480,0	Ventilación cenital. Doble malla lateral. Malla anti-bemisia móvil y mosquitera fija. Doble propósito.
Doble vent YAMKO, Israel	31,0	44,0	1 364,0	Multitúnel, ventilación cenital, malla anti-bemisia*. Efecto "invernadero".
Mercantes del Caribe 2	12,0 12,0	45,0 75,0	900,0 540,0	Doble ventilación cenital, ventila- ción lateral con malla mosquitera.

* : 50 mesh

1.7. MANEJO CLIMÁTICO

El manejo climático de las instalaciones para el cultivo protegido de hortalizas tiene sus particularidades, de acuerdo con las condiciones específicas de cada lugar. Por ejemplo, en países de climas fríos se necesita elevar las temperaturas en el interior de las instalaciones y por tanto, buscar el efecto invernadero o emplear otras técnicas como la calefacción.

En los países tropicales y subtropicales donde prevalecen temperaturas máximas elevadas y ocurren fuertes precipitaciones, se busca un efecto sombrilla para proteger las plantas de la alta radiación incidente, los eventos de lluvias y lograr mayor ventilación al cultivo.

En zonas desérticas se necesita proteger los cultivos de los fuertes vientos y buscar el efecto cortavientos, el ahorro del agua y también elevar la humedad relativa del aire, todo eso buscando el efecto llamado oasis.

En Cuba, el período más crítico para la producción de hortalizas ocurre en primavera-verano, en el cual prevalecen temperaturas máximas muy elevadas, una alta radiación solar y frecuentes lluvias. El microclima en el interior de las casas de cultivo se torna muy desfavorable, debido a la alta radiación solar, al incrementar la temperatura, lo cual provoca consecuencias desfavorables para la fructificación de las plantas, en especial en el cultivo del tomate. El aumento de la temperatura en el interior de las casas de cultivo, también afecta al hombre que labora en su interior. Esta situación depende de la instalación y su manejo climático, y es crítica en las instalaciones de tipología 1 con efecto invernadero.

Los principales factores que influyen en la variación de la temperatura interior de las casas de cultivo son:

- Geometría de las instalaciones.
- Dimensión y ubicación.
- Condiciones orográficas del lugar.
- Tipo de material de cerramiento y su limpieza.
- Presencia o no de ventanas cenitales y laterales.
- Velocidad del viento predominante.
- Orientación de los canteros en relación con los vientos predominantes.
- Porcentaje de ventilación, respecto a la superficie techada.
- Adecuado esquema de plantación.
- Estado vegetativo del cultivo y su manejo agronómico.
- Ubicación de las mallas de sombreado.
- Otros elementos del clima.

Para una mayor comprensión de los fenómenos que ocurren en el interior de las casas de cultivo es imprescindible tener nociones sobre los elementos del clima y cómo influyen sobre los cultivos. Las principales variables del clima a las que se hace referencia son las siguientes:

- Temperatura del aire.
- Radiación solar.
- Viento.
- Humedad del aire.

- Evaporación.
- Nubosidad.

1.7.1. Temperatura del aire

La temperatura del aire es medida con un termómetro colocado en el interior de una caseta meteorológica y a una altura de 1,5 m del suelo. La unidad de medida en la que se expresa su magnitud es el grado Celsius (°C). El factor que más influye sobre la temperatura del aire es la radiación solar, lo cual explica la estrecha correlación entre ambas variables.

La temperatura del aire alcanza su máximo valor anual en Cuba durante los meses de julio y agosto. Su valor mínimo, ocurre durante los meses de enero y febrero, lo cual constituye la principal variable meteorológica de mayor influencia en las posibilidades productivas de los cultivos hortícolas en condiciones protegidas

En la formación de las características del clima cálido tropical de Cuba, es determinante la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie, la que tiene sus variaciones según las condiciones orográficas del lugar y la época del año. Cuando las temperaturas son muy elevadas la evapotranspiración llega a un valor crítico, a partir del cual la planta no es capaz de absorber y transportar la cantidad de agua que ella necesita transpirar por las estomas y los cierra; es decir, se produce un estrés hídrico por el desequilibrio entre la transpiración y absorción radical.

Los factores ambientales, tales como temperatura, humedad del aire y radiación solar afectan el crecimiento y desarrollo en el cultivo del tomate. Las altas temperaturas en los trópicos son desfavorables para la fructificación del tomate y limitan su producción durante la época primavera-verano.

La fructificación del cultivo del tomate es sensible a ciertas temperaturas críticas. Éstas inducen la caída de las flores como resultado de la falta de fecundación, la cual a su vez, es afectada por un número considerable de factores. Temperaturas superiores a 34 °C por el día y 20 °C por la noche, o un período de exposición a 40 °C durante solo cuatro horas, influyen en la caída de las flores en la mayoría de los cultivares de tomate (ver Capítulo V). El empleo de cultivares con adaptación climática, la adopción de prácticas adecuadas de manejo de cultivo y el riego por goteo, atenúan esta situación.

1.7.2. Radiación solar

Es la cantidad de radiación recibida en una superficie horizontal en el suelo; es decir, la llamada radiación global. La unidad de medida es el mega joule por m² por día (MJ/m²/día). La intensidad de la radiación global depende fundamentalmente de la altura del sol sobre el horizonte (ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre), de la cantidad y tipo de nubes, y del grado de transparencia de la atmósfera. Los valores medios anuales de la radiación solar en Cuba oscilan entre 5,100 y 6,600 MJ/m² al año, aunque en algunas zonas costeras se observan máximas anuales de hasta 8,590 MJ/m² y valores máximos en los meses de abril y junio.

La elevada radiación solar en la época de primavera-verano generalmente calienta los cuerpos por onda corta. La atmósfera terrestre hace el efecto de cubierta, de un gran invernadero que deja pasar las radiaciones solares de onda corta y no deja escapar las radiaciones terrestres de onda larga.

La intensidad de la radiación solar por el día es elevada, al aumentar la temperatura, puede someter las plantas a desequilibrios entre la transpiración y la absorción radical. Los cuerpos dentro de la casa de cultivo absorben las radiaciones solares y se calientan, provocando estrés en las plantas por las altas temperaturas, alterando las estructuras reproductivas, el desarrollo, la viabilidad del polen y afecta en general el sistema enzimático. En el cultivo de tomate, un descenso de radiación influye negativamente en la calidad y llenado del fruto, incrementa su contenido hídrico, su resistencia al transporte y vida comercial, así como la disminución del contenido de azúcar.

1.7.3. El viento

El desplazamiento del viento, se caracteriza por su velocidad y dirección. Durante el período lluvioso predomina sobre el país la influencia de los vientos alisios, los que imponen un régimen estable de vientos del noreste al este. Las medias mensuales de la velocidad del viento raramente sobrepasan los 15 km/h, lo cual ocurre principalmente en los meses secos del año. La circulación atmosférica registra velocidades medias más altas en las costas, en todo el territorio nacional las direcciones anuales del viento prevaleciente es la del primer cuadrante (Cuadro 1.6).

El movimiento del aire a través de la cubierta de una casa de cultivo protegido, juega un papel fundamental en las condiciones del medio ambiente que rodean al cultivo. La temperatura del aire, su humedad y concentración en CO₂, están afectadas por la ventilación. El aire, se intercambia entre el exterior y el interior por las ventanas cenitales, y las paredes laterales compuestas por mallas.

Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, humedad relativa, anhídrido carbónico y el oxígeno que hay en el interior de la casa de cultivo. El aire caliente, al pesar menos que el aire frío, se escapa por las ventanas cenitales, lo que deja espacio al aire fresco que penetra por las paredes laterales. La ventilación se ve limitada por el follaje de los cultivos tutorados de manera vertical, lo cual dificulta la renovación del aire en el interior de las instalaciones.

En Cuba, la mayoría de las casas de cultivo están orientadas según los vientos predominantes para que el aire caliente salga por las ventanas cenitales.

En las casas de cultivo que no poseen ventana cenital, la diferencia de presión depende de la ventilación lateral. A mayor superficie de las ventanas, existe mayor posibilidad de entrada y salida del aire. La diferencia de presión es debida al efecto del viento por su velocidad y dirección y a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la casa de cultivo

Cuadro 1.6. Dirección anual del viento predominante en 57 estaciones meteorológicas de Cuba

DIRECCIÓN	ESTACIONES (Nº)	(%)
Este	28	49
Noreste	15	26
Este-nordeste	6	11
Norte-noreste	2	3
Este-sudeste	1	2
Sureste	1	2
Sur	3	5
Norte	1	2

Fuente: Instituto de Meteorología, 1991. Pupo y col.,2004.

y tienen lugar a la vez. Cuando las velocidades del viento son inferiores a 1,5 m/seg, el efecto térmico predomina.

Para lograr diferencia de presión se debe tener un coeficiente de presión positivo y otro negativo, lo cual puede lograrse con la orientación de las ventanas cenitales y laterales. Si esto no se tiene presente, la ventilación no es eficiente. La ventilación cenital por sí sola no es suficiente para crear un flujo de aire apropiado.

La ventilación por los laterales es importante para inducir la ventilación por gravedad, cuando la velocidad del viento es baja. Para lograr una ventilación suficiente, la superficie total de ventilación debe ser del 15 a 25 % de la superficie del suelo. La tasa de ventilación debe ser mayor de 50 renovaciones de aire por hora.

Otro aspecto a tener en cuenta es el efecto térmico, donde la fuerza motriz de la ventilación es la diferencia de temperatura entre el aire interior y el exterior. Esta diferencia induce a cambios de densidades del aire y por tanto, a diferencias de presiones variables, según la altura de la ventana. Al resultar las mismas negativas, el aire sale de la casa de cultivo.

1.7.4. Humedad del aire

Es la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. Se expresa en porcentaje y se realiza su medición con el psicrómetro. La máxima ocurre en octubre y la mínima en abril. La trayectoria diaria y anual de esta variable tiene un comportamiento opuesto al de la temperatura del aire. La humedad máxima se presenta en horas de la madrugada y la mínima al mediodía, cuando puede descender, en algunos lugares y días específicos, a 40 %, pero por lo general la humedad relativa del aire se mantiene entre los 60 a 80 %.

Dentro de las casas de cultivo existen variaciones de la humedad del aire según el modelo de la instalación. En las casas cerradas es mayor la humedad relativa en su interior que en las casas abiertas. El exceso de humedad, producto del fertirriego, incrementa la humedad relativa en el interior de la casa de cultivo y contribuye a la condensación del aire húmedo sobre las superficie de polietileno, que puede caer sobre el cultivo si el cobertor no posee el aditivo anti goteo. La humedad relativa alta favorece el desarrollo de enfermedades y puede convertirse en un problema para el buen comportamiento del cultivo y la obtención de altos rendimientos.

1.7.5. Evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua pasa del estado líquido al gaseoso; es decir, vapor de agua. Se mide en forma directa por los milímetros evaporados en un tanque evaporímetro. La evaporación media anual para el territorio cubano es de 1,995 mm. La mayor parte de la evaporación corresponde al período de abril a septiembre. Los valores mínimos corresponden a diciembre y enero, y los máximos a abril y mayo. La evaporación y la transpiración aumentan en días de baja humedad y disminuyen durante períodos de alta humedad, por la variación en tensiones.

1.7.6. Nubosidad

La nubosidad es el grado de cobertura nubosa del cielo. La observación de este elemento se efectúa al considerar la bóveda celeste dividida en ocho partes iguales y estimar qué parte de ella está cubierta por nubes. Se considera un día nublado cuando la nubosidad es superior a 6/8. El máximo de días nublados ocurre en la región central del país, mitad septentrional de La Habana y el interior de Camagüey. El mayor número de días despejados ocurre en toda la costa meridional de la región central y en la zona septentrional de Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas y Holguín.

La intensidad luminosa depende de factores meteorológicos, como la existencia de nubes en el cielo, presencia de polvo en la atmósfera, en techos y paredes de la instalación, la condensación de gotas de agua y otros factores como el material de cerramiento y las características constructivas de la instalación.

La falta de luz provoca en la planta la formación de entrenudos largos y delgados, así como de racimos florales débiles y poco numerosos, y aborto floral. Con el aumento de luz las necesidades de nitrógeno aumentan y las de potasio disminuyen. En los meses de menor luminosidad, ésta constituye, de forma general, el factor que más limita la producción en las instalaciones protegidas.

Medidas generales de manejo climático para diferentes instalaciones, atendiendo a las épocas del año:

- A partir del mes de mayo colocar una malla sombreadora al 35 % sobre el techo de las instalaciones o preferentemente situarla a 20 cm por encima del mismo, lo que contribuye a interceptar parte de la radiación solar, lo que contribuye a disminuir el calor que se genera dentro de la instalación.

- Establecer, como práctica, abrir las instalaciones en el verano, levantar la malla anti-bemisia o sustituirla por una malla mosquitera, por los laterales y frente. En las instalaciones que están cerradas herméticamente (variante malla enterrada en trinchera de tierra) para ser abiertas en verano, hay que hacerlo de arriba hacia abajo para evitar sacar la malla enterrada, pues en este proceso generalmente se rompe.
- Abrir la parte superior por los frentes y fondos (media luna) o sustituir la malla anti-bemisia por malla mosquitera, lo que favorecerá la aireación en el interior de la instalación.
- Emplear cultivares de tomate resistentes a geminivirus y cumplir lo orientado por Sanidad Vegetal para la lucha contra la mosca blanca.
- Es preciso mantener los techos limpios durante todo el año, principalmente en el período de verano, en el que se presenta la mayor nubosidad.
- Los techos cubiertos de polvo, algas o ambos, provocan la falta de luz en el interior de las instalaciones, lo cual altera la fenología y morfología de las plantas.
- Hacer un uso adecuado de la pantalla sombreadora, en las instalaciones que la posean.
- Aplicar las nuevas alternativas de manejo agronómico según los cultivos (ver Capítulo V).

1.8. LOCALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El cultivo protegido de hortalizas es un sistema de producción intensiva, con una alta inversión inicial. Previo a su ubicación se requiere efectuar un estudio de mercado y conocer los aspectos edafoclimáticos, económicos, sociales y ambientales (ver Capítulo II).

Los productores no deben perder de vista que el tiempo medio de explotación de una casa de cultivo de estructura metálica en Cuba, es alrededor de 15 a 20 años y por cuanto se debe garantizar el cumplimiento de un conjunto de medidas para la ubicación definitiva de las instalaciones.

1.8.1. Protección de instalaciones

La tecnología de cultivo protegido, por sus características estructurales y su alto costo, requiere de medidas especiales para proteger las instalaciones de los eventos meteorológicos adversos y minimizar las pérdidas materiales.

El ciclón tropical se define como un centro de bajas presiones, alrededor del cual el viento, junto a las nubes de tormenta y lluvia, giran en sentido contrario a las manecillas del reloj. Los ciclones tropicales se clasifican, según la velocidad de los vientos (ver Cuadro 1.7).

La temporada ciclónica es la época del año en la que con mayor frecuencia se forman los ciclones tropicales en el área geográfica de interés, comprendida por el océano Atlántico, el golfo de México y el mar Caribe, y se extiende desde el primero de junio hasta el 30 de noviembre. Las estadísticas demuestran que las instalaciones de mayores dimensiones son las más afectadas por los ciclones. Las instalaciones muy altas presentan serias

dificultades para retirarles el cerramiento ante la cercanía de un ciclón, esto provoca una alta resistencia de la estructura a los vientos, que cuando llegan a categoría II pueden destruir la estructura de la instalación.

Cuadro 1.7. Clasificación de los ciclones tropicales según la velocidad del viento (Escala Saffir Simpson)

DENOMINACIÓN		km/h
Depresión tropical		hasta 62
Tormenta tropical		63 - 117
Categoría de los huracanes	I	118 - 153
	II	154 - 177
	III	178 - 209
	IV	210 - 250
	V	Más de 250

En Cuba, en los últimos años una de las estrategias utilizadas es la instalación de casas pequeñas de cultivo protegido (540 a 800 m²), con fácil desmontaje de sus mallas laterales y techo. Se proyectan nuevas instalaciones con superficie entre 1500 y 2500 m², con facilidades adicionales para el desmontaje del cerramiento. La experiencia indica que no es practicable desmontar las estructuras metálicas, dado el poco tiempo que se dispone, las dificultades tecnológicas y las pérdidas que se producen

Los cambios climáticos y la incidencia frecuente de ciclones, intensas lluvias y tormentas locales severas, obligan a tomar medidas excepcionales en la protección de las casas de cultivo. Es de cumplimiento obligatorio en todas las instalaciones protegidas contar con planes de reducción de desastres, para lo cual se debe respetar el mandato único creado en estas situaciones y prepararse a partir de la Directiva N°1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional y el documento del Ejercicio Meteoro de mayo de 2006, dónde en forma concreta se indica cómo trabajar para la reducción de desastres en casas de cultivo ante el paso de un huracán.

En estos planes se tiene que dejar claro las vulnerabilidades y riesgos, como actuar en las etapas de prevención, preparación, respuesta y recuperación.

Etapa de prevención

Puntualizar las acciones posibles de disminución de los riesgos de desastre como sigue:

- Programa detallado de desarme de las casas, discutido y aprobado.
- Entrenamiento de los grupos de desarme.
- Drenajes ingenieros en sus parámetros de evacuación.
- Asegurar techos, puertas y ventanas de las instalaciones no sólidas (almacenes, casetas).

- Superficie de cultivo de posible cosecha.
- Reubicación de productos químicos para mayor seguridad (prioridad número 1: altamente tóxicos).
- Plantilla de dirección, técnica y obreros que se debe disponer en tiempo crítico real.

Etapa de preparación

- Actualización de las plantillas de todo el personal y medios de protección previstos.
- Asegurar los recursos materiales necesarios.
- Estimado de las producciones que están listas para cosechar, recursos para su ejecución y afectaciones que se pudieran producir.
- Actualización de la situación existente en los drenajes.
- Inventario de productos (fertilizantes, plaguicidas, equipos, etc.) y grado de protección.

Aplicación de las fases de alarma ciclónica según la Defensa Civil de Cuba

Fase informativa: cuando se pronostique que en un plazo de 96 a 72 horas el organismo ciclónico puede comenzar a afectar un territorio dado.

Alerta: cuando se anuncie que a partir de las próximas 48 horas el ciclón puede comenzar a afectar un territorio dado.

Alarma ciclónica: cuando se prevea que a partir de 24 horas el organismo ciclónico comenzará a afectar el territorio.

Recuperativa: cuando ha desaparecido el peligro y los Consejos de Defensa dicten la aplicación de esta fase.

Medidas a adoptar en la fase informativa

- Activación de los planes previstos.
- Ejecución de los trabajos de drenajes ingenieros.
- Concentración, seguridad y protección de todos los medios posibles.
- Eliminación de desechos, basuras, etc., que interrumpan los drenajes.
- Seguimiento de la información meteorológica.
- Comprobación de la disposición objetiva de hombres y medios.

Medidas para la fase de alerta

- Intensificar recolección y traslado de productos agrícolas a los lugares previstos en cosecha.
- Movilización y empleo de las brigadas de trabajo.
- Conclusión de medidas previstas, pendientes de la fase anterior.
- Desmontar y asegurar laterales y techos de casas sin cultivo. Esta medida se aplica cuando el número de casas es grande y existen problemas con la fuerza de trabajo, dependiendo de la categoría del huracán. Si se considera que existen condiciones, esta medida se pospone para la siguiente fase.
- Recoger percheros y tutores de estas casas y llevarlos a lugares seguros.

- Enrollar pantallas térmicas, recoger pizarras y motores, ubicándolos en lugares seguros.

Medidas para la fase de alarma ciclónica

- Acelerar la conclusión de medidas previstas en la fase anterior.
- Desmontar y asegurar laterales y techos de todas las casas (si la alarma es por lluvias intensas no debe desmontar los laterales y techos de las casas).
- Desenganchar percheros y tender los cultivos sobre el suelo.
- Cumplimiento del sistema informativo.
- Garantizar la protección del personal.

Medidas para la fase recuperativa

- Eliminación de obstáculos.
- Evaluar y cuantificar daños y necesidades.
- Actualización de los drenajes.
- Cosecha de productos no aptos para el consumo.
- Concretar el posible reinicio productivo.
- Comenzar la reconstrucción, demolición del cultivo y eliminación de obstáculos.

Algunas precisiones para el personal de las casas de cultivo

- Respetar el mando único creado en caso de huracanes.
- Tener elaborados todos los planes establecidos para cada etapa y fase.
- En las casas existentes, por su tecnología y ensamblaje, no es factible desmontar las estructuras metálicas.
- Capacitar a todo el personal en las tareas a realizar antes del paso de un ciclón.
- Contar con todos los medios, especialmente las herramientas necesarias para el desmonte de mallas y techos.
- Realizar con anticipación ejercicios de desmonte de cobertores y enumerarlos para garantizar su montaje nuevamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACC, Instituto de Geografía. (1989). Nuevo Atlas Nacional de Cuba. España: Editorial RHEA.
- ACC, Instituto de Meteorología. (1991). Resumen climático de Cuba. La Habana: Editora Academia: 28-115.
- Casanova, A., *et al.* (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Casanova, A. *et al.* (2004). Invernaderos: La experiencia cubana. Revista del Proyecto CYTED, N° XIX.2 Estructuras de protección para zonas intertropicales:109 –130.

Casanova, A. (2001). Invernaderos de producción de flores y hortalizas en condiciones tropicales. *Plasticulture*. Recuperado de <http://www.plasticulture.com>

Casanova, A., *et al.* (1999). Guía técnica para la producción protegida de hortalizas en casa de cultivo tropical con efecto "Sombrilla". IIHLD, Quivicán, La Habana. 52 p.

Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. El clima de Cuba. Características generales (en línea). (Fecha de mayo de 2019). Disponible en: <http://www.INSMET.cu>.

Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Colombia: Edit. FAO, CORPOICA. 330 p.

Langlais, Ch. (1994). Cultures maraichères sousabri. Fiche technique. Martinique : Station Petit Morre, CIRAD–FLHOR. 90 p.

López Gálvez, J. y López Hernández, J.C. (1996). El invernadero. En Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. España: Fundación Argentaria España: 37-59.

Pupo, F.R. (2003). Instalaciones de cultivo protegido y manejo climático para condiciones tropicales (Soporte magnético). II Curso Internacional de Cultivo Protegido de Hortalizas. La Habana. IIH "Liliana Dimitrova".

Pupo, F.R., Casanova, A., Gómez, O., Igarza, A. (2004). Manejo climático de las instalaciones de cultivo protegido. Conferencia Curso Nacional de Cultivo Protegido. IIH "Liliana Dimitrova".

Raoult, P. (1988). La Martinique. Situation des cultures protégées. P.H.M. *Revue Horticole* (284): 45-50.

Salinas, J. A. (2002). Diseño de sistemas de protección de cultivos. I Jornadas Iberoamericanas sobre diseño y construcción de invernaderos para áreas intertropicales. Colombia. Cartagena de Indias.



Casa rústica con efecto sombrilla.



Manejo climático en el verano.



Andamios para facilitar la limpieza de los techos.



Método de la toalla para limpiar el techo.



Casa de cultivo abierta por los laterales.



Método de la escoba para limpiar el techo.



Manejo de la malla lateral.



Afectación de instalación por huracán.

Capítulo II. PROCESO INVERSIONISTA EN LA TECNOLOGÍA DE CULTIVO PROTEGIDO

Daniel Aranguren Echeverría

Empresa de Proyectos e Ingeniería del Ministerio de la Agricultura (ENPA)

2.1. INTRODUCCIÓN

La elevada inversión inicial y los costos anuales de una tecnología exigente, condicionan la necesidad de hacer una evaluación exhaustiva de todo el proceso inversionista. En particular en la fase preparatoria de la inversión se requiere efectuar un estudio de factibilidad económica para la toma de decisiones y tener en cuenta además los aspectos edafoclimáticos, económicos, sociales y ambientales.

Los productores no deben perder de vista, que el tiempo medio de explotación de una casa de cultivo de estructura metálica en Cuba, es alrededor de 15 años y por lo tanto se debe garantizar el cumplimiento de un conjunto de medidas para la ubicación definitiva de las instalaciones.

Los elementos expuestos constituyen el objetivo principal de este tema, teniendo en cuenta las regulaciones puestas en vigor vinculadas con las distintas etapas del proceso inversionista del país, expresadas en el Decreto Ley N° 327/2014 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP).

2.2. ESTUDIOS PREVIOS. PREMISAS PARA LA SELECCIÓN DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DE CADA MÓDULO O BLOQUE

A continuación se detallan los principales aspectos a tener en cuenta en la localización de las instalaciones:



Suelos

- Relieve y topografía del terreno.
- Propiedades químicas, físicas y biológicas.
- Propiedades hidrofísicas (drenaje interno y externo).
- Estado sanitario.



Agua

- Cercanía a la fuente de abasto (subterránea o superficial).
- Caudal instantáneo (L/seg.), conciliar con el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).
- Volumen anual necesario (m³), conciliar con el INRH.
- Calidad: contenido de sales y contaminación orgánica, acreditado por análisis de laboratorio.

Fuerza de trabajo

- Posibilidad real de trabajadores disponibles.
- Calificación de la fuerza de trabajo.
- Proximidad de la vivienda al módulo.
- Cultura hortícola.

Vialidad

- Red de caminos existentes.
- Calidad de los mismos.

Ubicación del módulo

- Proximidad a los centros de comercialización o entrega.
- Colindancia con otras áreas de cultivo.

Posibilidades de electrificación

- Cercanía a la red eléctrica nacional que posibilite una baja inversión energética. Conciliar con Unión Eléctrica Nacional (UNE).

Localización geográfica

- Vulnerabilidad ante desastres naturales (ciclones, inundaciones, etc.).

2.3. PREPARACIÓN TÉCNICA DE LA INVERSIÓN

Las etapas de la preparación técnica de la inversión (basado en Decreto Ley N° 327/14 del Proceso Inversionista), son las siguientes:

Estudio de factibilidad técnico económica

- Estudio de la demanda. Estudio de mercado.
- Legalización de las tierras. Inscripción en registro de la propiedad.
- Gestión de la licencia obligatoria. Avales.
- Microlocalización con Instituto de Planificación Física (IPF) – respuesta de los órganos de consulta.
- Compatibilización con la defensa (MINFAR).
- Transferencia tecnológica (CITMA).

- Impacto ambiental (CITMA).
- Riesgo y vulnerabilidad (DC).
- Ingeniería básica. Presupuesto de las obras.
- Aprobación por IPF de la ingeniería básica.
- Análisis económico-financiero.
- Determinación de la factibilidad de la inversión.
- Aprobación de la inversión por Grupo Evaluador del MINAG.
- Inclusión en el plan de inversiones.
- Designación del Director del Proyecto (DIP).

Licitación del equipamiento a suministradores

- Elaboración de la tarea técnica. Entrega a los proveedores.
- Análisis por los proveedores.
- Oferta de proveedores a inversionistas.
- Análisis de las distintas ofertas:
 - Análisis técnico.
 - Análisis económico.
 - Selección de la mejor variante integral.

Proyecto ejecutivo

- Elaboración de la tarea técnica para la proyección.
- Levantamientos topográficos. Mapas planimétricos y altimétricos.
- Diseño del bloque o módulo en atención a su correcta funcionalidad.
- Ubicación de las casas de cultivo.
- Diseño del sistema de riego (conducción exterior y riego interior).
- Ubicación de las obras complementarias de apoyo.
- Elaboración del presupuesto de obras.
- Memoria descriptiva con especificaciones técnicas.
- Documentación gráfica y literal.

2.4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

Denominamos obras complementarias aquellos objetos de obra, que con una máxima racionalidad económica y una alta funcionalidad, sirven de apoyo y sostén a las casas de cultivo donde se realiza el proceso productivo principal del módulo o bloque. La integración entre casas de cultivo-obras complementarias asegurará la eficiencia y optimización de este sistema productivo de alta tecnología, obteniéndose entonces los rendimientos y la producción esperada.

Forman parte del plan general junto a las casas de cultivo las siguientes obras complementarias:

- Casa de producción de plántulas.
- Casa de preparación de sustratos.
- Sistema de riego-exterior. Conducción desde la fuente de abasto al punto de distribución en el módulo.

- Sistema de riego-interior. Desde el punto de distribución a las casas y el riego en ellas.
- Estación de bombeo (aguas subterráneas o superficiales). Caseta.
- Cisterna de reserva para riego.
- Viales principales y secundarios (dentro del bloque o módulo).
- Obras de fábrica para drenajes.
- Canales de drenaje colectores.
- Badenes de drenaje entre casas de cultivo.
- Instalaciones para actividades socio administrativas (oficina, baños, taquillas, garita de acceso, cocina-comedor y tanque de agua elevado para abasto).
- Centro de beneficio (según especificaciones).
- Almacén de insumos generales.
- Caseta de almacenamiento de fertilizantes y plaguicidas.
- Área de lombricultura.
- Cortina rompevientos.
- Protección de las áreas exteriores con césped para evitar problemas de erosión hídrica y aparición de polvo.
- Parqueo de los medios de trabajo.
- Corraleta para animales de trabajo.
- Cerca perimetral en todo el módulo.
- Iluminación del área.
- Grupos electrógenos (de reserva). Opcionales.

2.5. CONSEJO TÉCNICO APROBATORIO DEL PROYECTO EJECUTIVO DEL BLOQUE O MÓDULO

Este consejo trabaja con la máxima participación de los implicados en la inversión (directivos, técnicos, especialistas y obreros) y su estricto cumplimiento.

2.6. FASE DE CONSTRUCCIÓN DE LA INVERSIÓN

Preparación técnica de la obra por el ejecutor

- Balance de la fuerza de trabajo necesaria.
- Suministros tecnológicos: equipamiento para montaje.
- Suministros generales: hormigón, madera, acero, etc.
- Presentación al inversionista de los valores de construcción definitivos.
- Aprobación de los mismos por el inversionista.
- Contratación económica y fijación de condiciones contractuales y plazos de ejecución.
- Cronograma de ejecución de la inversión.

Ejecución de las casas de cultivo y las obras complementarias (construcción)

- Control de autor por el proyectista.
- Control técnico de la obra.

- Aplicación y revisión de los planes de calidad.
- Certificación de obra terminada.
- Recepción de la obra por el inversionista.
- Acta de satisfacción inversionista–proyectista–constructor.
- Culminación del proceso constructivo.

2.7. FASE DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO Y ANÁLISIS POST-INVERSIÓN



- Inicio de la explotación del módulo según programa anual elaborado.
- Período de explotación (1 año).
- Análisis de la información correspondiente a este primer año de explotación (evaluación del estado técnico de las instalaciones, sistema de riego y equipamiento tecnológico de apoyo, rendimiento de los cultivos, producción por calidades, costo por productos y totales, gastos energéticos y otros gastos, ventas e indicadores económicos reales).

- Determinación de la factibilidad real de la inversión al primer año de explotación.
- Análisis de las desviaciones.
- Conclusiones y recomendaciones de este estudio de post–inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranguren, D. (2015). Proceso inversionista en la tecnología de cultivo protegido de hortalizas. Conferencia magistral. Diplomado de la Especialidad de Horticultura., Universidad Agraria de La Habana–Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, Quivicán, Mayabeque.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana , 138 p.
- Decreto Ley 327. (2004). Reglamento del proceso inversionista. La Habana.
- ENPA, MINAG, (2014). Metodología para la elaboración de programas de desarrollo, ENPA, Ministerio de la Agricultura, La Habana.

Capítulo III. EL SUELO Y SU PREPARACIÓN

Antonio S. Casanova Morales y Sixto R. Rodríguez García

Instituto de Investigaciones Hortícolas
“Liliana Dimitrova”, GAG, MINAG.

3.1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las instalaciones de cultivo protegido de hortalizas de Cuba se encuentran sobre suelos agrícolas naturales, a excepción de las áreas bajo cultivo sin suelo en la que se utiliza zeolita cubana como sustrato, ubicadas en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en la provincia de Matanzas, de ahí que la selección del suelo para ubicar áreas destinadas al cultivo protegido de hortalizas en el país es una de las acciones más importante y decisiva de esta tecnología.

De lo anterior se deriva la importancia de realizar previo a la selección del lugar de emplazamiento de los módulos de cultivo protegido de hortalizas un minucioso estudio de los suelos a emplear en la tecnología, asesorado por expertos de la Dirección de Suelos correspondiente y la participación de la Empresa de Proyectos en Ingeniería del Ministerio de la Agricultura (ENPA) (ver Capítulo II).

La preparación para la plantación y la confección de los canteros en suelo o sustrato constituyen labores de vital importancia para la producción en los sistemas de cultivo protegido de hortalizas. Las mismas se realizan para mejorar las características propias del suelo, así como el crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos.

Se considera un error asumir al suelo como un simple soporte para los cultivos y no como un elemento vivo, que se transforma y evoluciona, en el cual existen microorganismos que interactúan entre sí. En la vida del suelo están presentes hongos, bacterias, insectos, ácaros, nematodos y otros organismos, que unido con sus condiciones físicas y químicas y el impacto que le producen las plantas cultivadas, hace del mismo un elemento que experimenta constantes transformaciones. El productor debe conocer las características de su suelo, para manejarlo de forma adecuada, tanto en la agricultura tradicional a campo abierto, como en la agricultura protegida.

3.2. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE SUELOS

Los suelos utilizados en los sistemas de producción de cultivo protegido de hortalizas, exigen las siguientes características y aptitudes:

- Los suelos deben ocupar la posición más alta del relieve, ser profundos, con buen drenaje interno y externo.
- Adecuadas condiciones físicas, químicas y biológicas.
- pH entre 5,5 y 7,0.
- Relieve llano y libre de obstáculos.
- Comprobada sanidad en relación con la presencia de nematodos formadores de agallas o de malezas (arvenses) como hierba fina (*Cynodon dactylon*), Don Carlos (*Sorghum halepense*) o cebolleta (*Cyperus rotundus*), residuos de herbicidas y enfermedades cuarentenadas.

Los principales suelos utilizados en los sistemas de cultivos protegidos en Cuba son los siguientes:

3. °2.1. Agrupamiento de suelos Ferralíticos

Son los suelos más productivos de Cuba, por sus excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas. Por lo general poseen un contenido de materia orgánica medio. Cuando se realizan aportes de abonos orgánicos se favorecen las propiedades físicas para su manejo. En condiciones de pH ácido las formas libres de fósforo, reaccionan con el Fe y el Al, y lo hacen no asimilable.

Con frecuencia y debido a un manejo inadecuado por el uso excesivo de la maquinaria y de agroquímicos, los suelos presentan compactación, elevación del pH y otros problemas. Cuando estos adquieren estas limitantes, para ser utilizados en sistemas de cultivo protegido, deben ser corregidos mediante subsolado por debajo de 0,40 m, prescindir de la inversión del prisma donde no lo requiera, alisar la superficie, alistarlos con implementos dotados de órganos verticales rígidos o flexibles. A partir de su empleo en sistemas de cultivo protegido de hortalizas, debe evitarse el laboreo excesivo a los mismos.

En el proceso de explotación de los suelos Ferralíticos, en los sistemas de producción de cultivo protegido de hortalizas, las plantas muestran a menudo fuertes deficiencias de magnesio debido fundamentalmente a una inadecuada relación entre los cationes K^+ , Ca^{++} . Los tipos de suelo de este agrupamiento más utilizados son: Ferralítico Rojo, Ferralítico Rojo lixiviado y Ferralítico Amarillento lixiviado.

3.2.2. Agrupamiento de suelos Ferrálicos

Estos suelos se encuentran estrechamente asociados a los del agrupamiento Ferralítico, en los cuales no se produjo un proceso de ferralitización completo, a diferencia de éstos por tener un horizonte B Fersialítico y mezcla de arcilla caolinita (relación 1:1) con arcillas del grupo de las esmécticas (relación 2:1), lo que le confiere una mayor capacidad de intercambio catiónico (T). Los tipos de este agrupamiento más utilizados son: Ferrálico Rojo y el Ferrálico Amarillento.

Son suelos considerados dentro de la misma categoría agroproductiva (I) del anterior agrupamiento, por lo que su manejo y funcionamiento es similar al mismo.

3.2.3. Agrupamiento de suelos Pardo Sialíticos

Son suelos que se forman bajo el proceso de sialitización, son más fértiles que los anteriores, aunque menos productivos, por su relieve ligeramente ondulado a ondulado y su poca profundidad efectiva (0,25 a 0,50 m), presentan buenas propiedades físicas, químicas y biológicas. Si son labrados con la humedad adecuada resultarán de fácil manejo, aunque en general resultan más difíciles de trabajar que los agrupamientos anteriores. Los tipos más frecuentes y utilizados son: Pardo y Pardo Grisáceo, al ser los más fértiles los primeros.

Sobre los tres agrupamientos antes descritos y los tipos mencionados se establecieron la mayoría de las instalaciones de casas de cultivos en el país.

Otros suelos donde también se ubicaron casas de cultivos protegidos de hortalizas en el país, pero en menor cantidad, se encuentran dentro de los agrupamientos Ferríticos, con el tipo Ferrítico Rojo Oscuro así como los agrupamientos Fersialíticos (Inceptisol) y Fluvisoles (Entisol e Inceptisol).

3.3. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

El análisis de caracterización físico-química de los suelos donde estarán asentados los módulos de casas de cultivo protegido, se emplea con el objetivo de conocer las principales características de los mismos, para su mejor explotación en función del manejo correcto del riego y la nutrición, además de posibles enmiendas a efectuar. Este análisis se realiza antes de ubicar las instalaciones, acompañado del estudio de los factores limitantes de los suelos (profundidad, drenaje, compactación, acidez, entre indicadores).

Las principales variables a considerar en el análisis de caracterización físico-química de los suelos de los módulos de casas de cultivo protegido de hortalizas son las siguientes:

Análisis físicos	Análisis químicos
Humedad higroscópica	pH en agua
Capacidad de campo	pH en KCl
Densidad aparente	Conductividad eléctrica (CE)
Porosidad	Carbonatos
Textura	Cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+)
Estructura	Fósforo y potasio asimilable
Retención de agua	Materia orgánica
	Nitrógeno total

¿Cómo tomar las muestras de suelo?

Realizar la labor antes de comenzar el nuevo ciclo del cultivo.

- Se toma una muestra compuesta de 1 kg de suelo, formada por cinco o diez submuestras en cada instalación protegida (depende de su superficie), realizada en forma diagonal encima de los canteros y homogenizarla. Es necesario que el suelo se encuentre lo más seco posible.
- Limpiar con una pala la parte superior del cantero e introducirla hasta una profundidad de 0,20 m (medirlo bien).
- Eliminar el suelo que se encuentre en los bordes de la pala, dejar solamente el que está en el centro.
- Colocar el suelo extraído preferentemente en una bolsa de polietileno o papel limpio.
- Cerrar la bolsa con identificación interior y exterior, para su rápido envío al laboratorio.

Corrección del pH de suelos ácidos. Encalado

El propósito principal del encalado es la neutralización de los iones Al^{3+} y H^+ que se presentan en suelos ácidos, cuyo pH es menor de 5,5; además, disminuir la toxicidad del Al^{3+} y Mn, elevar el pH, aumentar la disponibilidad del P, mejorar el suministro de Ca^{++} y Mg^{++} , y también las condiciones del nitrógeno y mejorar las condiciones de vida de los microorganismos del suelo.

Dosis: t/ha para neutralizar el Al

t cal/ha = meq Al/100 g x 1,65 si el porcentaje de MO es < 7,0

t cal/ha = meq Al/100 g x 2,30 si el porcentaje de MO es > 7,0

donde los meq Al/100 g = Al intercambiable extraído con KCl, 1N

Ejemplo: para un suelo que tiene un pH de 4,8; 6,5 % de MO y 2,5 meq Al/100 g de suelo, la cantidad de cal a aplicar sería la siguiente:

$$t \text{ de cal/ha} = 2,5 \times 1,65 = 4,1 \text{ t cal/ha}$$

Se usa el factor 1,65 porque la MO es < 7 %

La aplicación de cal debe ser homogénea, incorporarla con no menos de un mes de anticipación a la fecha de siembra o plantación, para que tenga tiempo de reaccionar en el suelo y realizar la neutralización del aluminio. El material ideal para hacer el encalado es el carbonato de calcio o cal agrícola.

¡ATENCIÓN!

En las unidades de cultivo protegido del país, ubicadas sobre todo en suelos Ferralíticos, se ha manifestado en los últimos años un incremento de los valores de pH, lo que indica degradación de los suelos por alcalinización. En muchos casos este incremento del pH se debe a que la saturación del complejo de cambio por parte del Ca es elevada; el manejo con los fertilizantes y la dureza del agua de riego pueden contribuir a este proceso.

Se recomienda la aplicación de azufre como enmienda, de conjunto con otras prácticas, que de manera integrada, pueden paulatinamente restablecer los valores de pH como la utilización de fertilizantes que acidifican el medio y de enmiendas orgánicas como el humus de lom-

briz, el compost, la cachaza, las turbas de reacción ácida, entre otras. Un adecuado manejo del suelo puede contribuir a la estabilidad permanente de sus propiedades.

3.4. PREPARACIÓN DEL SUELO: ASPECTOS GENERALES

La preparación de suelo debe ser esmerada, con el objetivo de levantar un cantero entre 0,25 y 0,35 m de altura, con ancho variable, según el esquema de plantación. Para ello el suelo debe tener una preparación profunda y una superficie bien mullida; lo que se logra al realizar todas las actividades de laboreo con humedad de tempero.

Durante años la preparación del suelo en los sistemas de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, se realizó a toda la superficie de la instalación, similar al laboreo del suelo tradicional en la producción hortícola a campo abierto, solo que bajo cultivo protegido por lo general requiere al menos una labor adicional de riego por aspersion para lograr un buen mullido.

Hay dos maneras de asumir la preparación del suelo en la tecnología de cultivo protegido, una que se realiza al área completa de la casa, generalizada desde los inicios de la tecnología y otra alternativa más reciente que se realiza solamente al área del cantero. El tiempo de preparación de ambos sistemas es diferente, resulta mucho más breve cuando se prepara solo el área del cantero.

Algunos expertos y directivos del sistema abogan por la generalización de preparación del suelo de las instalaciones solo al área del cantero y no preparar el área de los pasillos entre canteros, para evitar incorporar ese suelo compactado y perturbado, al área activa del cantero, que conserva mejores condiciones físicas y biológicas. Esta práctica se ha generalizado en numerosas unidades de cultivo protegido de hortalizas del país de manera exitosa.

Principales ventajas en la preparación del suelo del área activa del cantero:

- Reducción del número total de labores.
- Disminución de la superficie de suelo a preparar.
- Ahorro de tiempo y recursos.
- Las condiciones del suelo se mantienen en el área activa del cantero, al no mezclarlo con suelo compactado de los pasillos.
- Facilita la incorporación de los abonos orgánicos empleados en cada ciclo de cultivo, para mejorar las características físico-químicas y biológicas del área activa del cantero.
- Se facilitan y simplifican las prácticas de desinfección del suelo.
- Los pasillos más anchos y sin laboreo, facilitan la ejecución de las labores de preparación de los canteros y las de posterior manejo y protección de los cultivos.

Las labores de preparación del suelo en esta nueva variante, se pueden realizar con tractor, motocultor o con tracción animal. Aplicar riego previo, al área de preparación, para lograr una humedad de tempero en el suelo.

En los Cuadros 3.1 y 3.2 se muestran las principales labores y exigencias en la preparación de suelo tradicional, al área total de la instalación y la nueva variante de preparación solo al área del cantero.

Cuadro 3.1. Labores básicas de preparación tradicional del suelo

LABOR	APERO	EXIGENCIAS (m)	OBSERVACIÓN
Regar aspersión 1	Sistema aéreo, sistema portátil	Humedad de tempero	Tiempo y norma según suelo
Subsolar	Subsolador Renter Multiarado M-140	0,40 – 0,50	Opcional
Roturar	Arado media vertedera Multiarado M-140 Arado criollo	0,25 – 0,30	Según labor mecanizada o tracción animal
Mullir	Grada de pinchos Escarificador	0,20	Tractor o tracción animal
Cruzar	Arado de media vertedera Multiarado M-140	0,25 – 0,30	En instalaciones grandes con saeta de 400 mm
Remate de cabeceras	Arado criollo Arado de media vertedera	Máxima profundidad	Obligatorio
Riego aspersión 2	Sistema aéreo Sistema portátil	Humedad de tempero	Si fuera necesario
Mullir	Grada de pinchos o discos Rotovator	> 0,20	Tracción animal Motocultor
Trazado de canteros	Surcador acanterador de doble aleta	> 0,20	Bien rectos
Conformar canteros	Instrumentos manuales Rotoacanterador	0,25 – 0,35	Rectos, ancho de 0,50 a 0,60 m

La superficie completa de la casa de cultivo se prepara después de varios ciclos de producción con el objetivo de descompactar el suelo, sobre todo el área de los pasillos, poder mejorar la altura de los canteros y aplicar prácticas de manejo de nematodos y otros patógenos del suelo.

Cuadro 3.2. Labores de preparación del suelo solo al área del cantero

LABOR	APERO	EXIGENCIAS (m)	OBSERVACIÓN
Regar	Sistema de goteo	Adecuado	Tiempo y norma según suelo
Subsolar	Saeta con 1 órgano	0,40 – 0,50	Tractor o tracción animal
Roturar	Arado de vertedera	0,25 – 0,30	Tractor o tracción animal
Mullir y alisar	Rotovator	0,20	Motocultor, grada de pincho
Aplicar M.O.	Carretilla	Norma técnica	Incorporar (manual o mecanizada)
Trazar y conformar canteros	Surcador acanterador de doble aleta, instrumentos manuales, rotoacanterador	0,25 – 0,35	Rectos, ancho de 0,50 a 0,60 m

En aquellas instalaciones donde la preparación del suelo se realiza solo en el área activa del cantero, la humedad del mismo, previo a su laboreo se puede proporcionar con el sistema de riego por goteo de la propia instalación, al mover los laterales, para que la humedad cubra todo el plato del cantero. Preparar solo el área activa del cantero, presenta numerosas ventajas para el productor, que se detallan en el epígrafe 3.4 de este capítulo.

El tiempo de duración de la preparación del suelo de una casa de cultivo es variable y depende de numerosos factores, entre ellos los problemas fitosanitarios, el ciclo vegetativo del cultivo anterior, exigencias del mercado y experiencia del especialista o técnico de la unidad. Cuando hay problemas serios con nematodos, el tiempo medio de preparación del suelo debe prolongarse entre 30 y 45 días, para permitir la aplicación de técnicas de manejo de nematodos como laboreo con inversión del prisma, solarización o biofumigación.

En instalaciones de la tipología 2 (de 10 m a 12 m de ancho), el laboreo del suelo se hace por lo general en un solo sentido. Posterior a la rotura, se realiza una labor de mullido con grada, rotovator o escarificador y si fuera necesaria otra labor de aradura, en el mismo sentido, que hasta cierta medida cumple la labor del cruce. En el resto de las casas de cultivo con mayor ancho, es factible realizar la labor de cruce cuando se adopte la preparación de la casa completa

3.4.1. Laboreo inicial del suelo

La preparación inicial del suelo se realiza después de instalada la casa de cultivo, en forma mecanizada o con tracción animal, según la disponibilidad de implementos, fuentes energéticas y tipología de instalación empleada. El tiempo medio total de preparación del suelo es variable en esta fase, pues entre las labores se pueden incluir el subsolado y nivelación o alisamiento del suelo.

3.4.2. Subsólado

Antes del montaje de las casas de cultivo, en los suelos que lo requieran por tener capas internas compactadas o impermeables, se realizará el subsolado a una profundidad entre 0,40 y 0,50 m y a una distancia entre los órganos del implemento de 0,30 m, actividad que resulta fundamental para facilitar el drenaje interno del suelo de la instalación, el movimiento de sales y el desarrollo radical de las plantas, entre otras.

Para esta labor se recomienda emplear un subsolador o el multiarado sin zaetas. Realizar dos pases en forma cruzada, para lo cual se emplean tractores de estera o de gomas.

3.4.3. Nivelación

La labor de alisamiento del suelo de las instalaciones puede realizarse, si fuera necesario, con herramientas adecuadas para ello. Se prohíbe la nivelación del suelo con motoniveladora o equipo similar que afecte el horizonte "A" del suelo.

3.4.4. Preparación del suelo en cultivo de rotación

El cultivo protegido de las hortalizas es una tecnología intensiva con un elevado índice de rotación del suelo, por lo que se requiere garantizar condiciones óptimas para lograr los rendimientos potenciales máximos en cada especie. En cultivos en rotación, el tiempo total de laboreo puede ser más breve al tener presente el cultivo precedente, así como el estado físico y sanitario del suelo.

3.4.5 Laboreo del suelo posterior a la cosecha

Finalizada la cosecha, los restos vegetales, incluidos las raíces, deben ser retirados de la instalación y no depositarse cercanos a las mismas, o en depósitos de abonos orgánicos ni en fuentes de agua de la unidad. En las raíces que quedan en el suelo se mantienen poblaciones de nematodos que infestarían las nuevas plantaciones, para reducir esta problemática deben extraerse las raíces en condiciones de suelo húmedo, como se explica a continuación.

Para eliminar los restos vegetales se procede a cortar los tallos de cada una de las plantas a una altura entre 0,30–0,40 m del suelo y después se extrae toda la masa foliar de las plantas en una manta y se saca de la casa de cultivo con destino a su compostaje.

Con posterioridad se procede "al levantamiento", del resto de los tallos con las raíces, labor que se realiza planta a planta para estimar las poblaciones de

nematodos, para la cual se colocan temporalmente sobre el cantero. Para ello se hace un muestreo de plantas en toda la instalación al tener en cuenta la escala cualitativa de 0 a 5 grados, que se expone en la Figura 3.1. Todos los restos de tallos más las raíces son colocados sobre mantas para retirarlos de la instalación y no contaminar el suelo. Los datos del monitoreo de nematodos deben ser recogidos como parte del historial de campo de cada instalación.

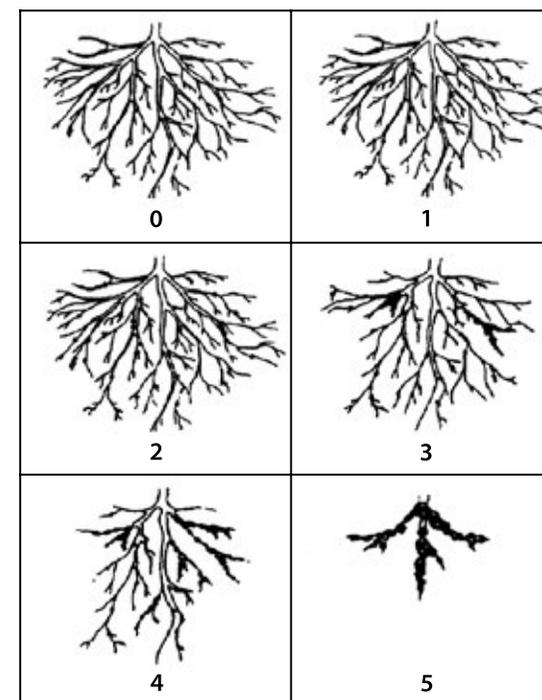


Fig. 3.1. Representación de valores de la escala de daños de nematodos formadores de agallas en las raíces (Zeck, 1971).

¡Atención!

Si la labor anterior se realiza con el suelo seco, quedarían numerosas raíces en el mismo, situación favorable para mantener poblaciones de nematodos que infestarían las nuevas plantaciones.

3.5. LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA O PLANTACIÓN

3.5.1. Aplicación de abono orgánico y desinfección del suelo

Es favorable la aplicación de abono orgánico bien descompuesto o compostado, en forma sistemática para mantener y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El mismo debe cumplir, además, con la condición de estar, libre de semillas y plantas arvenses, hongos fitopatógenos y nematodos.

La aplicación se realizará sobre la superficie del suelo, al iniciar las labores de su preparación o sobre los canteros ya conformados, lograr una distribución uniforme e incorporarla en forma mecanizada con rotovator (rotocultor) o en forma manual, con la ayuda de azadón y rastrillo, a una profundidad entre 0,05 y 0,15 m, según el tipo de apero o implemento utilizado. Resulta de mayor efectividad la primera variante descrita.

Se debe prestar especial cuidado al almacenaje de los abonos orgánicos en las unidades de producción. Los mismos deben estar libres de nematodos y contaminantes. Los abonos orgánicos deben ser cuidadosamente almacenados y manejados en lugares secos, sobre mantas que eviten su contacto con el suelo, y en sitios donde no se produzcan inundaciones que puedan contaminarlos. Evitar que crezcan plantas arvenses sobre los abonos orgánicos, ya que algunas son hospedantes de nematodos parásitos y hongos fitopatógenos. Todo abono orgánico debe ser certificado por la Dirección de Sanidad Vegetal de la provincia correspondiente.

Se utilizará el estiércol de ganado vacuno solo en los casos en los cuales se aplique la Resolución Conjunta N° 1-2008, que trata sobre la certificación de sustratos y otros abonos orgánicos. Se considerará una falta grave no aplicar lo establecido, pues se pueden presentar serios problemas con abonos orgánicos contaminados con el herbicida Potreron®.

Una alternativa para aquellas unidades con limitado acceso a fertilizantes solubles, es realizar de manera conjunta con el abono orgánico, una aplicación de fertilizante de fórmula completa para hortalizas (9-13-17), a razón de 50 kg / casa de cultivo de 540 m², para ser incorporado durante la preparación de suelo a una profundidad de 0,10-0,20 m. Esta opción permite mantener aceptables niveles de rendimiento donde se ha empleado convenientemente.

Otra alternativa para mejorar las propiedades físicas del suelo de los canteros, es emplear cascarilla de arroz carbonizada o carboncillo a razón de 1 a 2 kg/m lineal de cantero.

Desinfección del suelo

La desinfección de suelos mediante procedimientos químicos o naturales, es una práctica agronómica que se realiza con frecuencia en la agricultura moderna y en especial en sistemas de cultivo protegido de hortalizas, labor que resulta imprescindible, por el uso intensivo del suelo en esta tecnología. Tiene como propósito el manejo de las plagas del suelo (nematodos, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, etc.) que afectan los cultivos y disminuyen su rendimiento.

En Cuba esta lucha contra las plagas del suelo es fundamental en los sistemas de cultivo protegido de hortalizas. El uso de procedimientos químicos afecta el medio ambiente y también pueden hacerlo a los materiales plásticos que se utilizan como cerramiento a las casas de cultivo protegido, lo cual limita su duración.

Tratamiento químico

Aplicar Agrocelhone® (1,3 dicloropropeno + cloropicrina) en dosis de 330 – 440 L/ha, antes de la plantación con el suelo mullido y humedad al 60 % de capacidad de campo. Se aplicará por el sistema de riego con la bomba de inyección a la entrada de la casa de cultivo. Sellar el suelo con una lámina de polietileno. Regar dos o tres veces y no regar un día antes de la aplicación. Esperar de 15 a 18 días para realizar la siembra o plantación.

Tratamiento físico

Entre los métodos físicos de desinfección de suelo, resulta muy beneficioso y económicamente viable la solarización, método alternativo que aprovecha los efectos de la radiación solar en los meses donde ésta se mantiene con mayor intensidad, (en Cuba es desde abril a septiembre). Para esto, el suelo húmedo debe cubrirse con una manta transparente durante 30 a 45 días, donde el paso de la radiación solar provoca calor húmedo hasta profundidades entre 0,25-0,30 m; su efecto alcanza el control de nematodos, hongos fitopatógenos, semillas de plantas arvenses e insectos que hacen la fase de pupa en el suelo.

Para obtener óptimos resultados con la solarización:

- Debe lograrse un buen mullido del suelo, mediante labores realizadas con una humedad adecuada del mismo.
- Cubrir el suelo con mantas de polietileno transparente, por espacio de cuatro a seis semanas.
- Mantener la cubierta plástica cerrada herméticamente, sin orificios y con los bordes enterrados.
- Evitar que la lámina de polietileno se dañe por rozamiento.
- Garantizar un buen tensado de la lámina de plástico cuando el suelo de la instalación está completamente preparado (canteros y pasillos), sin formación de los canteros.
- Cuando los canteros están confeccionados, la ubicación de la manta de polietileno debe adoptar la forma de la superficie del suelo sin llegar a estirarse.
- Al quitar los canteros, se recomienda no mover el suelo, sino proceder a sembrar o trasplantar, para que las raíces se establezcan en el área solarizada.

En la técnica de solarización, se utilizan láminas de polietileno del tipo normal, sin aditivos especiales con espesores comprendidos entre las 40-50 micras, con ellos se logran temperaturas promedio en el suelo entre 35 a 60 °C.

Si la solarización se efectúa dentro de la casa de cultivo, es importante limpiar previamente el plástico del techo, para lograr que llegue al suelo la máxima radiación solar y se mantenga la casa de cultivo cerrada, mientras dure la solarización.

Tratamiento biológico

HeberNem®: es un producto biológico desarrollado en Cuba, utilizado para el control de nematodos de diferentes especies y géneros, princi-

palmente en los sistemas de cultivo protegido. El agente activo de este producto es la bacteria gram-positiva *Tsukamurella paurometabola*, cepa C-924, aislada del suelo. El producto presenta efectos sobre huevos y larvas juveniles. Para lograr una buena acción del producto, el mismo debe aplicarse en un suelo bien preparado y mullido, con un nivel de materia orgánica no menor de 3 %.

Este producto, se aplica tanto en semillero como en plantación en las instalaciones protegidas. En el semillero para la desinfección del sustrato se realizan las aplicaciones del producto a una dosis de 20 mL/100 kg de sustratos, a los siete días antes de la siembra, para lo cual se procede a resuspender los 20 mL del producto en 10 L de agua. A continuación se debe mezclar la suspensión con 100 kg del sustrato, aplicado con el auxilio de una regadera o una asperjadora manual.

En la plantación, se realizan un total de tres aplicaciones, la primera siete días antes de la siembra o trasplante y posteriormente dos aplicaciones a los 14 y 21 días después de la siembra o trasplante, a la dosis recomendada de 10 L/ha, aplicado a través del sistema de fertirriego.

En infestaciones bajas de nematodos se realiza tres días antes del trasplante, por el sistema de riego localizado, en dosis de 1 L x 20 L de agua, que serán aplicados teniendo en cuenta la superficie a tratar. Para garantizar la uniformidad en la aplicación se recomienda el empleo de una asperjadora manual y aplicar una dosis adecuada en la zona donde se desarrollará el sistema radical de la planta, según el tipo de suelo. La solución final por planta entre 40 a 70 mL.

A los 14 días después del trasplante se realiza la segunda aplicación (dosis 10 L/ha o 1 mL/m²), con un volumen mayor de solución final para cubrir la zona radical (entre 50 y 90 mL).

La tercera aplicación se recomienda a los 21 días de la anterior, en dosis de 10 L/ha o 1 mL/m², procediendo igual que en la segunda aplicación. En este caso se recomienda el uso de sistema de riego, debido al desarrollo foliar de las plantas.

Las aplicaciones de abono orgánico en la fase de presiembra o trasplante, al conformar los canteros, incrementa la efectividad del producto HeberNem®.

Trichoderma spp: aplicar al suelo el biopreparado a base del hongo *Trichoderma harzianum*, cepa A-34; cepa A-56 o *Trichoderma viride* cepa TS3 destinado al control de hongos como *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, que producen la enfermedad conocida como *damping off* o mal de los almácigos. Emplear el biopreparado en dosis de 6 L/ha, con una solución final de 400 L/ha. La aplicación se realizará posterior a la aplicación inicial de abono orgánico sobre el suelo con humedad superficial o después del riego, dos días antes del trasplante. Muchos productores realizan con éxito más de una aplicación de *Tricho-*

derma harzianum durante el ciclo del cultivo. La aplicación se realiza con asperjadora manual o con el equipo de fertirriego.

Las aplicaciones combinadas de HeberNem® y *Trichoderma harzianum* son complementarias para el control de nematodos y hongos del suelo, pero no se recomienda mezclar ambos productos ni aplicarlos el mismo día.

KlamiC®: Bionematicida (ver Capítulo IV, acápite 4.3 Sustratos y Capítulo IX, tema 9.3)

Biofumigación: es una alternativa basada en principios similares a los de la fumigación con bromuro de metilo, con la única diferencia de que en este caso los gases liberados provienen de la biodescomposición del material orgánico que se incorpora. Los restos vegetales u otros materiales orgánicos que se pueden utilizar se mezclan con el suelo, posteriormente se efectúa un riego y se compacta el suelo para evitar el escape de los gases, lo cual se logra mediante el cubrimiento con una manta de polietileno. Se pueden usar restos de *Brassicaceae* (varias especies y cultivares), estiércoles vacuno, de ovinos, gallinas y restos o follaje de plantas como paraíso (*Melia azaderach*), algodón de seda (*Calotropis procera*), higuera (*Ricinus communis*), neem (*Azadirachta indica*), maíz (*Zea mays*), frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), canavalia (*Cannavalia ensiformis*) y cachaza principalmente.

La acción de los microorganismos que producen la descomposición sobre los materiales orgánicos, origina una gran cantidad de productos químicos que participan en el control de los patógenos del suelo, entre ellos amonio, nitratos, ácido sulfídrico, otras sustancias volátiles y ácidos orgánicos, que poseen efecto nematicida directo sobre los huevos o sobre la movilidad de los juveniles. Si la manta que se utiliza para tapar es transparente y se realiza la labor en los meses del año de mayor radiación solar, se obtiene un efecto adicional de solarización.

Para aplicar la biofumigación se debe garantizar de 5 a 10 kg de biomasa fresca por m² de suelo. Puede efectuarse sobre toda la superficie de suelo de la instalación o sobre los canteros conformados. En ambos casos el material vegetal debe trocearse e incorporarse al suelo. Posteriormente se riega a capacidad de campo y se tapa el área con polietileno o compactar la capa superficial del suelo para evitar escape de gases; a continuación es necesario esperar de 21-25 días. Al finalizar este período se le retira la manta y se sugiere airear dos días, mediante labores de escarificación o pase de grada. Posteriormente, se proceden a levantar los canteros si los mismos no están conformados con anterioridad. El trasplante de los cultivos se hace a partir de los siete días posteriores.

Labores básicas de preparación del suelo

En la práctica, lo más generalizado es la combinación de las labores mecanizadas, con tracción animal y labores manuales, en dependencia de las condiciones locales y la disponibilidad de equipos.

3.5.2. Variante mecanizada

Esta labor se realiza en instalaciones grandes. En casas de baja altura se usan equipos pequeños o también se le retira la cabina al equipo, para facilitar su trabajo dentro de la instalación.

La preparación básica del suelo se inicia a partir del subsolado, de ser necesario, e incluye labores de rotura y cruce (casas grandes), con labores intermedias de mullido o escarificado del suelo.

3.5.3. Variante con tracción animal

Esta se fundamenta en labores similares a las que se realizan en la preparación mecanizada del suelo, pero en su lugar se emplean aperos desarrollados para la tracción animal. Por lo general las casas de cultivo pequeñas se preparan con tracción animal y en una sola dirección. La aradura se realiza a toda la superficie o sobre el cantero, sin arar los pasillos. Las dos variantes permiten preparar con calidad el suelo para lograr un adecuado desarrollo radical de las plantas.

3.5.4. Variante manual

La preparación manual del suelo es una opción factible para las instalaciones pequeñas de cultivo protegido, en la labor de levante y acondicionamiento los canteros. La misma se lleva a cabo con el empleo de tridente, azada, pala y rastrillo.

En la práctica lo que se realiza es combinar las labores de preparación del suelo, en forma mecanizada, con tracción animal, en la medida de las posibilidades y siempre que se logren las exigencias técnicas definidas.

3.6. TRAZADO Y CONFORMACIÓN DE CANTEROS

La tecnología de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, está sustentada en el cultivo en suelos agrícolas, en los cuales se recomienda el uso del cantero alto (0,25 a 0,35 m), por las ventajas que presenta para un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo, entre ellas: un mayor volumen de suelo mullido, que favorece la aireación, el drenaje, el crecimiento radical, el desarrollo del bulbo húmedo, limita la compactación del suelo a nivel de las plantas y facilita las labores de manejo agronómico, entre otros.

El trazado de los canteros se efectúa en función de una correcta distribución espacial de las plantas, para lograr la densidad óptima de población en cada especie, que permita un adecuado crecimiento y desarrollo de la plantación. Para más información (ver Capítulo V).

Los canteros se conforman de forma manual o mecanizada y su número depende de la tipología de las instalaciones y de otros factores, entre ellos: la posibilidad de lograr un adecuado manejo climático de la instalación, facilitar las labores manuales, de protección de plantas, de cosecha y otras. De acuerdo a lo anterior el número de canteros en las instalaciones se disminuyeron en los últimos años, lo cual se comenta en el Capítulo V. Tomate: Cultivares y manejo agronómico.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alfonso, C. A. y Monedero, M. (2004). Uso, manejo y conservación de los suelos. La Habana: ACTAF.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.* (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana , 138 p.
- Febles, J. M., Vega, M.B., Do Amaral, N., Tolón, A. y Lastra, X. (2014). Good soils in Extinction: Degradation of Red Ferralitic Soils in Western Cuba. *Soil Science*, 179 (6): 304-313.
- Hernández, A., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D., Cabrera, A., Ascanio, M.O., *et al.* (2014). Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados de la Llanura Roja de La Habana por el cultivo y algunos resultados sobre su mejoramiento. Mayabeque (Cuba): Ediciones INCA. 156 p.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosh, D. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque: Ediciones INCA. 91p.
- Hernández, A., Morell, F., Ascanio, M.O., Borges, Y., Morales, M., Young, A., *et al.* (2006). Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitsoles Ródicos éutricos) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales*, 27 (2): 41-50.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Colombia: Editora FAO, CORPOICA. 330 p.
- Manual de aplicación del bionematicida HeberNem®. Permiso N° 001/2007 (Registro Nacional). Tomo 4, Folio 1 364.
- Muiño, B.L. *et al.* (2012). Los métodos de control biológico como alternativa al uso del Bromuro de Metilo. En *Tecnologías en el proceso de eliminación total de Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba*. Capítulo II. La Habana: INISAV.
- Ríos, A. (2004). Mecanización con tracción animal. ACTAF, filial La Habana, La Habana, Cuba. ISBN: 959-246-129-5. 60 p.
- Terry, E. (2007). Alternativas ecológicas para la producción de tomate en sistemas de cultivos protegidos. *Revista Agrotécnica de Cuba*, 31 (1): 2-3.

Capítulo IV. PRODUCCIÓN PROTEGIDA DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS EN CEPELLONES

Antonio S. Casanova Morales¹, Julio C. Hernández Salgado¹,
Farah M. González Userralde¹, Manuel Hernández Morrondo²

¹Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.
²Especialista Jubilado



Levantamiento de tallos y raíces para diagnóstico de nematodos.



Implementos para preparación de suelo con tracción animal.



Surcador para conformar los canteros.



Riego por aspersión previo a la preparación del suelo.



Preparación del suelo con rotovator.



Abono orgánico para su aplicación.



Biofumigación utilizando restos de cosecha de col.



Canteros listos para la siembra o trasplante.

4.1. INTRODUCCIÓN

La obtención de plántulas de calidad en cepellones (posturas, plantines, pilones), libres de enfermedades y disponibles a tiempo para su trasplante, es uno de los factores más importantes para lograr una producción hortícola de excelencia.

Como una alternativa superior a la producción de plántulas de hortalizas "a raíz desnuda", surge la producción protegida de plántulas en cepellones (plántulas en su propio terrón), técnica que constituye un importante eslabón en los sistemas de producción intensiva de hortalizas bajo cultivo protegido y en particular, en condiciones tropicales. Estos sistemas están concebidos para generar producciones elevadas y competitivas por superficie durante todo el año, a partir del empleo de nuevos híbridos, cuyas semillas tienen un elevado costo.

Las principales ventajas del trasplante en cepellones son el ahorro de semillas de híbridos costosos, la reducción del estrés y pérdidas en el trasplante, que influyen negativamente en el rendimiento de los cultivos y el hecho de que esta tecnología forma parte de la estrategia de lucha contra el complejo mosca blanca-geminivirus (begomovirus) y enfermedades virales emergentes del género tospovirus.

Las áreas establecidas con plántulas obtenidas en cepellones, ofrecen mayores rendimientos que las obtenidas "a raíz desnuda", debido a que se trasplanta con su propio terrón y sufren menos daños en su sistema radical, lo cual permite un mejor establecimiento de cultivo y rápida recuperación posttrasplante. Esta técnica, junto al empleo de híbridos F₁ y al uso del riego por goteo son de los principales factores del incremento de los rendimientos en los cultivos hortícolas a nivel mundial en las últimas décadas.

Otras ventajas del empleo de esta técnica son:

- Mejora de la sanidad del medio a usar y de las plántulas.
- Mayor uniformidad y vigor de las plántulas.
- Se logra un mayor número de plántulas por m² y por año.
- Excelente desarrollo radical de las plántulas.

- Ahorro de la superficie del semillero.
- Mayor precocidad y uniformidad de la producción.
- Mejor planificación de las áreas y cultivos.
- Menor especialización y mayor calidad en el trasplante.
- Sencillez en la extracción, manipulación y traslado de las plántulas.
- Posibilita trasplantar a diferentes horas del día, según época del año.
- La bandeja es un medio propicio para alargar el tiempo de permanencia de las plántulas en el semillero.
- Mínimo riesgo de enfermedades en las raíces y cuello de las plántulas.
- Posibilita la producción de plántulas en períodos adversos.
- Simplifica y facilita las operaciones de protección fitosanitaria.
- Ahorro de agua, mayor eficacia en el manejo del riego y la nutrición.
- Fácil control de plantas arvenses y reducción de daños en campo.
- Facilita la aplicación de bioproductos y su disseminación en plantación.
- Posibilita el traslado eficiente al campo de plántulas hortícolas injertadas.

Desventajas

- Requiere una mayor inversión inicial.
- Mayores exigencias en la calidad del sustrato y manejo de plántulas.
- Exige mayor conocimiento y capacitación del productor.
- Es una técnica muy precisa, cualquier error puede provocar mayores daños a las plántulas que en el sistema de producción a “raíz desnuda”.

¡Atención!

La calidad actual de las posturas en cepellones en algunos sistemas de cultivo protegido de hortalizas en el país resulta insatisfactoria, lo cual influye en la uniformidad de las plantaciones y en los resultados productivos de los cultivos por lo que es necesario capacitar a técnicos y operarios en las exigencias de esta modalidad de producción de plántulas para obtener resultados superiores.

4.2. MEDIOS Y EXIGENCIAS REQUERIDAS

Elección del lugar, características y requisitos

- Es una instalación protegida que se ubica en un lugar alto del relieve, con buen drenaje, según los vientos predominantes (vientos arriba), adecuada fuente de suministro y calidad del agua, seguridad del lugar y adecuadas vías de acceso, alejadas de caminos polvorientos y de áreas de producción convencional o intensiva de especies afines.
- Observación de los requisitos fitosanitarios y nematológicos del lugar, y su aprobación por el Sistema Estatal de Protección de Plantas.

Calidad y fuentes de agua

Debe realizarse una selección rigurosa las fuentes de agua a utilizar y un análisis previo de la calidad físico-química y microbiología de la misma. El agua de pozo es la más deseable para esta técnica, y es superior al agua de

los ríos, arroyos y represas, las cuales en ocasiones es preferible no utilizar. La razón es la posible contaminación de estas aguas, al estar infestadas de patógenos. Los parámetros más importantes de la calidad del agua son pH, conductividad eléctrica (CE), tipos de sales y aspectos microbiológicos.

Características de las instalaciones

El semillero o casa de producción protegida de plántulas (posturas) en cepellones, es el lugar destinado a la producción especializada de plántulas de calidad para la tecnología de cultivo protegido y campo abierto de hortalizas. Por lo general tiene una estructura de metal, madera u otros materiales, protegida con materiales plásticos adecuados, según la zona climática. Entre sus funciones están, mejorar las condiciones ambientales, en el interior de la instalación, para lograr una adecuada germinación de las semillas, propiciar un crecimiento armónico de las plántulas durante la mayoría de los meses del año, así como la protección de plagas y condiciones climatológicas adversas.

Las principales exigencias de estas instalaciones para las condiciones de Cuba son:

- Dimensiones adecuadas: ancho x largo x alto, 8 a 20 m de ancho por largo modular no superior a 45,0 m con 3,50 m a la canal y 5,50 m de altura a la cumbre.
- Cerramiento superior de polietileno flexible (PE) o rafia plastificada.
- Ubicadas en un área libre de polvo o colindante con áreas polvorientas.
- Cerramiento por los laterales, frente, posterior, media luna superior y ventana cenital con malla anti-bemisia (50 mesh).
- Poseer una fuente alternativa de agua de calidad para el riego.
- Doble puerta de entrada y salida a la instalación, situada contraria al sentido de los vientos predominantes, con punto de desinfección de manos y calzados.
- Poseer una pequeña puerta o deslizador frontal de bandejas, para su movimiento seguro de extracción e introducción en la instalación.
- Riego manual con el empleo de manguera con ducha y/o regadera de gota fina.
- Riego por sumersión en un tanque con solución nutritiva, que cubra sólo el taco del cepellón de las plántulas en las bandejas.
- Poseer portabandejas nivelados y separados del suelo, a una altura no menor de 0,60 m, con el fin de aislar las plántulas del mismo, para lograr una mejor aireación y sanidad, buen drenaje de los alvéolos y promover que las raíces de las plántulas se concentren en el interior del alvéolo. El portabandejas facilita las actividades manuales en el manejo de las plántulas.
- Módulo de trampas entomológicas (amarillas, azules y blancas), colocadas según normas técnicas.
- Provista de equipos e instrumentos para la medición climática (temperatura y humedad relativa) y otros instrumentos para la determinación de la CE y pH.

Medidas para la protección de la entrada de aguas pluviales a la instalación

- Colocar en todo el perímetro externo de la casa de postura, un zócalo de 0,50 m de alto sobre el suelo.
- Piso con adecuada altura, preferentemente cubierto por grava de granulometría media para el filtrado del drenaje del agua de riego, o empleo de una manta de tejido grueso, de color negro (manta agrícola) que garantice que la superficie del suelo permanezca seca, no permita el paso de la radiación solar y evite que proliferen plantas arvenses (malezas).
- Drenaje externo para la evacuación de las aguas pluviales.

Medidas para el manejo climático del semillero

Durante la época de primavera-verano en Cuba, prevalecen las más elevadas temperaturas del año y una mayor radiación global, por lo que es preciso aplicar medidas de manejo climático en las instalaciones de producción protegida de plántulas en cepellones, entre ellas:

- Colocar una malla sombreadora móvil en el exterior de la casa, para lograr interceptar parte de la radiación incidente y disminuir la temperatura en el interior de la instalación, en el orden de 3 a 4 °C.
- Manipular la pantalla sombreadora diariamente, en dependencia de la intensidad de la radiación durante el día.
- Mantener el techo de las instalaciones libre de incrustaciones de polvo, mediante su lavado periódico, para permitir una buena transmisión de la luz.
- Lavado periódico de las mallas laterales de la instalación.

Nave de preparación de sustratos, siembra, pregerminación y área de almacén de insumos

Esta instalación debe estar techada con fibrocem, zinc o guano, con aleros y paredes levantadas hasta un tercio de su altura y estar cerrada con malla tipo "peerless" hasta el techo.

Cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser lo más ventilada posible.
- Situada cerca del semillero protegido.
- Provista de agua con calidad adecuada y fluido eléctrico.
- Dimensiones ajustadas según el tamaño de la unidad (10 m de ancho y de 12 a 20 m de longitud).

Esta instalación tiene tres áreas principales:

- 1) Área de preparación, conservación y desinfección de sustratos, llenado de bandejas, siembra, tapado de bandejas y riego inicial. Es una nave con paredes levantadas hasta un tercio de su altura, que permita una buena aireación interior de la instalación y está integrada por los siguientes componentes:
 - Punto de desinfección del sustrato.
 - Área de preparación del sustrato con cajuela de 2,0 m x 1,5 m.

- Mesa para el llenado y siembra manual de bandejas.
- Portabandejas para riego inicial, con drenaje al exterior.
- Área de almacenaje y conservación del sustrato desinfectado.
- Área de desinfección de bandejas por inmersión.

En un extremo de esta área se deben depositar los sustratos, descompuestos o debidamente compostados, para ser tamizados y desinfectados, para lo cual la instalación debe tener una puerta de entrada por esta parte, con un punto de desinfección y badén. En el otro extremo de la casa se deja una puerta de entrada y salida de bandejas, dotada de un punto de desinfección de manos y de calzados.

- 2) Área de almacén de insumos. Se utiliza para guardar aperos, bandejas, aditivos, asperjadoras, carretillas, zarandas, instrumentos de medición y otros utensilios o enseres.
- 3) Área de pregerminación de las semillas. Es una instalación cerrada que debe estar provista, de un falso techo, para aislar y evitar los efectos de las altas temperaturas. En su interior debe existir una estantería para la colocación de las bandejas en esta fase.

Cuando no se dispone de esta habitación con sus condiciones técnicas, después de la siembra y riego correspondiente, las bandejas se pueden colocar en estibas, no mayor de seis bandejas, con un separador entre ellas y finalmente taparlas con un polietileno negro, lo cual favorece la ocurrencia de una germinación más uniforme de las semillas.

Principales medios, equipos e instrumentos de medición necesarios en la casa de producción de plántulas

Medios: burro o estante, vagón, marcador de profundidad de siembra, placa de Petri, pala, polietileno para cubrir bandejas, marcador identificador de bandejas, cubo plástico, manguera flexible con ducha para riego, rastrillo, azada, envases de polietileno, recipiente con agua de lluvia o destilada y papel de filtro.

Equipos e instrumentos de medición: balanza, peachímetro, termómetro, conductímetro, probeta graduada, asperjadora manual, asperjadora de motor.

4.3. SUSTRATOS

Los sustratos son materiales orgánicos o inorgánicos, distintos al suelo, utilizados como soporte en la producción de plántulas en cepellones. Generalmente se emplean mezclados y su uso tiene como objetivo, evitar el empleo directo del suelo y atenuar los problemas físicos, químicos y sanitarios que el suelo presenta en la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas. La calidad del sustrato elegido es el principal factor de éxito de esta técnica. Además de servir como soporte a la plántula, suministra a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes.

Suele darse mayor importancia a las propiedades físicas de los sustratos que a las químicas, ya que una vez seleccionada una mezcla del mismo, no puede modificarse su estructura física, mientras que su composición química puede ser mejorada antes o durante el crecimiento de las plántulas.

Entre las características físicas, químicas y biológicas que definen un buen sustrato para la producción de plántulas hortícolas se destacan las siguientes:

- Baja densidad aparente (que sea un material liviano).
- Alto porcentaje de espacio poroso (>80 %).
- Buen drenaje y capacidad de infiltración.
- El pH ligeramente ácido a neutro.
- Baja conductividad eléctrica (CE) < 1,0 mS/cm.
- Que no tenga tendencia a la compactación.
- Adecuado tamaño de partículas.
- Buena retención de humedad.
- De fácil humectación.
- Capacidad de intercambio catiónico, la relación carbono/nitrógeno y contenido de nutrientes.
- Que esté libre de plagas, plantas arvenses y sustancias fitotóxicas.

Requisitos para su empleo

Características de sustratos comerciales importados en Cuba.

Turba: son vegetales fosilizados, constituidos por restos de musgos y otras plantas, los cuales están descompuestos parcialmente. Según su grado de descomposición, se clasifican en turbas rubias, que son poco descompuestas, de reacción ácida y pobres en minerales por estar muy lavadas y turbas negras, que son más descompuestas, sin estructura y menor aireación.

Turba rubia del musgo *Spaghnum*: es uno de los sustratos más utilizado en numerosos países, especialmente en sistemas de cultivo protegido de hortalizas. Constituye un excelente sustrato para la producción de plántulas hortícolas en cepellones, dado a su calidad biológica, sanidad y en lo fundamental por sus propiedades físicas. Una alternativa para su uso sería emplearlo en combinación con materiales orgánicos locales, para mejorar sus características físicas.

Por otra parte la mezcla en volumen del 70–80 % de turba rubia + 20–30 % de humus de lombriz certificado, le confiere al sustrato una mayor capacidad de rehidratación necesaria para el crecimiento armónico de las raíces de las plántulas.

La turba rubia es acondicionada física y químicamente con aditivos que mejoran su porosidad, acidez o su nivel nutricional. Se comercializa preparada con un pH corregido entre 5,5 y 6,5 y una CE entre 0,7 y 1,1 mS/cm. En ocasiones se comercializa turba rubia, cuyo pH es ácido (3,5 a 4,5), el cual debe corregirse antes de su empleo para que no se afecte la germinación de las semillas. Cuidar que las turbas no estén cargadas de sales,

pues poseen una CE alta que afecta la germinación de las semillas de las especies hortícolas. En estos casos debe lavarse con abundante agua de baja conductividad hasta lograr la CE adecuada.

La turba rubia se comercializa en pacas o fardos de 107 a 300 L, o bolsas de 70 y 80 L, en dependencia de la casa comercial proveedora.

Fibra de coco: es un producto que se emplea como sustrato hortícola alternativo de la turba rubia. Su CE depende de la zona agroecológica donde se cultive el cocotero, lo cual debe conocerse. Es válido emplearla en combinación con otros materiales orgánicos nacionales, con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas. Si la CE de la fibra de coco a emplear es superior a la recomendada para su empleo como sustrato para la producción de plántulas hortícolas, es necesario disminuirla, mediante su lavado con agua de baja conductividad eléctrica.

Sustratos orgánicos locales

La tecnología cubana evalúa en la producción de plántulas hortícolas en cepellones diferentes materiales orgánicos locales, según la disponibilidad de cada territorio, entre ellos los más empleados son los siguientes: humus de lombriz; compost de estiércol vacuno; compost de cachaza; compost vegetal; cáscara de café y recientemente carboncillo o cascarilla de arroz carbonizada (conocido también como biochar de paja de arroz).

Humus de lombriz o vermicompost: es el sustrato orgánico local más empleado en Cuba para la producción de plántulas hortícolas en cepellones, por sus cualidades químicas, sanidad y estabilidad. Es ecológico, resultante de la transformación de restos vegetales y orgánicos ingeridos por las lombrices (*Eisenia foetida*), que al ser excretados se transforma en un sustrato de alta calidad.

La mayoría de los subproductos y residuos orgánicos, deben sufrir la descomposición microbiana mediante el compostaje, antes de su empleo como sustratos. Si éste no es adecuado, se pueden producir en las plántulas afectaciones por enfermedades fungosas y efectos fitotóxicos. Es importante que durante este proceso se evalúe la conductividad eléctrica del agua utilizada.

El carboncillo o cascarilla de arroz carbonizada: es el producto que se obtiene a partir de la carbonización de la cascarilla de arroz, por medio de un proceso de combustión incompleta.

La utilización de cascarilla de arroz carbonizada en la producción de plántulas hortícolas en cepellones en Cuba, es reciente y su uso se disemina en diversos lugares del país, y se destaca su empleo en el semillero especializado "La Magela", municipio de Quivicán, provincia Mayabeque, debido a sus beneficios, entre ellos:

- Favorece el desarrollo radical de las plántulas.
- Mejora la aireación y el drenaje del sustrato.
- Mejora la retención de nutrientes y el intercambio catiónico.

- Supera a la cascarilla de arroz no carbonizada, en la capacidad de retención de agua.
- Resulta libre de semillas, plagas y sustancias fitotóxicas.
- Las plantas sufren menos problemas con enfermedades fungosas como *dampig off*.
- Es un sustrato de fácil manipulación, bajo costo y amplia disponibilidad.
- Posee un pH neutro a ligeramente alcalino.
- Puede mezclarse o combinarse con *Trichoderma* spp. y otros biopreparados.

Elaboración del carboncillo de cascarilla de arroz: La experiencia de “La Magela”, Quivicán, Mayabeque

El lugar donde se elaborará el carboncillo debe ser abierto y aireado, alejado de las viviendas, para evitar las molestias del humo y tener garantía de agua para apagar el horno.

Para elaborar el carboncillo se necesita:

- Cascarilla de arroz.
- Quemador metálico con múltiples orificios de 0,40 a 0,80 m de diámetro y de 0,50 a 0,80 m de altura.
- Chimenea de 75 a 150 mm de diámetro y de 2,0 a 3,0 m de altura.
- Leña seca.
- Cerillos o fosforera de gas.
- Machete y azada.
- Pala y rastrillo.
- Agua abundante.
- Manguera o regadera para riego.
- Sacos.

Procedimiento

- 1) Colocar la leña seca dentro del quemador con puerta y encenderla. En los quemadores sin puerta se hace una pila de leña, se enciende y en el momento que esté en su máximo ardor, se coloca el quemador encima de la misma.
- 2) Cuando la leña esté en su máximo ardor, cubrir el quemador con la cascarilla de arroz, en forma de talud o pila para que la parte final de la chimenea quede libre, y facilite la salida del humo. La carbonización de la cascarilla de arroz avanzará en forma lenta, del centro hacia los extremos. Procurar que el proceso de quemado sea uniforme.
- 3) En la fase final, la carbonización se aproxima a la periferia del cono en forma de manchones, se debe agregar más cascarilla de arroz a estas zonas y/o voltear la misma, hasta alcanzar que se carbonice el 100 %.
- 4) Una vez carbonizada la pila de manera uniforme, se debe apagar y enfriar la misma con abundante agua, para evitar que la cascarilla carbonizada se convierta en ceniza.
- 5) Retirar el quemador o separar la cascarilla del mismo y continuar el riego con abundante agua.

- 6) Esparcir la cascarilla para enfriarla con mayor facilidad hasta llegar a apagarla completamente.
- 7) El proceso de carbonización de pequeños volúmenes de cascarilla de arroz (1–2 m³), requiere entre tres y cinco horas para convertirse en carboncillo, se sugiere realizarlo en horario diurno.
- 8) En un quemador mayor (recipiente de 0,70 m de diámetro y 0,52 m de altura y una chimenea de 150 mm de diámetro y 3 m de alto), se puede hacer un horno de 5 a 8 m³. Su duración es entre 24 y 48 horas, por lo que se recomienda comenzar la labor en horas de la tarde noche, para concluirlo en horario diurno del día siguiente.
- 9) Deshollinar la chimenea después de finalizado cada proceso de carbonización.
- 10) Se sugiere no emplear leña del árbol de mango (*Manguifera indica* L.) pues su resina obstruye la chimenea, se sugiere leña de marabú (*Dichrostachys cinérea* L.).

Otros aspectos de interés sobre el carboncillo

- Utilizar 50 al 90 % de carboncillo como sustrato para la producción de plántulas hortícolas en cepellones, mezclado con humus de lombriz o compost vegetal.
- La merma en volumen de la cascarilla de arroz después de carbonizada debe ser del 25 %, errores en el proceso de carbonización, tienden a aumentarla al 50 % o más, pueden convertirse totalmente en ceniza.

¡Atención!

Aspectos de interés para todos los materiales orgánicos locales utilizados en la producción de plántulas en cepellones.

Antes de adquirir un nuevo material orgánico para el semillero, es importante que el productor conozca su origen y que durante el proceso de su compostaje realice pruebas replicadas de siembra de semillas de tomate, lechuga y/o pepino. En el material orgánico seleccionado, observar si existen síntomas de nematodos y fitotoxicidad en las plántulas. De comprobarse estas afectaciones, se recomienda desechar todo el material orgánico de esa procedencia y por ningún concepto intentar su uso en la producción de plántulas.

Si el material orgánico utilizado procede de animales que se alimentan en potreros donde se emplean herbicidas hormonales, se presentarán daños fitotóxicos irreversibles en las plántulas cultivadas con el mismo, aunque se hayan cumplido los requisitos de descomposición y/o compostaje comentado anteriormente.

Aditivos

La producción especializada de plántulas en bandejas utiliza algunos aditivos al sustrato, los cuales se mezclan con el mismo para mejorar sus propiedades físicas y su aporte a la nutrición de las plántulas. La vermiculita

es uno de los más empleados a nivel mundial. En Cuba los de mayor importancia son:

- **Cascarilla de arroz**
Es un producto de baja descomposición, tiene un alto contenido de sílice, que le confiere tolerancia a las plántulas contra insectos y patógenos. Se adiciona y mezcla con los sustratos orgánicos en una proporción entre 15 y 25 %, en volumen, con la finalidad de favorecer el drenaje y la aireación del mismo. Presenta baja retención de humedad y baja capilaridad.

Para evitar que la cascarilla sea portadora de semillas de arroz que posteriormente germinan en la bandeja, se sugiere hacer germinar las semillas de arroz antes de su empleo y también realizar pruebas de germinación con semillas de las hortalizas a emplear, para verificar la presencia o no de residuos de herbicidas hormonales en la cascarilla de arroz que se pretende utilizar.

- **La zeolita cargada cubana**
Es un producto a partir de la zeolita cubana con una granulometría de 2 a 3 mm, cargada con macro y microelementos. Garantiza los nutrientes necesarios para producir plántulas de alta calidad, sin la necesidad de la adición de abono químico soluble. Otras ventajas de este producto son:
 - Evita la compactación del sustrato y su lavado por acción de los riegos.
 - No incrementa la conductividad eléctrica del sustrato.
 - Disminuye los problemas fitosanitarios a nivel radical.
 - Exige menor especialización que la nutrición por fertirriego.
 - Logra una mayor armonía con el medio ambiente.

La zeolita cargada es considerada como un aditivo importante para mejorar la aireación y el drenaje en el sustrato, sustituye la función de la vermiculita, al servir como un filtro deja pasar el agua libremente. Constituye un excelente sustrato para semilleros hortícolas, se logran plántulas de calidad con un excelente sistema radical. Esta se emplea exitosamente en la producción de plántulas en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", su experiencia debe generalizarse en otras unidades de cultivo protegido del país.

¡Atención!

Cuidado con el empleo del aserrín de madera como aditivo al sustrato, generalmente tiene un pH ácido y puede ser tóxico para las plántulas de algunas especies hortícolas, depende del árbol que proceda, por lo que se aconseja probarlo antes de emplearlo en una especie hortícola determinada.

Tratamiento y desinfección del sustrato

Para los sustratos que no cuenten con certificado fitosanitario, es recomendable su desinfección previa a su empleo, mediante los siguientes métodos:

• Método biológico

El sustrato se desinfecta con un biopreparado de *Trichoderma* spp., cepas A-34 y A-53 o *Trichoderma viride* cepa TS-3 para eliminar el complejo de hongos que causan el *damping off* o mal de los almácigos. *Trichoderma* spp. se produce en una formulación sólida a una concentración de $2-3 \times 10^8$ conidios/g y se aplica a una dosis de 1 kg/m³ de sustrato. Este tratamiento se realiza, con humedad óptima, entre tres y siete días antes del llenado de las bandejas, durante el proceso de preparación del sustrato.

HeberNem®: es un bionematicida ecológico cubano efectivo en el control de nematodos de diferentes especies y géneros (*Meloidogyne* spp., *Radopholus similis* y *Pratylenchus* spp.). El agente activo de este producto es la bacteria *Tsukamurella paurometabola* cepa C-924. La bacteria produce sulfuro de hidrógeno y quitinasas con acción nematicida.

La producción de quitinasas y sulfuros por *Tsukamurella paurometabola* cepa C-924, es favorecida por determinadas condiciones ambientales y componentes orgánicos del suelo. Esta bacteria no es sistémica, nunca se ha detectado en el interior de los tejidos de las plantas en los cultivos tratados. HeberNem® es amigable con el ambiente, no es fitotóxico para mamíferos, lombrices, anfibios, artrópodos, peces y micorrizas.

El producto se comercializa como polvo humedecible en bolsas de 250 g y se utiliza en dosis de 5 g/100 kg de sustrato. Con una bolsa del producto se tratan dos casas de cultivo de 540 m².

Para la aplicación de este producto se sugieren los siguientes pasos:

- Resuspender 5 g del producto en 10 L de agua.
- Mezclar la suspensión con 100 kg del sustrato (emplear para ello una asperjadora manual o una regadera).
- Dejar reposar el sustrato entre tres y siete días antes de sembrar.

¡Atención!

HeberNem® es compatible con otros bioproductos como *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., pero no se recomienda aplicarlo mezclado con ningún producto químico o biológico, aunque sean compatibles. Se debe considerar que HeberNem® tiene un efecto estimulante sobre la vitalidad y el crecimiento de la plántulas, lo que acorta su ciclo en el semillero.

KlamiC®: bionematicida cubano formulado cuyo ingrediente activo es el hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* cepa IMI SD 187, organismo parásito facultativo de huevos de nematodos, que coloniza el suelo y las raíces de las plantas y reduce gradualmente las poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne* *Goeldi*, con resultados satisfactorios en cultivos hortícolas.

P. chlamydosporia es buen colonizador de la rizosfera, produce esporas de alta resistencia (clamidosporas) y puede alcanzar hasta un 70 % de parasitismo de huevos de nematodos con el primer ciclo de uso. Es compatible con otros microorganismos beneficiosos de interés agrícola como *Trichoderma* spp., *Glomus clarum* y *Glomus mosseae*; así como con plaguicidas y bioestimulantes vegetales como Cipermetrina, Karate, Amidor, Benomilo, Zineb, Mitigan y FitoMas E®, entre otros.

Recientemente se demostró que la cepa IMI SD 187 es un endófito facultativo de plantas, con efecto estimulante sobre el crecimiento vegetal.

Forma de aplicar

Se aplica 1 kg del producto (formulado en arroz) por m³ de sustrato a preparar, la mezcla se realiza en una carretilla un día anterior a su uso. Esta labor se realizará en el área de preparación del sustrato, actividad que debe cumplir las medidas sanitarias correspondientes.

Debe lograrse una buena homogeneidad del bionemático con el material orgánico con el auxilio de las manos, sin riesgo alguno de intoxicación al hombre o al ambiente con lo que se forma el soporte contentivo de los propágulos de *Pochonia*. La mezcla debe tener la humedad requerida, los alvéolos de la bandeja deben quedar bien llenos y sin compactación.

Micorrizas

EcoMic®. Es un inoculante sólido que contiene propágulos de hongos micorrizógenos del género *Glomus* con alto grado de pureza y estabilidad biológica. Estos hongos viven en simbiosis con las raíces de las plantas superiores y constituyen una alternativa económica y ecológica para aumentar los rendimientos.

Con este inoculante se logra mayor desarrollo radical, aumenta la absorción de nutrientes fundamentalmente del fósforo, aumenta la capacidad de toma de agua por las plantas y crea protección contra algunas plagas. Contribuye al mejoramiento de la estructura del suelo. Eleva la población de una o más especies microbianas en el suelo, lo cual favorece el crecimiento de las plantas.

El producto se aplica de dos maneras: a razón de 1g de EcoMic® por alvéolo, para lo cual en la fase de preparación del sustrato se añade el bioproducto en las proporciones correspondientes, según el tipo y número de bandejas a preparar, se mezcla convenientemente con el sustrato antes de llenarlas para la siembra. Este producto es compatible con *Trichoderma* spp. y otros bioproductos, por cuanto pueden aplicarse simultáneamente, incorporándolos al sustrato con humedad de tempero, un día antes del llenado de las bandejas Otra alternativa para su uso es a través del recubrimiento de las semillas en una proporción del 10 % del peso de éstas, mediante la peletización de las mismas, lo cual se realiza previo a la siembra.

• Método físico

Solarización: este método utiliza la energía calórica irradiada por el sol. Es una forma segura y económica de disminuir hongos, bacterias y nematodos del sustrato, conservar la flora benéfica y reducir o eliminar plantas arvenses.

Para su aplicación se debe seleccionar un lugar bien nivelado donde no se acumule el agua, en caso de ocurrencia de lluvias, o que las corrientes de agua no entren en contacto con la estiba del sustrato. Se cubre el sustrato húmedo con una manta de polietileno de 5 m de ancho por un largo variable, se dejan 0,50 m a cada lado, para que no haya contacto con el suelo. La manta debe estar bien sellada para impedir el escape de vapor de agua. Sobre la misma se conforma una estiba de los materiales orgánicos, una vez realizada su mezcla, de acuerdo a la longitud de la manta por 4 m de ancho y no mayor de 0,20 m de altura.

El sustrato a solarizar se humedece hasta un 80 %, procurando de que la humedad sea uniforme en toda el área de la estiba. Posteriormente se cubre con un polietileno transparente e íntegro, lo más sellado posible para evitar fugas de radiación.

La humedad del sustrato es de gran importancia, pues en las horas de la noche, en que prevalece más baja temperatura, se condensa el agua evaporada en el día, produciéndose un proceso de pasteurización durante todo el tiempo que dure el tratamiento. Las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche rompen el ciclo biológico de los fitopatógenos presentes.

El proceso de solarización dura alrededor de 30 a 45 días en las condiciones de Cuba, depende de la época del año en que se realice y de otros factores. Una vez finalizado el proceso se recomienda remover y airear la mezcla.

¡Atención!

Uno de los errores en la aplicación de la técnica de solarización consiste en la utilización de plásticos usados y en malas condiciones (sucios y rotos).

• Método químico

Basamid (Dazomet 98 %): aplicado en dosis de 300 g/m³ de sustrato, no menos de 72 horas antes de su utilización. Se mezcla el producto manualmente con el sustrato y luego se incorpora agua hasta lograr 60 % de humedad. Se cubre herméticamente con una manta de polietileno hasta pasados cinco días, a posterior se descubre el sustrato y se aireará dos veces durante dos días consecutivos.

Es recomendable hacer pruebas de germinación de semillas hortícolas con el sustrato tratado, antes de la siembra definitiva.

Preparación de sustrato

El sustrato debe ser mezclado lo más uniforme posible. Las proporciones se deben calcular por el volumen y no por el peso. Cada territorio usa aquellos sustratos que puedan conseguir con más facilidad y con los cuales pueden producir una plántula de calidad. Ejemplo de mezclas de sustratos:

- 20 a 70 % humus de lombriz + 80 a 30 % carboncillo.
- 40 % humus de lombriz + 30 % compost de cachaza + 30 % carboncillo.
- 50 % compost de estiércol vacuno + 25 % humus de lombriz + 25 % pergamino de café.

Procedimiento: los sustratos orgánicos seleccionados con calidad certificada, en condiciones de humedad de tempero, se mezclan en volumen de manera homogénea.

Otras alternativas

Las unidades que dispongan de turba rubia importada o fibra de coco, pueden hacer un uso más racional de las mimas, añadiéndolas al sustrato orgánico local seleccionado, en un volumen entre 20 a 40 %, para mejorar las características físico-químicas del sustrato final producto de las mezclas.

Ejemplo en el caso del empleo del humus de lombriz

- 80 % humus de lombriz + 20 % turba rubia o fibra de coco.
- 70 % humus de lombriz + 30 % turba rubia o fibra de coco.
- 60 % humus de lombriz + 40 % turba rubia o fibra de coco.

Sustrato mineral

En los sistemas de cultivo sin suelo como el adoptado en la Empresa Agro-industrial "Victoria de Girón" de Jagüey Grande, Matanzas, se emplea como sustrato la zeolita cubana. Plántulas de muy buena calidad agronómica y sanitaria se producen sobre este sustrato 100 % mineral, con el objetivo de no contaminarlo. Si se utiliza zeolita sin cargar, se debe fertirrigar, mientras que si se emplea zeolita cargada solamente se riega con agua.

Productos especiales

En la producción de plántulas en cepellones se utilizan productos especiales como: humus líquido, enraizadores, estimulantes, elementos quelatados, en dosis recomendadas por los fabricantes, entre ellos FitoMas E®, Vigorten y otros productos nacionales o importados, con resultados favorables.

4.4. BANDEJAS

Para la producción de plántulas en cepellones se utilizan bandejas o contenedores de diferentes materiales (poliestireno expandido o polietileno flexible o rígido), con diferentes número y volumen de alvéolos o celdas, características que se toman en cuenta en la elección de la bandeja a utilizar, de acuerdo a la especie y al sistema de producción. Las características de las principales bandejas recomendadas para el país se describen en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Algunas características de las bandejas recomendadas

DIMENSIONES (cm)	PROCEDENCIA	ALVÉOLOS (Nº)	VOLUMEN (cm ³)	PLANTAS/m ² (Nº)
2,9 x 2,9 x 6,5	Cuba	247	32,5	< 700
4,0 x 4,0 x 7,0	España	150	45,0	450

Diferentes investigaciones demuestran la importancia del volumen del alvéolo en la obtención de plántulas hortícolas de calidad en cepellones. Esta es una de las razones por lo cual se recomienda el empleo de la bandeja de 4,0 x 4,0 x 7,0 cm por tener un mayor volumen de alvéolo (45,0 cm³), en los cultivos tomate, pimiento, berenjena y cucurbitáceas.

Con la bandeja de alvéolos de 45 cm³, se logra un adecuado manejo de las plántulas y un alargamiento de su plazo de cultivo en la fase de semillero, lo cual es también importante en la tecnología de plántulas injertadas de hortalizas en cepellones.

En relación con el material de fabricación de las bandejas, en Cuba ha prevalecido la bandeja rígida de poliestireno de 45 cm³, pero en el caso de las cucurbitáceas (pepino, melón, sandía), el empleo de bandejas de polietileno rígido o flexible, permite que el taco de cepellón se extraiga con mayor facilidad de la bandeja, pues las raíces de las plántulas no se adhieren a las paredes lisas de estos alvéolos.

El objetivo final es lograr una plántula equilibrada de mayor edad y calidad en el cepellón, expresadas por el número hojas, diámetro del tallo y altura de la plántula con un sistema radical bien profuso, privilegiar su protección fitosanitaria y rusticidad en su manejo en esta fase, para lograr un mejor comportamiento en la fase de campo.

Una tendencia de algunos productores de plántulas hortícolas en cepellones en varios países es producir las denominadas plántulas adultas, con los botones florales en formación en el propio semillero, lo cual prolonga su tiempo en el mismo, por lo que requiere el empleo de bandejas con volúmenes de alvéolos mayores a los actuales y un manejo agronómico específico.

Cuidados y desinfección de las bandejas

Después de cada uso de las bandejas en la producción de plántulas de cualquier cultivo, las mismas deben ser lavadas con agua limpia aplicada a presión, para eliminarles los restos de sustratos y raíces que pueden estar adheridos en los alvéolos y toda su superficie. Desinfectarlas antes de una nueva siembra, para lo cual se sumergen durante cinco minutos en una solución de lejía entre el 0,5 al 1 %, o pulverizar sobre las bandejas esta solución, para evitar el contagio con hongos y bacterias, que puedan afectar posteriormente a las plántulas

Evite que las bandejas permanezcan varios días en el campo, lo cual aumenta el riesgo de su infección. Si no van a ser utilizadas de inmediato, las bandejas deben almacenarse adecuadamente estibadas y aisladas del suelo después de su desinfección. El lugar de almacenamiento debe estar debidamente protegido del sol y de los roedores.

4.5. SEMILLAS

A pesar de que la tecnología de cultivo protegido está sustentada en el empleo de semillas híbridas de alta calidad, es necesario conocer el porcentaje de germinación de las mismas y la cantidad de semillas por gramos de cada especie (Cuadro 4.2), para realizar a tiempo cualquier ajuste en la siembra. Las semillas que se van a usar deben conservarse en un lugar fresco y seco; las que no se sembrarán de inmediato, deben conservarse en refrigeración a una temperatura de 10 °C y resguardadas de la humedad en un envase adecuado.

Cuadro 4.2. Número de semillas/g

ESPECIE	CANTIDAD
Tomate	250 – 320
Pimiento	110 – 150
Chile habanero	150 – 190
Berenjena	240 – 300
Pepino	30 – 40
Melón	28 – 32
Sandía	25 – 28

Tratamiento de las semillas

Previo a la siembra, se tratan las semillas de diferentes especies hortícolas, con los plaguicidas Gaucho PS 70 (Imidacloprid) en dosis de 50 a 120 g PC/kg de semilla, Gaucho MT FS 390 (Imidacloprid + Tiram + Pencycurom) a la dosis de 7 a 10 mL/kg de semilla o Celest Top FS 312 (Thiametoxan + Difenconazol + Fludioxonilo), a razón de 1,92 mL PC/kg de semilla.

Para impregnar adecuadamente la dosis seleccionada de los productos Gaucho MT FS 390 y Celest Top FS 312 a la semilla, se requiere disolver el producto a utilizar entre 100 a 150 mL de agua por kg de semilla. En el caso de Gaucho PS 70 se debe agregar agua a la dosis del producto seleccionado, hasta lograr un caldo medianamente viscoso.

Gaucho (PS 70, MT FS 390) y Celest Top FS 312 protegen las plántulas de tomate y pimiento contra geminivirus transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci*), por un plazo de tres semanas. Se recomienda que el tratamiento con estos insecticidas se realice preferentemente un día antes o en el momento de la siembra.

Según sus ingredientes activos Gaucho MT FS 390 y Celest Top FS 312, también protegen a las plántulas contra la incidencia de hongos fitopató-

genos como *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium* spp., entre otros.

4.6. SEMILLEROS. RIEGO. FERTIRRIEGO

4.6.1. Sistema de riego

La casa de producción de plántulas en cepellones cuenta con sistema de riego por microaspersión el cual no ha mostrado la eficiencia deseada para lograr un crecimiento uniforme y calidad estable de plántulas. Por esta razón se recomienda el uso combinado de esta técnica y el riego manual alternativo con mangueras flexibles con una ducha de gota fina, regadera ó un tanque con solución nutritiva.

Además, la microaspersión aérea fija trae muchas dificultades con la organización y calidad de riego de esta tecnología. Por lo general en las casas de producción de plántulas, se desarrollan al unísono, plántulas de diversas especies, con diferentes fechas de siembra y necesidades de irrigación.

Régimen de riego

En la práctica hay dos maneras de realizar el riego en los semilleros, una de ellas es a través de la aplicación a plazos relativamente fijos y la otra es a partir de criterios visuales del estado de marchitez de las plántulas. La última requiere un mayor nivel de observación y experiencia del productor pues se riega cuando las plántulas muestran síntomas de marchitamiento, solo regar.

Hay que regar las plántulas a profundidad, para lograr que el agua drene sin exceso por los orificios de los alvéolos. Si se aplica el riego con gotas finas es más efectivo que con gotas gruesas. El taco del cepellón debe humedecerse de manera uniforme.

Cuando se riega mal y no se logra la completa rehidratación del taco del cepellón y/o se emplea un sustrato inadecuado, al extraer las plántulas de la bandeja, el taco del cepellón sale fraccionado

Las plántulas que están en los bordes de las bandejas se marchitan más rápido que el resto, por la incidencia del viento y de una mayor radiación solar, por lo que solo se debe regar esta zona con el auxilio de una regadera con ducha adecuada. De acuerdo a lo planteado, el número de riegos que se aplican en el semillero no es fijo, pues está en dependencia, de la edad de la plántula, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento.

Fertirriego

La fertirrigación depende del tipo de sustrato y de la especie. Cuando se emplea mezcla de sustratos y uno de ellos participa en más de un 50 % y con poco aporte de nutrientes como la turba rubia, la fibra de coco y el carboncillo de cascarilla de arroz, debemos fertirrigar con portadores de nutrientes, que eleven la CE y proporcionen un bajo aporte de nitrógeno, para evitar el crecimiento acelerado de las plántulas.

Con el empleo de sustratos ricos en elementos minerales como compost vegetal, compost de cachaza y humus de lombriz, la fertirrigación debe realizarse con portadores ricos en P y sales que contribuyan a elevar la CE de la

solución, a fin de hacer más lento el crecimiento de las plántulas. El sulfato de potasio (K_2SO_4) es uno de los más utilizados con este propósito.

A partir del inicio de la emisión de la primera hoja verdadera, se debe cambiar del riego con agua sola al fertirriego.

Se sugiere lo siguiente para el fertirriego de los semilleros:

- Crear condiciones que faciliten la actividad.
- Fertirrigar permanentemente el semillero.
- Contar con uno o dos tanques con capacidad de 400 L, para elaborar una solución nutritiva que será utilizada de forma directa en el semillero, a través de una regadera, del sistema de riego por aspersión o una ducha acoplada a una manguera.
- Ubicar en el interior del semillero un recipiente grande, con una capacidad suficiente, para colocar en él una bandeja con holgura, para ser sumergida en una solución nutritiva, hasta cubrir solo el taco del cepellón.
- La fertirrigación en la producción de plántulas va dirigida al sustrato de la bandeja, que es donde se ubican sus raíces, principal vía de absorción de nutrientes y agua. El contacto de la solución nutritiva con el follaje, no daña a las hojas de las plántulas, por lo que no es necesario regar con agua después del fertirriego.
- Se empleará principalmente el sulfato de potasio (K_2SO_4), para elevar la conductividad de la solución nutritiva y lograr que las plántulas no se alarguen, adquieran un mayor enraizamiento y follaje firme.
- Las dosis de sales fertilizantes para hacer la solución nutritiva en un inicio estará entre 1 y 3 g/L de agua. Esta información general es para aquellas unidades que no puedan realizar mediciones de la conductividad eléctrica.
- La fertirrigación de las plántulas de pepino se inicia cuando el primer par de hojas verdaderas esté completamente desplegado.
- Realizar tratamiento diferenciado, en cuanto a frecuencias y dosis de nutrientes, a plántulas de diferentes especies y edades que coexistan en el semillero.

4.7. FASES Y COMPONENTES DE TRABAJO

La tecnología tiene varias fases o componentes: preparación del sustrato, formación del soporte, siembra, germinación, repique, manejo y extracción de plántulas.

Preparación del sustrato

El sustrato debe estar envasado y/o protegido de agentes contaminantes. Determinar su pH y CE, para hacer correcciones si fuera necesario. El sustrato orgánico se pasa por una zaranda para lograr la granulometría deseada y eliminar partículas indeseables.

Si se emplea más de un sustrato orgánico, se mezclan homogéneamente junto con el aditivo (ejemplo: zeolita cargada, cascarilla de arroz, carboncillo

y otros) y los bioproductos que se empleen en dosis o volúmenes correspondientes y en condiciones óptimas. Estas actividades se realizan al cumplir con todas las medidas sanitarias establecidas.

Las mezclas se pueden realizar de forma manual o mecanizada, por medio de una mezcladora pequeña, similar a la que se utiliza para hacer hormigón. Cuando la mezcla se realiza manual, se deben ubicar los sustratos sobre un piso de forma alargada y voltearlos, seis veces como mínimo con la ayuda de palas cuadradas, para lograr un sustrato homogéneo.

Formación del soporte

Las bandejas, previamente desinfectadas, son llenadas con el sustrato elegido en forma manual o mecanizada. Debe evitarse el contacto de las bandejas con superficies contaminadas.

Para el llenado manual de las bandejas, se sugiere que el sustrato posea humedad de tempero. Las bandejas se colocan sobre una mesa o estructura para facilitar esta labor. Se requiere que todos los alvéolos queden bien llenos, para evitar espacios vacíos o su compactación, lo cual se logra al dejar caer la bandeja sobre una superficie desde una altura de 0,10 a 0,15 m, para que el sustrato se asiente uniformemente en los alvéolos y al final se rellenan los que hayan bajado su nivel del sustrato. Posterior al llenado de la bandeja, el sustrato no debe comprimirse con los dedos, para evitar su compactación.

Después del llenado de las bandejas, se pasa una regla de madera por encima de la superficie de la misma, para eliminar el exceso de sustrato presente. De esta forma, los tabiques que separan los alvéolos, quedan libres de sustrato.

Si no se realiza esta operación, las raíces de las plántulas no crecen adecuadamente, se pasan de un alvéolo a otro y no se forma un buen taco de cepellón. Es aconsejable llenar las bandejas con el sustrato seleccionado un día antes de la siembra, como una medida organizativa de trabajo.

Siembra

Realizar una prueba de germinación en condiciones similares a la de la siembra en la bandeja, para calcular las necesidades de semilla, que logren cubrir el 100 % de las plantas necesarias.

La siembra puede ser manual o mecanizada. Para la siembra manual se colocan las bandejas sobre una mesa y se marca la profundidad de siembra en el centro de cada alvéolo de la bandeja en forma simultánea y uniforme, con el auxilio de un marcador de profundidad, que por lo general es de una sola medida. Para lograr mayor profundidad en el orificio, se presiona el marcador con más fuerza sobre la superficie del sustrato, para lograr la profundidad requerida según la especie a sembrar que se trate. Las profundidades de siembra óptimas recomendadas son las siguientes: tomate 2 mm, pimiento 3 mm y cucurbitáceas hasta 4 mm, que se cumplen fundamentalmente en las siembras mecanizadas. Algunos productores poseen marcadores para la siembra manual, con los cuales se logra una profundidad fija entre 4 y 5 mm, que aplican a la mayoría de las especies hortícolas.

Para la siembra manual se coloca una semilla por alvéolo y dos en los extremos cortos, según las cantidades de semillas necesarias para suplir el porcentaje de las mismas que no germinan.

Las semillas deben quedar sembradas en el centro del alvéolo, para que las raíces crezcan en el mismo de manera uniforme, lo que beneficia la extracción posterior de las plántulas. Previo a su tape se verifica visualmente la calidad de la siembra.

La uniformidad del tapado de las semillas es un factor importante en el éxito de la germinación. Para tapar las semillas se utiliza la misma granulometría del sustrato que se emplea para llenar los alvéolos de las bandejas. Se pueden observar los efectos anti costra de este procedimiento, ya que el sustrato cernido muy fino, puede crear una costra que impide el normal intercambio de agua y aire. Cada lote de siembra debe identificarse en la bandeja, con el nombre del cultivar, la fecha de siembra y su destino.

Posterior a la siembra manual, las bandejas se colocarán sobre un porta-bandejas donde se les aplica el primer riego de germinación con varios pases ligeros, hasta que se inicie el drenaje del agua por los orificios inferiores de los alvéolos.

Es importante evitar que con el primer riego se remuevan las semillas, para lo cual, la aspersión debe realizarse con gotas finas.

La siembra mecanizada se efectúa con sembradora de precisión a una semilla por alvéolo, seguidamente se procede a su tapado y se realiza un riego ligero. Existen máquinas que realizan el proceso anterior y además el llenado mecanizado del sustrato en las bandejas.

Para lograr una buena germinación de las semillas se debe utilizar agua de baja conductividad eléctrica (<1,0 mS/cm) o puede ser agua de lluvia o agua destilada.

Germinación

Después del primer riego, las bandejas se estiban en número no mayor de seis, con un separador de 1 cm de grosor entre las bandejas con el objetivo que la temperatura sea uniforme en toda la superficie de la misma y de igual forma la germinación. La estiba de bandejas se cubre herméticamente con polietileno, para evitar la pérdida de humedad y se ubican en la cámara de pregerminación. Con este procedimiento se logra una barrera para las hormigas y los roedores.

En la época de invierno, las bandejas pueden estibarse en el exterior del cuarto de pregerminación, para recibir más calor.

¡Atención!

La capa superior del sustrato no debe secarse durante el proceso de pregerminación.

A partir de 24 horas después de la siembra realice observaciones a las bandejas estibadas, para chequear el proceso de germinación y realizar el desestibe, justo en el momento antes de comenzar a brotar la semilla.

Es conveniente que el inicio de la fase de germinación de las semillas, ocurra en la casa de producción de plántulas, ya que las semillas necesitan radiación solar antes de la germinación, lo que evita que éstas se alarguen (etiolen), debido a la falta de luz, lo cual afecta la calidad de las plántulas.

En dependencia del sustrato empleado riegue con la frecuencia necesaria, para evitar que se seque la capa superficial del mismo, hasta lograr la germinación total. Emplee aproximadamente 1,5 L de agua / bandeja/día.

Después de la germinación de las semillas, los riegos se realizarán de manera que todo el taco del cepellón se rehidrate y el agua comience a drenar por el orificio de los alvéolos. Cuando esto no se logra, las raíces de las plántulas se desarrollan más en la parte superior del taco del cepellón, y al realizar la extracción de las plántulas para el trasplante, las mismas no salen con su taco de cepellón completo, sino fraccionado, debido a su incorrecta rehidratación.

Repique de plántulas

El método del repique es importante para obtener mayor porcentaje de plántulas por bandejas y utilizar eficazmente toda la superficie de la casa de producción de plántulas, sobre todo cuando hay importantes cantidades a producir. Esta actividad se debe realizar en horas de la tarde, para que estas plántulas que son muy débiles, no se dañen al exponerse por mucho tiempo a la radiación solar.

El repique se realiza cuando las plántulas tienen solamente las dos hojas cotiledonales, crear un ambiente de alta humedad en el sustrato, para que se pueda extraer la plántula al repicar con los menores daños posibles.

Esta labor se realiza abriendo un pequeño orificio en el sustrato donde se ubicarán las raíces de la plántula a repicar. Se debe presionar ligeramente con los dedos u otro objeto el sustrato que rodea a las raíces hacia las mismas. Se le realiza un riego y se ubica la bandeja en la casa de plántulas.

Se sugiere que cuando la superficie de la casa de plántulas, permita ubicar un mayor número de bandejas, que las estrictamente se requieren para cubrir una demanda, es preferible no aplicar el método del repique y sembrar una sola semilla por alvéolo y las semillas adicionales en otras bandejas preparadas al efecto.

Manejo de plántulas

Durante la fase de crecimiento de plántulas, a las bandejas trasladadas al semillero se le debe registrar los siguientes datos: el nombre de la especie, nombre del híbrido y la fecha de siembra en esta instalación.

Hasta que todas las semillas hayan germinado, hay que controlar cuidadosamente el riego y asegurar que no falte humedad, ni haya excesos que asfixien las raíces de las plántulas.

Después de lograr la germinación uniforme de las semillas, a partir del inicio de la formación de la primera hoja verdadera, se establece un manejo

del riego que favorezca un crecimiento armónico de la parte vegetativa de las plántulas y su sistema radical, para lo cual se observa el semillero, regularmente cada una o dos horas. Se debe regar cuando se note el inicio del marchitamiento en las plántulas (20 %), que muestren síntoma.

Es muy importante lograr el endurecimiento de las plántulas desde edades tempranas, para que en el momento del trasplante logren una altura adecuada (12–15 cm), posean un tallo grueso, abundante raíces y un follaje firme y lignificado. Estas características se logran a través de las siguientes prácticas de manejo:

- Aplicar riego “deficitario”, al regar solamente en áreas donde se muestre marchitamiento de las plantas.
- Manejo de la CE relativamente alta (3–5 mS/cm).
- Aplicación foliar a las plántulas de oxiclورو de cobre a dosis más altas que la recomendada y en repetidas ocasiones.
- El uso de plaguicidas que poseen moléculas de triazoles, logra ralentizar el crecimiento de las plántulas.

Estas medidas de manejo de plántulas permiten una mejor preparación de las mismas para el trasplante y prolongar entre 5 a 10 días, su ciclo en el semillero.

En la mayoría de los casos la calidad actual de las plántulas de pepino en esta tecnología no es competitiva, pues no se logra un adecuado taco del cepellón y el crecimiento de las posturas es muy acelerado, lo cual en ocasiones provoca sensibles pérdidas en el trasplante.

Lo anterior constituye otro importante reto para los productores involucrados en esta tecnología en el país, es decir producir de manera estable, plántulas de pepino con mayor calidad que la actual y prolongar su ciclo en esta fase a 20–25 días. Por cuanto, se requiere la adopción de prácticas de manejo adecuadas de plántulas de esta especie, que infiere una mayor capacitación del productor.

Extracción de plántulas para el trasplante

Las plántulas estarán listas para el trasplante en dependencia de la especie, cultivar, época del año, características de la instalación y prácticas de manejo empleadas. Existe un número de días en el ciclo del semillero, durante el cual las plántulas alcanzan la altura, grosor, número de hojas, cantidad de raíces y firmeza, que la hacen aptas para el trasplante.

Uno de los aspectos al que hay que dedicar mayor atención en lo adelante, es lograr un mayor ciclo de las plántulas producidas en semilleros en cepellones, por las ventajas que proporciona al obtener una plántula de mejor calidad y mejor preparada para la siguiente fase del cultivo.

El taco del cepellón de las plántulas hortícolas se extrae de la bandeja con una humedad adecuada, de manera que para lograr esta condición las plántulas deben regarse con anterioridad, atender al horario de su trasplante posterior, tipo de sustrato empleado, distancia de traslado y otros factores.

Para hacer trasplantes en horas de la mañana, es común que se riegue a la caída de la tarde anterior y para trasplantes en horas de la tarde se riegan temprano en la mañana. Estas decisiones se toman a nivel de cada sistema de producción, además se tiene en cuenta la experiencia del productor.

En el caso que se emplee zeolita como sustrato, las plántulas se riegan horas antes del trasplante, de manera que el taco del cepellón se mantenga con una humedad adecuada para esta actividad. En cualquier caso es importante que sus hojas estén secas, sobre todo en posturas que se trasladan a distancias, sin la bandeja, en diferentes envases.

Medidas fitosanitarias y organizativas

- Sólo el personal que labora permanentemente en la casa de producción de plántulas tendrá acceso al lugar, utilizar ropa y calzados limpios, con los que no deberá visitar otras áreas aledañas.
- Al inicio de cada campaña de siembra, se debe realizar una desinfección a techos, paredes, piso y puerta de entrada con hipoclorito de sodio (lejía) al 1 %, también se deben desinfectar periódicamente los utensilios, aperos y herramientas de trabajo.
- Colocar en el interior de las casas trampas entomológicas amarillas, blancas y azules, inclusive en el área de la puerta de entrada. Con la identificación de la presencia de insectos en trampas, debe procederse a la aplicación de medidas de control.
- Como medida preventiva para controlar los hongos que producen el *damping off*, se realizarán dos o más tratamientos con el biopreparado *Trichoderma ssp.* cepa A–34, cepa A–53 ó *Trichoderma viride*, cepa T53, en una formulación sólida a una concentración de $2-3 \times 10^8$ conidios/gramo. La primera aplicación deberá realizarse al sustrato (ver desinfección biológica del sustrato en este capítulo) y la segunda se aplica al suelo con humedad, dos días antes del trasplante, a razón de 7 a 8 kg/ha del producto en 400 L de agua.
- Se harán aplicaciones preventivas de medios biológicos y plaguicidas en horarios adecuados, posteriores al último riego.
- Se observarán diariamente las plántulas, en horas tempranas de la mañana, en la búsqueda de alteraciones producidas por plagas o enfermedades.
- Los medios y utensilios empleados en la producción de plántulas no deben salir de la casa (asperjadoras, frascos, vasijas, tanques, regaderas, entre otros utensilios).
- Siempre que se inicie una actividad fitosanitaria con nuevos productos o dosis, se deberá realizar una prueba previa para valorar su resultado y decidir su aplicación generalizada.
- En un perímetro aproximado de 100 m alrededor de la casa de producción de plántulas, debe garantizarse que no existan plantas hospederas de plagas, especialmente las transmisoras de begomovirus y orthotospovirus.

Otros aspectos a tener en cuenta

- Preparar un transporte especializado para trasladar las bandejas al área de trasplante, sin que se afecten las plántulas por la acción del viento y la radiación solar.
- Organizar el retorno de las bandejas a la instalación correspondiente, con el mejor cuidado posible.
- Lavar las bandejas con agua después de su retorno del campo y previo a su desinfección con medios químicos.
- Todos los especialistas, técnicos y productores vinculados a esta tecnología deben estar debidamente capacitados antes de iniciarse en la misma.

Cuadro 4.3. Características y ciclo vegetativo a lograr en plántulas de diferentes especies para sistema de cultivo protegido

ESPECIE	ALTURA DE LA PLÁNTULA (cm)	NÚMERO DE HOJAS	GROSOR DEL TALLO (mm)	CICLO (dds)*
Tomate	12 – 14	4 – 5	2,5 – 3,0	30 – 40
Pimiento	12 – 14	4 – 6	2,5 – 3,0	38 – 45
Chile habanero	12 – 14	5 – 7	2,5 – 3,0	50 – 60
Berenjena	12 – 14	6 – 8	2,5 – 3,0	38 – 45
Pepino	12 – 14	2 – 4	3,5 – 4,0	20 – 25
Melón	12 – 15	3 – 4	4,0 – 5,0	20 – 25
Sandía	12 – 15	2 – 4	4,0 – 5,0	20 – 25

* días después de la siembra

¡Atención!

Los nuevos cambios en los indicadores de calidad de las plántulas en esta tecnología, obedecen a la necesidad de obtener plántulas bien equilibradas y cualitativamente mejor que las que se están produciendo hasta el presente.

El objetivo final es obtener plántulas de mayor edad, bien enraizadas, adecuada altura, número de hojas y grosor de tallo, para lograr un alto nivel de supervivencia y uniformidad en las plantaciones. En la mayoría de las unidades de cultivo protegido del país, disponen de bandejas con alvéolos de 45 m³ y experiencias en el manejo de plántulas como: escaso empleo de portadores nitrogenados, manejo adecuado de la CE y uso del cobre para “endurecer las plántulas” y alcanzar el ciclo deseado en el semillero.

4.8. INJERTO DE ESPECIES HORTÍCOLAS

El injerto es una técnica utilizada para unir dos plantas afines (portainjerto e injerto) de manera que crezcan y se desarrollen como una sola planta. Se utiliza en diversos países de Asia, Europa y América, para la producción de solanáceas y cucurbitáceas en invernaderos, y a menor escala, a campo abierto. Entre las hortalizas más comúnmente injertadas se encuentran: tomate, sandía y melón.

Uno de los propósitos principales del injerto herbáceo es prevenir o conferir resistencia a plagas del suelo, entre ellos los nematodos agalleros del género *Meloidogyne Goeldi*, mediante el uso de portainjertos resistentes a dichos patógenos. El uso de plantas injertadas trae consigo beneficios adicionales al productor como:

- Las plantas injertadas desarrollan sistemas radicales más sanos y de mayor dimensión, lo que propicia el incremento en la absorción de agua y nutrientes, con el consiguiente mejoramiento del vigor y rendimiento de los cultivos.
- Incremento en la calidad de los frutos.
- Las plantas injertadas muestran resistencia y/o tolerancia ante estrés salino, hídrico y térmico.

El injerto de hortalizas se realiza en la etapa de semillero, mediante la producción de plántulas en cepellones. Se desarrolla en un área aledaña a las unidades de producción de plántulas, donde se deben crear nuevas facilidades que constituyen el centro de injerto herbáceo. En Cuba funcionaron tres centros de este tipo, ubicados en Empresa Cítricos Ceiba (Artemisa), Cítricos Ceballos (Ciego de Ávila) y Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, Jagüey Grande (Matanzas), que cuentan con capacidad para abastecer plántulas hortícolas injertadas para sus respectivos módulos de cultivo protegido y están conformados por tres áreas (Figura 4.1).

- Taller de injerto.
- Área de microtúneles o cámara húmeda.
- Área de desarrollo de plántulas injertadas.

Para el establecimiento de centros de injerto herbáceo, las entidades deberán hacer inversiones; sin embargo, el beneficio que se obtiene con el uso de plantas injertadas en los aspectos fitosanitarios y productivos justificarán las mismas.

Recomendaciones para la producción comercial de plántulas injertadas

- El injerto se debe realizar utilizando plántulas de dos a cuatro semanas de edad, y con una a cuatro hojas verdaderas, según la especie. Para tomate se recomienda entre dos a cuatro hojas verdaderas, un diámetro del tallo de 1,8–2,6 mm y una altura de la plántula de 12–14 cm.
- El portainjerto e injerto deben pertenecer a la misma familia botánica, lo que garantiza un prendimiento exitoso.
- Se deben conocer las características del material vegetal utilizado como portainjerto e injerto, con relación a: fecha de siembra, poder germi-

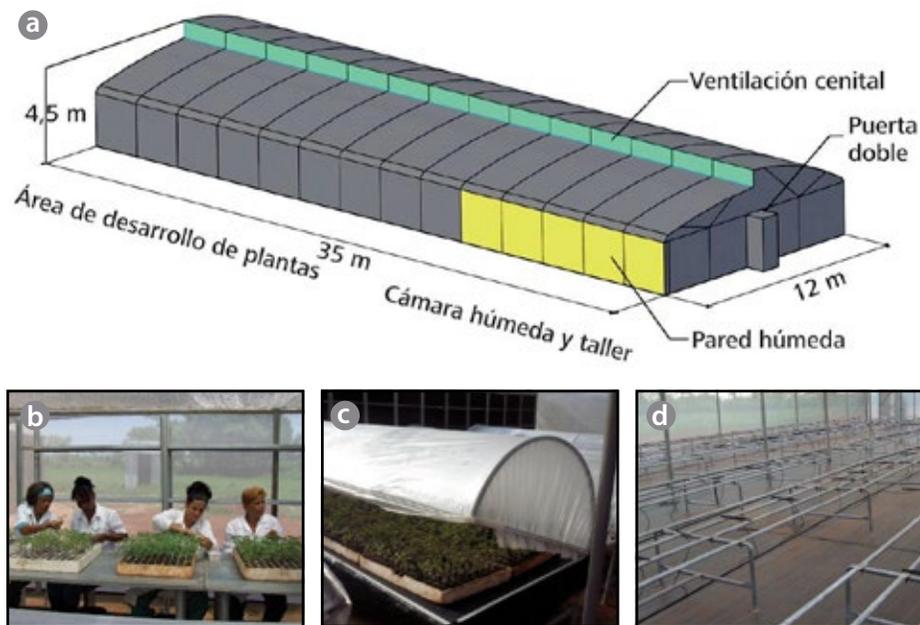


Fig. 4.1. Diseño y áreas de un centro de injerto herbáceo en Cuba.
a) Centro de injerto herbáceo; b) Taller de injerto; c) Área de microtúneles o cámara húmeda; d) Área de desarrollo de plántulas injertadas.

nativo, tiempo de emergencia, compatibilidad vegetativa, fuentes de resistencia genética y otros aspectos de interés agronómico.

- Se requiere uniformidad y homogeneidad en la germinación de las semillas, emergencia de las plántulas y en su crecimiento vegetativo.
- Lograr en el momento del injerto, dimensiones similares del diámetro del tallo y la altura de las plántulas para alcanzar una unión exitosa.
- El taller de injerto debe estar dotado de instrumentos para realizar los cortes de las plántulas, así como de materiales de unión y sujeción.
- Adoptar las medidas profilácticas y de tratamientos fitosanitarios, para mantener la sanidad y calidad de las plántulas durante el proceso de injerto.
- Procurar un microclima uniforme durante la fase posinjerto, mediante un sistema de manejo climático en el interior de la instalación.
- Durante la fase de cicatrización, las plántulas se deben colocar, durante siete días en el interior de una cámara húmeda o microtúnel, con una temperatura de 20 a 25 °C (solanáceas) y de 25 a 30 °C en cucurbitáceas. La humedad relativa debe estar entre 85 % y 90 % y se debe garantizar una baja radiación (6 000 luxes).
- Concluido el período de cicatrización, las plántulas se someten, durante cinco días, a una aclimatación gradual, a las condiciones ambientales en las que se van a desarrollar.

Entre las principales cualidades que debe reunir un portainjerto se recomiendan las siguientes:

- Tener afinidad y compatibilidad con el cultivar a injertar.
- Presentar resistencia y/o tolerancia a patógenos del suelo.
- Tener vigor y rusticidad para lograr incrementos en la producción.
- Brindar resistencia y/o tolerancia ante estrés abiótico.
- No modificar, desfavorablemente, la calidad del fruto.

Para cada especie hortícola a injertar, se cuenta con una amplia diversidad portainjertos con diferentes características que a continuación se mencionan:

Portainjertos para solanáceas

En el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), los portainjertos más utilizados a nivel internacional, son híbridos interespecíficos obtenidos de cruzamientos de (*S. lycopersicum* L. x *Solanum habrochaites* S. Knapp y D. M. Spooner, Dunal, conocidos comercialmente como: Maxifort, Multifort, Optifort, Emperador RZ, Beaufort, Stallone, RZ He-man, Shelter RZ, Colosus RZ, Kaiser RZ, entre otros. Los mismos se destacan por su resistencia y/o tolerancia a plagas del suelo (hongos, bacterias y nematodos, indistintamente), y por el vigor que favorece a la producción y calidad del fruto.

¡Atención!

*Estos portainjertos proceden de condiciones edafoclimáticas diferentes a las de Cuba, lo que proporciona una limitante para la expresión de la resistencia frente a las poblaciones nativas de *Meloidogyne* spp. u otras plagas del suelo. Por cuanto, se recomienda a los productores, que los nuevos portainjertos foráneos a introducir en la producción sean probados con anterioridad. Otro aspecto importante, es el hecho de que la resistencia de los portainjertos puede ser "quebrada" por altas poblaciones de nematodos en el suelo o sustrato. Resulta imprescindible utilizar las plantas injertadas en el marco de programas de Manejo Integrado de Plagas, donde se desarrollen, disciplinadamente, las tácticas sugeridas para disminuir las poblaciones de estos organismos y no "enfrentar" a la planta injertada a poblaciones muy altas (Índice de agallamiento > 2).*

En Cuba el IIH "Liliana Dimitrova" de conjunto con el CENSA seleccionó genotipos de solanáceas silvestres y cultivables con resistencia y/o tolerancia a nematodos. Entre sus principales resultados se destacan las potencialidades de los cultivares 'Rossol' y 'Motelle', como portainjertos de tomate recomendados, debido a su resistencia comprobada a una población autóctona de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2.

A nivel mundial las plantas de tomate injertadas se conducen a dos tallos o brazos por su gran vigor, que permiten disminuir el número de plantas por superficie. La formación de los dos tallos o brazos se puede realizar:

- En semillero, despuntando por encima de los cotiledones de las plántulas.

- Despuntando sobre la segunda hoja verdadera (los tallos o brazos se formarán por los brotes de la primera y segunda hoja de la plántula).
- Decapitando las plántulas en el semillero a los 15 a 20 días de edad.
- En condiciones de campo, se forman los dos tallos o brazos a partir del tallo principal y el hijo fuerte situado debajo del primer racimo.

En el cultivo de la berenjena (*Solanum melongena* L.), los portainjertos de tomate son los más utilizados, también se recomienda utilizar de su misma especie *S. melongena*. Además, se han empleado como portainjertos solanáceas silvestres: *Solanum torvum* Sw (Nee), *S. sisymbriifolium* (Lam), *S. integrifolium* L. entre otras, dotadas de resistencia a diversos patógenos de suelo (*Verticillium dahliae* raza 1; *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*, *Ralstonia solanacearum* (E. F. Smith) Yabuuchi y nematodos.

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) sólo se puede injertar sobre plantas de la misma especie: líneas e híbridos de *C. annuum* L. o híbridos interespecíficos (*C. annuum* L. x *C. chinensis* Jacq.), denominados, comercialmente, como: Altante, Snooker, Galaxy, Tesoro, Foundation RZ, entre otros. Estos poseen atributos de resistencia, principalmente, a *Phytophthora capsici* y nematodos.

Portainjertos para cucurbitáceas

Entre los portainjertos más utilizados en cucurbitáceas se destacan híbridos interespecíficos de calabaza obtenidas a partir de (*Curcubita máxima* Duch. x *Curcubita moschata* Duch.) u otras especies del género *Curcubita* (*C. ficifolia*, *C. pepo* L.), género *Lagenaria* (*L. siceraria* L.), género *Benincasa* (*B. hispida* Thunb. y *B. cerifera*) y género *Luffa* (*L. acutangula* y *L. cylindrica*).

En el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) y melón (*Cucumis melo* L.), los más empleados son híbridos de (*Curcubita maxima* Duch. x *Curcubita moschata* Duch.), nombrados, comercialmente, como: Shintosa, Brava, RS-841, Kamel, Ferro RZ, Azman RZ, entre otros. Estos portainjertos confieren resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* W.C. Snyder, *Verticillium dahliae* y tolerancia a *Pythium* spp. y nematodos.

El empleo del injerto en pepino (*Cucumis sativus* L.), es reducido, utilizándose en algunos países, como portainjertos, los híbridos de (*Curcubita maxima* x *Curcubita moschata*), anteriormente citados o sobre otras especies como: (*C. ficifolia*, *C. moschata* Duch. y *C. metuliferus* E. Mey).

Métodos de injerto en solanáceas

En las solanáceas, existen dos métodos de injerto, empalme y púa terminal. En el cultivo del tomate, el **método de empalme** (Figura 4.2) es el más utilizado a nivel comercial, por su eficiencia y mayor productividad en su ejecución. Para un exitoso prendimiento requiere de la uniformidad del diámetro de los tallos de portainjerto e injerto. Se procede al injerto, mediante un corte en bisel, con un ángulo de 45°, por encima de las hojas cotiledonales. Se realiza un corte similar, en longitud e inclinación, al tallo del cultivar a injertar. Posteriormente los tejidos cortados se unen y se fijan mediante una pinza de sujeción o presilla plástica.

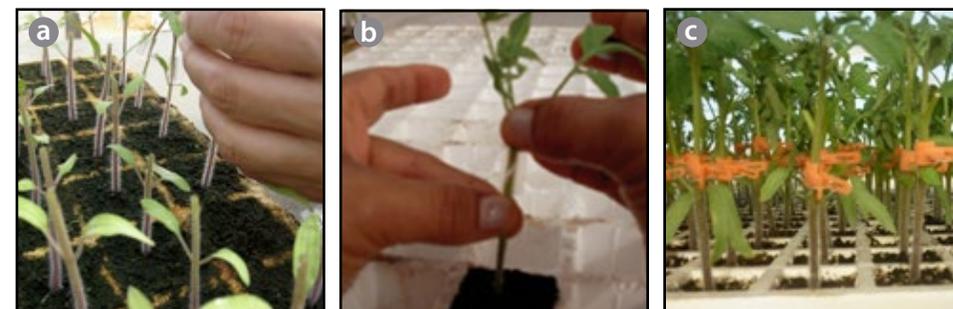


Fig. 4.2. Injerto de empalme. a) Corte de 45° en bisel del portainjerto e injerto; b) Empalme del injerto con el portainjerto; c) Plantas injertadas.

El injerto de **púa terminal** (Figura 4.3) es un método muy utilizado en los cultivos de tomate y pimiento en algunos países de América. En Cuba, ha sido el más empleado, con altos porcentajes de prendimiento en estas especies. Consiste en la eliminación de la yema terminal o decapitado de las plántulas del portainjerto, con dos a cuatro hojas verdaderas. Se le realiza una incisión en el centro del tallo, hacia abajo de 1–1,5 cm. En el extremo inferior del tallo del cultivar a injertar se le hace un corte en forma de cuña o púa de 1–1,5 cm de longitud. Se introduce la púa en la hendidura del portainjerto y se le coloca una pinza de sujeción o presilla plástica, para facilitar su unión.



Fig. 4.3. Injerto de púa terminal. a) Portainjerto decapitado y hendidura longitudinal de su tallo; b) Corte del injerto en forma de púa; c) Inserción de la púa al portainjerto y sujeción del injerto con una pinza de sujeción; d) Plantas injertadas.

Métodos de injerto en cucurbitáceas

El método más utilizado a nivel mundial es el de **aproximación** (Figura 4.4). Se practica cuando el portainjerto presenta una hoja verdadera. Comienza mediante la extracción del cepellón. Posteriormente, se elimina la yema terminal del portainjerto y se le hace un corte descendente de 1–1,5 cm, por debajo de los cotiledones hacia la mitad del tallo, en forma de lengüeta. En el cultivar a injertar, se realiza un corte similar ascendente por debajo de los cotiledones. Se deben ensamblar los tejidos del portainjerto e injerto, de manera que los cortes se superpongan y sujetan con cinta o banda de plomo o presilla plástica.

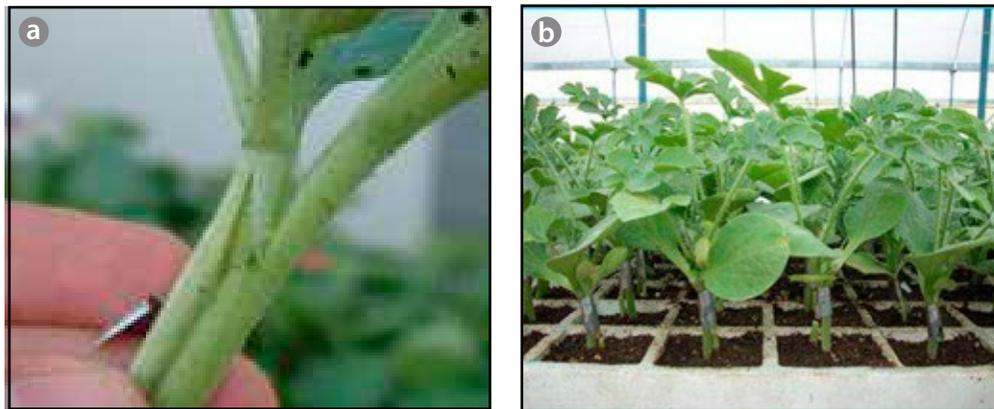


Fig. 4.4. Injerto de aproximación. a) Corte en forma de lengüeta; b) Ensamble del portainjerto y variedad.

Finalmente, las plántulas injertadas son plantadas juntas en bandejas de alvéolos más grandes (100 cm³) para disponer de espacio suficiente para el corte del tallo de las plántulas injertadas. Al establecerse la conexión, las raíces del injerto son cortadas por debajo de la unión entre 10–15 días después del injerto y la parte aérea del portainjerto se elimina para formar así una sola planta. Este método es menos exigente a las condiciones microclimáticas durante la fase de cicatrización.

Otro método recomendado en cucurbitáceas es el **injerto de púa o cuña** (Figura 4.5). Se procede a injertar cuando el portainjerto tiene la primera hoja verdadera. Consiste en eliminar la yema terminal del portainjerto y se realiza una hendidura entre los cotiledones, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1 a 1,5 cm de longitud. Posteriormente por debajo de los cotiledones, se corta el tallo de la variedad a injertar en forma de púa de 1–1,5 cm de longitud, en su extremo inferior, que se inserta en la hendidura del portainjerto y se une con la pinza de sujeción.

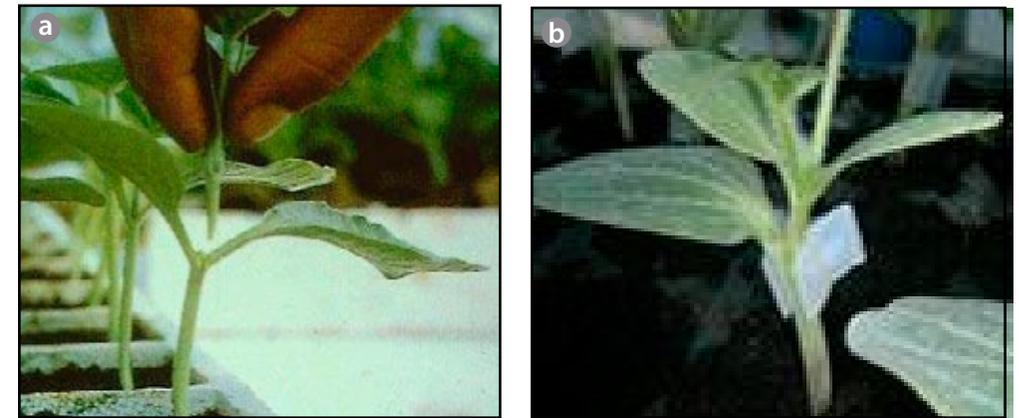


Fig. 4.5. Injerto de púa a) Corte en forma de púa e inserción de la púa al portainjerto; b) Sujeción del injerto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho, F. (2011). El injerto de hortalizas técnica ecocompatible generadora de empleo. En *Adiestramiento–Taller de injerto herbáceo* (pp. 48-66). Jagüey Grande, Matanzas: Proyecto ONUDI: MP/CUB/04/133.
- Casanova, A., Fernández, F., Cuartero, J. y Fernández, J.J. (1996). Empleo de zeolita en la producción de plántulas hortícolas de calidad. *Actas de Horticultura (Actas de la V Jornada del Grupo de Horticultura de la SECH, España)*. 13: 85-91.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.* (2007). *Manual para la producción protegida de hortalizas* (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Gómez, O., Casanova, A., Laterrot, H. y Anaís, G. (2000). Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". MINAG. Cuba. 159 p.
- González, F. M. (2016). Selección de portainjertos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo protegido. (Tesis Doctor en Ciencias Agrícolas). La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Disponible en <http://eduniv.mes.edu.cu>. 146 p.
- González, F.M., Casanova, A., Rodríguez, M.G., Hernández, A., Gómez, L., Pérez Montesbravo, E. (2012). El injerto herbáceo en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como alternativa al Bromuro de Metilo en Cuba:108–124. En *Tecnologías en el proceso de eliminación total del*

Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. La Habana: Editora CIDISA/INISAV.

Hernández, J.C., Méndez, O., Brito, R. y Casanova, A. (2018). Elaboración y uso del carboncillo de cascarilla de arroz como sustrato para la producción de plántulas en cepellones (plegable divulgativo). La Habana: IIHLD-Proyecto de Apoyo a una Agricultura Sostenible en Cuba.

Miguel, A., Torre, M., Baixauli, C., Maroto, C., Jordá, J. y María Concepción. (2007). Injerto en hortalizas. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación.

Peña, E. (2009). Cáscara de arroz carbonizada: opción ventajas en la elaboración de sustrato para la producción de posturas. La Habana: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT).

Pérez Mostesbravo, E., Casanova, A., Hernández, M., Pérez, A., Céspedes, A., González, F.M. *et al.* (2012). El injerto herbáceo en cultivos protegidos de hortalizas en Cuba como una alternativa al Bromuro de Metilo: Avances y retos : 83–107. En Tecnologías en el proceso de eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. La Habana: Editora CIDISA/INISAV.



Casa de producción de posturas en cepellones.



Humus de lombriz.



Turbia rubia.



Zeolita cubana cargada (aditivo).



Cascarilla de arroz (aditivo).



Fase inicial del horno de cascarilla de arroz.



Fase final del horno de cascarilla de arroz.



Envase el carboncillo para traslado y almacenaje.



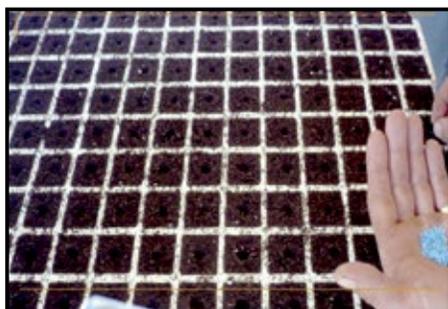
Llenado de bandejas con sustrato certificado.



Distribución uniforme del sustrato en los alvéolos.



Marcador de la profundidad de siembra.



Siembra manual en el centro del alvéolo.



Ducha de goteo fina para los riegos.

Capítulo V. CULTIVARES Y MANEJO AGRONÓMICO

5.1. TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Familia: *Solanáceas*

Antonio S. Casanova Morales, Julio C. Hernández Salgado, Olimpia Gómez Consuegra, Farah M. González Userralde y Julia M. Salgado Pulido

Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

5.1.1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas, originaria de América. Es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, que se consume fresco o procesado, por sus cualidades gustativas y nutricionales, sus frutos son ricos en vitamina A y C.

Es una planta perenne que se cultiva como anual, de porte arbustivo. Su crecimiento es ilimitado en las variedades indeterminadas y limitado en las variedades determinadas. Las hojas son compuestas, imparipinnadas con siete a nueve folíolos lobulados o dentados. Las flores tienen cinco o más sépalos y pétalos, estambres soldados y ovario bi o multilocular. La inflorescencia es en racimo compuesto con 4 a 12 flores, pero hay variedades con un mayor número, que superan las 50.

La raíz principal es pivotante y ramificada, en lo cual influye la técnica de cultivo empleada. El tallo de la planta es cilíndrico anguloso, con vellos, la parte adulta es semi leñosa, con grosor entre 2–4 cm, tiene la característica de emitir raíces adventicias. Los frutos son en baya bi o multilocular, ovoide o aplastados, con peso entre 5 g y 500 g. Las semillas son de forma lenticular, de color grisáceo y cubiertas de vellos.

Es un cultivo no muy exigente al suelo, excepto en lo que relacionado con el drenaje. Prefiere suelos con pH entre 5,0 y 6,8 (ver Capítulo II), así como ambientes cálidos para su desarrollo. La temperatura óptima para la germinación es entre 25 °C y 30 °C. La fructificación del tomate es sensible a ciertas temperaturas críticas. Éstas inducen la caída de las flores como resultado de la falta de fecundación, la cual es afectada por numerosos factores. La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a 34 °C por el día y 20 °C por la noche, o un período de exposición a 40 °C durante solo cuatro horas, influyen en la caída de las flores de los cultivares de tomate. El empleo de cultivares con adaptación climática, la adopción de prácticas adecuadas de manejo climático, manejo agronómico y el riego por goteo, pueden atenuar esta situación.

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo es entre 60 y 80 %. Una humedad superior favorece la aparición y desarrollo de enfermedades y puede dificultar la fecundación. La baja luminosidad afecta el desarrollo del cultivo, en especial la floración y la fructificación.

5.1.2. Cultivares recomendados

El sistema de cultivo protegido demanda el uso de cultivares híbridos F₁ de tomate, de crecimiento indeterminado, para su cultivo vertical, con la finalidad de lograr mayor eficiencia en la instalación, éstos permiten la combinación de características como: alta productividad, calidad del fruto y resistencia simultánea a diversos patógenos. No obstante, en ocasiones puede ser recomendable la utilización de híbridos F₁ del tipo determinado en este sistema productivo, ello pudiera ocurrir en la época de primavera-verano, cuando se necesite un ciclo de producción más corto o no existan cultivares indeterminados que se adapten a estas condiciones.

Es preciso recordar que el cultivar constituye uno de los componentes de mayor importancia de esta tecnología, por lo que hay que analizar bien su elección. En todos los casos, es necesario conocer previamente las características del cultivar a emplear, las cuales deben cubrir las demandas del mercado (Cuadro 5.1). En las instalaciones protegidas abiertas es imprescindible usar cultivares resistentes a begomovirus (geminivirus transmitidos por la mosca blanca). La mayoría de las instalaciones de cultivo protegido en Cuba, que emplean variedades de tomate susceptible al Virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV), transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), no obtienen buenos resultados productivos.

Híbridos cubanos con resistencia al TYLCV

La ausencia en Cuba de variedades resistentes a begomovirus, en el momento de la aparición de esta enfermedad devastadora en el cultivo del tomate, así como la introducción en el país del sistema de producción protegida de hortalizas, llevó a la adquisición de cultivares híbridos foráneos, cuya semilla posee un alto precio.

El sistema de producción del cultivo protegido en Cuba tiene presencia actual de híbridos cubanos de tomate y otras especies hortícolas, liberadas principalmente por el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", (IIHLD) que inició su programa de mejoramiento del cultivo del tomate en 1971 con el objetivo de proponer nuevas variedades más productivas y de mejor calidad. El método de mejora inicial fue el de introducción de variedades, pero posteriormente se adoptó la hibridación y selección como vías para la obtención de nuevos cultivares.

Los objetivos de trabajo han sido: adaptación al trópico húmedo a nivel del mar, la tolerancia a los patógenos de mayor incidencia y la mejora de la calidad del fruto. La variabilidad genética creada a través de este programa permitió la selección de las mejores líneas por su alta productividad, resistencia genética al TYLCV, comprobada mediante el uso de marcadores moleculares asociados al gen Ty-1, así como calidad del fruto para los diferentes mercados.

Cuadro 5.1. Características de los principales híbridos F₁ de tomates recomendados

CULTIVAR	PROCEDENCIA	ÉPOCA DE PLANTACIÓN		PLANTA		FRUTO				RESISTENCIA	
		Inv.	Ver.	Maduración	Vigor	Peso (g)	Forma	Firmeza	Larga vida		
CRECIMIENTO INDETERMINADO											
Aegean	ENZA ZADEN	X			Media	Muy fuerte	200-250	Redondo achatado	Buena	Moderada	AR: ToMV; Ff 1-3; Fol 0,1 RM:TYLCV
Tessera	ENZA ZADEN		X		Media	Fuerte	150-200	Achatado	Buena	Prolongada	AR: ToMV; Ff RM; TSWV; TYLCV
Alty	IIHLD-Cuba		X		Temprana	Fuerte	120-140	Achatado	Muy Buena	Prolongada	AR: Ss RM: TYLCV
LTM-12	IIHLD-Cuba	X			Media	Fuerte	150-180	Redondo achatado	Buena	Moderada	AR: TMV; Vd; Fol 1, 2 RM: TYLCV;
Fiorline (cherry)	Italia		X		Temprana	Fuerte	15-20	Redondo	Buena	Moderada	RM: TYLCV

Cuadro 5.1. Características de los principales híbridos F₁ de tomates recomendados (continuación)

CULTIVAR	PROCEDENCIA	ÉPOCA DE PLANTACIÓN		PLANTA		FRUTO			RESISTENCIA	
		Inv.	Ver.	Maduración	Vigor	Peso (g)	Forma	Firmeza		Larga vida
CRECIMIENTO DETERMINADO										
Sky Way	ENZA ZADEN	X	X	Media	Fuerte	250 - 300	Redondo	Buena	Prolongada	AR: ToMV; Fol 0-2 RM: TSWV; TYLCV; Ma; Mi
HA 3057	HAZERA	X	X	Temprana	Fuerte	170 - 200	Achatado	Buena	Moderada	AR: Vd; Fol 1; TMV; RM: TYLCV
HA 3019	HAZERA	X	X	Temprana	Fuerte	170 - 200	Achatado	Buena	Moderada	AR: Vd; Fol 1; TMV; RM: TYLCV

LEYENDA

Vd = *Verticillium dahliae*
 Fol = *Fusarium oxysporum*
 Mi = *Meloidogyne incognita*
 Ma = *Meloidogyne arenaria*
 Ss = *Stemphylium solani*
 Ff = *Fulvia fulvum*
 AR = Alta resistencia
 RM = Resistencia moderada

TMV = Virus del mosaico del tabaco
 ToMV = Virus del mosaico del tomate
 TYLCV = Virus del encrespamiento amarillo de las hojas del tomate
 TSWV = Virus del bronceado del tomate
 Inv. = Invierno
 Ver. = Verano

Las características principales de los híbridos F₁ de tomate comerciales patrocinados por el IIHLD son las siguientes:

'LTM 12' – Planta de crecimiento indeterminado: dada su arquitectura, el follaje necesita escasa poda; frutos de 150 a 180 g; rendimiento de 110 t/ha en condiciones protegidas; tolerante a las altas temperaturas, por lo que su fructificación es independiente de la aplicación de hormonas; resistente al Virus del encrespamiento amarillo de las hojas del tomate (TYLCV), a *Fusarium oxysporum* y *Stemphylium* spp.; así como tolerante a nematodos del género *Meloidogyne* spp. (Cuadro 5.1).

'Alty' – Híbrido de crecimiento indeterminado, de buen comportamiento productivo en primavera-verano. Se obtienen de cuatro a cinco frutos/racimo de tamaño mediano, con una masa media de 120 g, rendimiento potencial de 120 t/ha en invierno y 80 t/ha en primavera-verano. Los frutos son ligeramente acostillados, de buen color interno y externo, agradable al paladar. Resistente al Virus del encrespamiento amarillo de las hojas del tomate (TYLCV) y a *Stemphylium solani* (Cuadro 5.1).

5.1.3. Manejo agronómico

La tecnología de cultivo protegido ha generado cambios significativos en el enfoque del manejo agronómico de las especies hortícolas, en relación al cultivo a pleno campo, tanto en la producción del tomate, como en otras hortalizas, en lo cual han influido numerosos factores inherentes a la nueva tecnología de producción, entre ellos:

- Un cambio del material vegetal empleado.
- Mayor calidad para un mercado cada vez más exigente.
- El alto precio de las semillas de híbridos F₁.
- La mejora de la calidad de la cosecha.
- La introducción de nuevas técnicas como el injerto herbáceo.
- Ciclo vegetativo más largo.
- Mayor crecimiento de las plantas.

5.1.3.1. Preparación del suelo (ver Capítulo III)

5.1.3.2. Esquema y densidad de plantación

El esquema y densidad de plantación depende de diversos factores, que el productor debe tener en cuenta desde la fase de preparación del suelo, pues una decisión mal tomada tiene muy pocas posibilidades de ser corregida totalmente y puede traer trastornos en la ejecución de un adecuado manejo del cultivo, que afecten el crecimiento y desarrollo de la plantación y comprometa su resultado productivo. Por lo tanto el productor, además de lo señalado en el acápite 5.1.2, ha de analizar otros, la mayoría agronómicos, para la adopción del esquema y densidad de plantación, tales como:

- Las características del cultivar que se decida emplear.
- La época de plantación.
- La tipología de la instalación.
- La manejo de las plantas a uno o dos tallos.

Para el cultivo protegido del tomate en Cuba, se recomienda en los momentos actuales una densidad de población entre 1,6 a 1,8 plantas/m², mediante el empleo de diferentes arreglos espaciales de las plantas y número de canteros por instalación. El empleo de densidades superiores a 2,2 plantas/m², adoptados por algunos módulos anteriormente, provocan problemas de enfermedades foliares, que afectan el rendimiento y la calidad de la producción.

Para los cultivares de crecimiento determinado que se conducen a uno o dos tallos con la ayuda de un cordel tomatero, se mantiene la misma densidad de población que para los de crecimiento indeterminado. Cuando estos cultivares se conducen con espalderas, la densidad de población se reduce, para ello las distancias entre plantas en el esquema de una hilera debe ser de 0,25 a 0,35 m, según el número de canteros por instalación.

El número de canteros y el esquema de siembra o plantación de la tecnología de cultivo protegido en Cuba han experimentado importantes y favorables cambios en los últimos años, entre ellos:

- Reducción del número de canteros por instalación.
- Adopción de la hilera sencilla de plantación sobre el cantero.
- Ampliación del ancho de los pasillos entre canteros.
- Reducción del ancho del plato del cantero y elevación de su altura.

El objetivo principal de estos cambios y alternativas, que se generalizan en casi todas las unidades de cultivo protegido del país, es propiciar un mayor número de renovaciones de aire por unidad de tiempo en el interior de las instalaciones, lo que favorece el manejo climático en el interior de las mismas, propicia un clima más favorable, lo cual contribuye a mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, su sanidad vegetal y las condiciones de trabajo para obreros y técnicos.

Con la adopción de una sola hilera sobre el cantero, se reduce a la mitad la distancia entre plantas, con la cual se mantiene la misma densidad a nivel de cada cantero, en relación con el esquema tradicional a doble hilera.

Tomando como referencia las casas de cultivo de la Tipología 2 modelo A-12, se establecen diferentes números de canteros por instalación.

¡Atención!

La información que se brinda acerca de las dimensiones de los canteros, tanto en los cuadros como en las figuras, son orientativas, ésta puede variar, tanto el ancho del cantero como del pasillo, en dependencia del manejo y la experiencia del productor.

Variante 1 o tradicional: 6 canteros por instalación

Durante muchos años prevaleció en el país el empleo de 6 canteros por casa de cultivo, para las instalaciones de 12 m de ancho, como son los modelos "A-12" y "Granma 1".

Ventajas

- Es más conocido, sencillo y requiere de una menor capacitación del productor.

Desventajas

- Limita las renovaciones de aire en la instalación.
- No se logran buenas coberturas en las aplicaciones foliares.
- Dificulta el movimiento de las mangueras sobre el cantero.

La Figura 5.1, recoge la variante de 6 canteros altos en instalación Tipología 2, modelo A-12

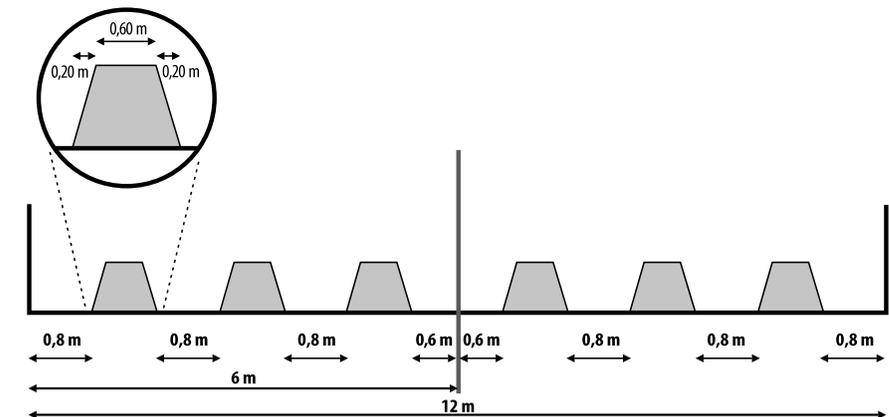


Fig. 5.1. Variante 1: de 6 canteros altos en instalación Tipología 2, modelo A-12.

Nuevas alternativas en el manejo agronómico del cultivo

Disminución del número de canteros por instalación: esta alternativa consiste en reducir el número de canteros por instalación, con el objetivo de lograr un mejor manejo climático en el interior de las casas de cultivo, que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. Con ello se logra un mayor ancho de los pasillos entre canteros y una menor barrera de las plantas, que beneficia al intercambio del aire en el interior de la instalación. Estas alternativas se validan en diferentes localidades del país, en dos variantes que son las siguientes:

Variante 2: 5 canteros por instalación

Variante 3: 4 canteros por instalación

El cuadro 5.2 caracteriza y compara valores de interés de diferentes variables y números de canteros (6, 5 y 4) por instalación Tipología 2 modelo A-12 (540 m²), relacionados con sus dimensiones: distancias entre hileras, plantas y pasillos, plantas/m² y otros, para lograr densidades entre 1,6 a 1,8 plantas/m², en relación con la superficie total cubierta de la instalación.

Cuadro 5.2. Caracterización de las variantes de 6, 5 y 4 canteros por instalación de 12 m de ancho

DIMENSIONES	UM	UNA HILERA SOBRE EL CANTERO		
		NÚMERO DE CANTEROS POR INSTALACIÓN		
		6	5	4
Ancho del plato del cantero	m	0,50 a 0,60	0,50 a 0,60	0,50 a 0,60
Altura del cantero	m	0,25 a 0,35	0,25 a 0,35	0,25 a 0,35
Hileras de plantas por cantero	Nº	1	1	1
Distancia entre hileras	m	1,80 a 2,20	2,15 a 2,50	2,90 a 3,20
Distancia entre plantas	m	0,30	0,25	0,20
Distribución de las plantas	-	Lineal	Lineal	Lineal
Ancho del pasillo	m	0,80 a 1,20	1,15 a 1,50	1,90 a 2,20
Laterales riego por hilera	Nº	2	2	2
Densidad	Pl/m²	1,60 a 1,80	1,60 a 1,80	1,60 a 1,80

Como tendencia, con la disminución del número de canteros por instalación se logra:

- Aumentar la distancia entre las hileras sencillas de plantación.
- Incrementar el ancho de los pasillos entre canteros.

Las nuevas variantes que reducen el número de canteros por instalación Modelo A – 12, favorecen el manejo climático del cultivo y beneficia las condiciones de trabajo del personal que laboran en el interior de las mismas.

Esquemas de plantación del tomate

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,30 m entre plantas

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,25 m entre plantas

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,20 m entre plantas

Estos esquemas de plantación del cultivo del tomate son comunes para los cultivos del pepino y melón.

Las figuras 5.2. y 5.3, muestran dos variantes de ubicación de 5 canteros altos en instalación Tipología 2 (modelos A-12 y Granma 1) que responden a las características de los mismos.

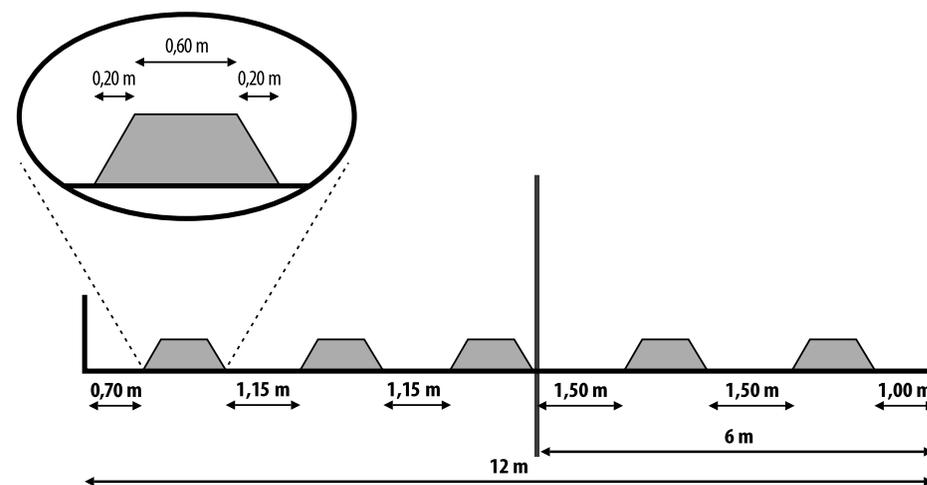


Fig. 5.2. Variante 2: de 5 canteros altos. Instalación Tipología 2, modelo A-12.

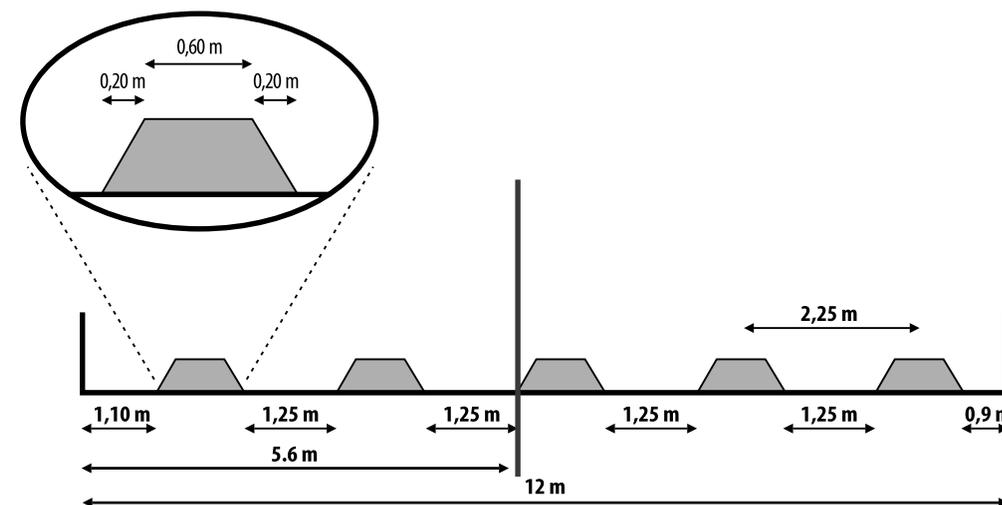


Fig. 5.3. Variante 2: de 5 canteros altos. Instalación modelo Granma 1.

En la Fig 5.4 se muestra el esquema de la variante de 4 canteros por instalación en la Tipología 2 modelo A-12.

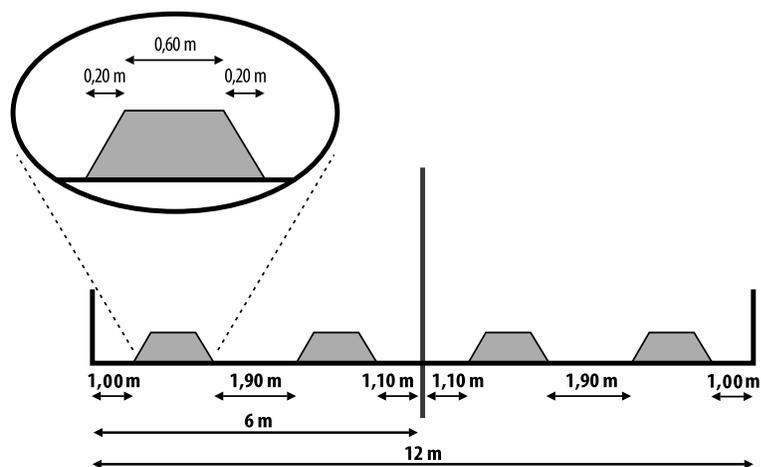


Fig. 5.4. Variante 3: de 4 canteros altos. Instalación Tipología 2, modelo A -12.

La información que se brinda resulta de gran valor para técnicos y productores. Se corrobora que no hay diferencia entre el número de plantas logradas por cantero, en el esquema tradicional a doble hilera a 0,40 o 0,50 m entre plantas, con relación al esquema de una sola hilera trasplantadas a 0,20 y 0,25 m, respectivamente.

Ventajas de la reducción de canteros en instalaciones de 12 m de ancho

- Contribuye a aumentar el ancho de los pasillos
- Contribuye a aumentar el número de renovaciones de aire en el interior de las instalaciones y su manejo climático.
- Facilita las labores de manejo de cultivo.
- Facilita y mejora la calidad de las aplicaciones foliares.
- Disminuye el riesgo de afectación de enfermedades en los cultivos.
- Mejora el manejo posicional de los laterales para el fertirriego.
- Facilita la cosecha y manipulación de la producción.
- Mejora la preparación del suelo dirigida al área activa del cantero.
- Reduce la superficie y el tiempo de preparación del suelo por instalación.
- Disminuye el costo de preparación del suelo y del tratamiento contra nematodos.

Ventajas del empleo de la hilera sencilla de plantación sobre el cantero

Múltiples ventajas se derivan de la adopción de la hilera sencilla sobre el cantero, como una nueva variante de la tecnología de cultivo protegido en el país, entre ellas:

- Se simplifica el manejo del cultivo en la etapa inicial de crecimiento y del cultivo, posterior al trasplante.
- Durante unas cinco semanas, las plantas solo se manipulan en una ocasión para inclinarlas hacia donde se desee.

- Permite un mayor número de días para el inicio del amarre de las plantas, que se realiza por debajo del pedúnculo de la hoja situada en la parte inferior del segundo o tercer racimo.
- Se logra un mejor humedecimiento del sistema radical de las plantas.
- Permite un mejor manejo de los ramales de riego, hasta quedar separados a 0,20 m de la hilera de plantación.
- Favorece que el primer racimo de la planta se ubique a una menor altura del suelo, en que prevalece una temperatura más favorable para la planta y el cuajado de los frutos.

Otros esquemas de siembra o plantación

Las sugerencias de algunos esquemas de siembra o plantación para los diferentes cultivos hortícolas en los sistemas de cultivo protegido del país, han sido referidos solo las casas de cultivo de 12 m de ancho (modelos A-12 y Granma 1), tomando en consideración su gran distribución a lo largo de todo el país. Se sustentan en un adecuado manejo agronómico del cultivo, que mejoran las condiciones del manejo climático en el interior de las instalaciones, así como el comportamiento fisiológico de las plantas, su sanidad, productividad y el bienestar del personal que a diario labora en el interior de las mismas.

En el caso de otras tipologías de casas de cultivo presentes en el país, se recomienda que en dependencia de la instalación que se trate, su ancho de gablete o túnel y las distancias entre columnas que presente el modelo correspondiente, se realicen los ajustes necesarios para definir el esquema de siembra o plantación más adecuado, acorde con los principios que sustentan estos cambios.

Época de plantación

En la tecnología de cultivo protegido de hortalizas en Cuba se definen dos épocas de producción durante el año, que comprenden los meses siguientes:

Época	Meses
Invierno	Septiembre a febrero
Primavera-verano	Marzo a agosto

Esta división es válida para todas las hortalizas que hasta el presente se establecen en la tecnología de cultivo protegido en el país y particularmente importante para el cultivo del tomate, ya que su crecimiento y desarrollo están muy influenciados por las condiciones climáticas imperantes, lo que determina el cultivar a utilizar, así como las prácticas culturales y de manejo climático, el riego, la nutrición y otras actividades que se realicen.

Los sistemas de cultivo protegido en Cuba, deben satisfacer la demanda de hortalizas frescas que requiere el turismo y el mercado de frontera, aún durante el verano, cuando las condiciones climáticas que prevalecen en la producción a campo abierto, resultan en extremo adversas al cultivo del tomate y limitan su normal desarrollo y fructificación. Este es uno de los retos permanentes de la tecnología, producir tomate de calidad y obtener

rendimientos competitivos en esta época, con lo cual se contribuye a la sustitución de importaciones.

Método de plantación

En la producción de tomate bajo cultivo protegido se utiliza exclusivamente el trasplante en cepellones. A continuación aparecen actividades culturales comunes en los cultivos de tomate, pimiento, chile habanero, berenjena, pepino, melón y sandía.

1. Actividades previas al trasplante

- Activar en la instalación los puntos de desinfección de manos y calzado.
- Tratamiento fitosanitario a las mallas y al ambiente interior de la casa.
- Limpieza de la cubierta del techo de la instalación.
- Aplicar al suelo el bioproducto Tricosave 34 (*Trichoderma harzianum* cepa A-34), dos días antes del trasplante.
- Trazar la hilera del trasplante en el centro del cantero realizar un surquito de 0,10 m de profundidad.
- Regar por goteo el surquito del cantero con dos laterales, un día antes del trasplante o el propio día en la mañana.
- Emplear plántulas de calidad en cepellones.
- Trasladar las bandejas con cuidado al área de trasplante y colocarlas al inicio de los canteros, sobre algún material que la aisle del suelo.
- Cuidar que en el traslado de las bandejas, éstas no entren en contacto con superficies que puedan estar contaminadas con nematodos.
- Tener cuidado al extraer las plántulas de las bandejas, no empujar el taco del cepellón con objetos que puedan ocasionar daños al taco y al sistema radical.
- Un personal experto seleccionará las plántulas por su tamaño, para lograr el trasplante uniforme de las mismas a nivel de cada cantero.
- Trasplantar a diferentes horas del día, según la época del año.
- Usar un marcador para lograr la distancia entre plantas.

2. Actividades en el trasplante

- Realizar el trasplante con cuidado para evitar pérdidas de plántulas, lo cual provoca falta de uniformidad de la plantación y gastos adicionales en semillas, fuerza de trabajo, tiempo e insumos.
- Una vez trazada la hilera del trasplante se marcan los orificios en los cuales irán ubicadas las plantas, que deben ser ligeramente mayor al volumen ocupado por el taco del cepellón.
- Las plántulas de tomate se colocan con cuidado hasta la altura de las hojas cotiledonales, con la precaución de que éstas no queden enterradas. En otras especies hortícolas las plántulas deben ser colocadas hasta el nivel del taco del cepellón.
- El tape del taco del cepellón, se realiza mediante una ligera presión del suelo sobre el mismo.
- Aplicar un riego ligero después del trasplante para garantizar una adecuada humedad alrededor de las raíces.

3. Actividades después del trasplante

- Reponer los fallos del trasplante con inmediatez, entre uno a cinco días después, con plántulas en cepellones conducidas al efecto. El riego para cada una de las plántulas sustituidas se hará puntualmente con regadera, manguera u otros medios.
- Revisar diariamente la humedad existente en el suelo, para determinar el momento adecuado de reinicio del riego que por lo general es de 5 a 10 días del trasplante.
- La práctica anterior favorece el desarrollo radical de las plantas y se logra un adecuado arraigue de las mismas, en dependencia del cultivo, tipo de suelo, humedad y época del año.
- Reiniciar el riego después de 5 a 10 días del trasplante, para favorecer el desarrollo radical de la planta y un adecuado arraigue de la misma, en dependencia del cultivo, tipo de suelo, humedad y época del año.
- Conducir las plantas de manera alterna, hacia el borde del cantero, con una inclinación de 45° cuando un 5 % de las mismas comiencen a inclinarse.
- Amarrar las plantas por debajo de la hoja que antecede al segundo o tercer racimo.
- La instalación debe ser ocupada en su totalidad por un mismo cultivar, para evitar diferencias entre las características de los mismos y sus exigencias agronómicas.

Labores culturales

Tutorado y amarre

- El tutorado permite la conducción de la planta en forma vertical, para lograr que las ramas dispongan de suficiente luz, aire y espacio para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo. Además, propicia condiciones menos favorables para el desarrollo de enfermedades; evita que los frutos hagan contacto directo con el suelo y favorece las labores propias del manejo fitosanitario.
- La planta se mantiene vertical, se enreda por los entrenudos, hoja a hoja a través de un cordel tomatero en el sentido de las manecillas del reloj.
- El cordel tomatero debe tener cuatro a cinco metros de longitud, éste se ata a la planta por debajo del pedúnculo de la hoja.
- El cordel se coloca después del trasplante, para ello se utiliza un “perchero”, que es una pieza de alambre o plástica donde se enreda el cordel de reserva, el cual va enganchado del alambre superior correspondiente a la hilera de plantas.
- El amarre en el tallo no debe comprimirlo y tener cierta holgura que permita su engrosamiento a lo largo del ciclo vegetativo. El lazo que se haga debe desatarse con facilidad.
- A medida que la planta va creciendo se realiza su deshije manual y se enreda en el cordel tomatero. Estas labores se realizan al unísono y con cuidado para evitar daños mecánicos.
- Durante su crecimiento inicial la planta se inclina con un ángulo de 45° hacia el borde del cantero de forma alterna, una hacia la izquierda y la

otra hacia la derecha, a lo que se le denomina “vaivén”, lo que permitirá un posterior descenso de la planta menos brusco, favorecido por el ángulo que ésta ha adoptado.

- Otra variante de conducción es el amarre del cordel tomatero sin presillas, dejándolo enterrado en el suelo en el momento del trasplante para evitar los desfases en la labor.
- De no contar con suficiente cordel tomatero, éste puede tener la longitud de 2 m. Para realizar la labor del baje, se desamarra el cordel de la planta y se ubica más arriba en el tallo.
- Para mantener en posición vertical los cultivares de tomate de tipo determinado, se emplea también el cordel tomatero que ata las plantas directamente al alambre superior sin necesidad del “perchero”.
- Puede utilizarse el sistema de espaldera para la conducción de cultivares de tomates de este tipo de crecimiento.

Podas

Es una práctica de manejo de cultivo que se realiza para lograr un crecimiento equilibrado de las plantas y frutos, la cual es obligada en variedades de tomate de crecimiento indeterminado bajo esta tecnología, a la cual se le practican diferentes tipos de podas, entre ellas las siguientes:

- De brotes o deshije.
- De flores y frutos.
- De hojas o deshoje.
- De la yema terminal de la planta o decapitado.

Poda de brotes o deshije: con esta poda se trata de lograr una planta vigorosa y equilibrada, que sus frutos no queden ocultos entre el follaje y a la vez mantenerlas con suficiente aireación y libres de la persistente humedad, lo cual le ocasionaría problemas fitosanitarios.

Es una labor que se realiza simultáneamente con el tutorado y conducción de las plantas y comienza a realizarse, entre 25 a 30 días después del trasplante. Los hijos axilares se eliminan con los dedos, cuando éstos son menores de 5 cm. En general se recomienda realizar dos podas semanales cuando la planta se encuentra en fase vegetativa y una semanal, cuando la planta inicia la fase de cosecha.

Poda de flores y frutos: es una importante labor para regular el número de frutos por racimo que se programa dejar a un cultivar en la formación de su rendimiento y calidad esperada por el productor. Es además una labor indispensable para lograr un mayor porcentaje de frutos de calidad extra y primera, por lo cual se realiza durante todo el ciclo del cultivo.

En Cuba no existe tradición de practicar la poda de flores, pero en dependencia del cultivar, ésta ofrece resultados muy favorables. La eliminación de los frutos pequeños, poco desarrollados, deformados o dañados de cada racimo es una labor necesaria para lograr la expresión de una mayor calidad de los frutos para un mercado cada vez más exigente. Esta práctica se ha descuidado en la mayoría de los módulos de cultivo protegido del país y debe ser objeto de una mayor atención.

Poda de hojas o deshoje: consiste en la eliminación de las hojas caducas inferiores, enfermas o en contacto directo con el suelo y de las que se encuentran en la parte inferior del tallo, con el objetivo de sanear la planta al eliminar posibles hospederos de plagas, tanto en cultivares indeterminados como determinados.

- El deshoje se realiza como una práctica importante para lograr un adecuado manejo climático del propio cultivo y para mejorar la calidad de los frutos al exponerlos a una mayor radiación solar.
- Esta labor se hace en función del cultivar y su manejo, tipo de instalación y época del año. Es muy importante realizarla antes del primer baje de las plantas, para evitar que la misma desarrolle una masa foliar exuberante.
- Si no se practica el deshoje a tiempo, previo al descenso de la planta, se pondrá en contacto una gran masa foliar con el suelo, exponiéndola al ataque de hongos patógenos.
- En algunos casos se pueden eliminar las hojas por encima del último y penúltimo racimo sin cosechar, lo cual favorece la precocidad y uniformidad de la maduración de los frutos.
- Posterior a cada labor de deshoje es recomendable asperjar la plantación con fungicidas de contacto, preferentemente que contengan cobre, para evitar el ataque de patógenos.
- La masa foliar eliminada debe ser extraída de la instalación con el auxilio de bolsas u otros medios adecuados.

Decapitado: es la poda de la yema terminal de la planta que se hace con varios objetivos. En las condiciones del clima tropical del país se observa en el cultivo del tomate de crecimiento indeterminado, a partir del quinto ó sexto racimo de la planta, una disminución significativa en la fructificación, que se expresa en la reducción del número de frutos cuajados por racimo, lo que obedece a diferentes causas: la temperatura a nivel de esos racimos es superior a la que existe en los racimos inferiores de la planta.

- Desde el punto de vista morfológico se ha comprobado que a partir del quinto racimo la planta de tomate deja de emitir raíces o esta emisión es muy discreta, lo que justifica su decapite en este momento.
- Una de las prácticas que se aplica para resolver este problema es el decapitado parcial que pasa a formar parte permanente del manejo de cultivo de muchos productores.
- Decapitado parcial, denominado también “cambio de eje” en el tallo principal de la planta de tomate, consiste en suprimir la yema terminal de la planta y dejar un hijo seguidor para continuar el crecimiento de la misma.
- También se procede a realizar un decapitado parcial, cuando se observa un adelgazamiento del tallo principal en cultivares indeterminados.
- En ocasiones se realiza un decapitado parcial cuando se quiere adelantar cosecha, como estrategia de mercado.

- El decapitado total es una labor que se realiza al eliminar la yema terminal de la planta, sin dejar un hijo seguidor, para limitar en forma definitiva su crecimiento en altura, en busca de mayor tamaño y calidad del fruto, como una estrategia para limitar el ciclo de producción del cultivo ante su envejecimiento por problemas fitosanitarios o por estrategias de mercado. Esta labor deberá realizarse 45 días antes de la fecha fijada para concluir el ciclo del cultivo.
- Se recomienda dejar tres hojas por encima del último racimo que está por debajo de la yema terminal decapitada, con lo cual se logra lo que se denomina efecto "sombrija", que sirve para proteger a los frutos de la radiación solar con el follaje de la planta.

Conducción de cultivares indeterminados

A un tallo: es el que más se practica y recomienda. Se realiza al eliminar todos los brotes o hijos que se desarrollan en las axilas de las hojas del tallo principal.

A dos tallos: denominado también a dos brazos, para lo cual se deja, preferentemente, el hijo fuerte que está situado debajo del primer racimo y se deshija el resto de los brotes o hijos que se forman en ambos tallos.

En Cuba no es común la conducción a dos tallos en híbridos indeterminados de tomate. Es una práctica adoptada solo para cubrir fallos de la población como una compensación a posibles pérdidas en el rendimiento.

¡Atención!

Cuando se adopta la conducción de la planta de tomate a dos tallos, hay que ajustar previamente la densidad de plantación.

Los cultivares de tomate tipo Cherry son manejados a uno, dos tallos o más tallos, en dependencia del cultivar y la experiencia del productor, con el uso de tutor, sistema holandés o también con espaldera con crecimiento libre.

Conducción de cultivares determinados

- Los cultivares de crecimiento determinado se conducen a dos tallos, al dejar un hijo por debajo del primer racimo de la planta, que es el más fuerte. Estos dos tallos son muy vigorosos, y dan la apariencia que la planta posee dos tallos principales casi iguales. De cada uno de ellos se deja crecer otro hijo después del primer racimo, el resto de los hijos que broten se eliminan, y así los dos tallos van creciendo en altura. Como resultado se logra un mayor número de racimos por planta y una producción máxima temprana y de alta calidad comercial.
- También pueden ser guiados a un solo tallo, al dejar un hijo seguidor por encima de los dos o tres primeros racimos del tallo principal, antes de que la planta se determine. A este hijo seguidor se le deja el hijo por debajo del segundo o tercer racimo y así en forma sucesiva. El objetivo de este método, es lograr un mejor follaje y que la planta crezca en altura, como si el tallo principal no se hubiera determinado.

Ambos tipos de conducción posibilitan que el follaje no sea exuberante, que dificulte las aplicaciones foliares de productos, las renovaciones de aire y el trabajo manual de los obreros.

En la actualidad, con la introducción de nuevos cultivares altamente productivos, hay un retorno a la conducción de las variedades determinadas de tomate por el método de **espalderas**, el cual consiste en sostener el follaje mediante cordeles que se ubican a lo largo de la hilera de plantas por ambos lados, con una separación de 0,20 a 0,30 m de altura, para que las ramas no caigan hacia los pasillos por el peso de los frutos.

En este sentido en cada cantero se ubican entre tres y cuatro líneas de cordeles (cada línea posee dos cordeles, uno por cada lado de la hilera de plantas), según la altura que alcancen las plantas y cada 1 m se ubica un cordel en posición vertical amarrado al alambre de tutorar que va uniendo los cordeles que están colocados longitudinalmente con la ayuda de un perchero de alambre de una longitud de 0,15 m.

En los extremos de cada cantero se deben ubicar "madres" de madera para sostener las líneas de cordeles. En caso de casas de cultivo donde su sistema de tutorado no esté firme, se pueden ubicar cada 2,5 m "madrinas" que sostengan la espaldera.

Las yemas axilares que están por debajo del primer racimo se podan, a partir de este momento el crecimiento es prácticamente libre, solo se realiza una poda a discreción cuando el follaje es muy exuberante. En ocasiones el follaje dificulta la aplicación de hormonas, por lo que se emplea más tiempo en realizar esta labor. En estos casos una alternativa sería la aplicación foliar de productos que estimulen el cuaje como Mudra Extra.

Baje de las plantas

- Es en extremo útil en cultivares indeterminados de tomate, para favorecer el cuajado de los frutos, sobre todo en primavera-verano, que ocurren temperaturas superiores a 40 °C en el interior de las instalaciones, ya que al bajar la planta los racimos florales se colocan a una menor altura, donde la temperatura es entre 2 a 3 °C inferior, lo que resulta más favorable para su fructificación.
- La labor de baje se realiza cuando la planta alcanza una altura entre 1,80 a 2,00 m, momento en el cual emitió el quinto o sexto racimo. El baje de planta se debe hacer con cuidado según su inclinación de manera que la yema terminal de la misma quede situada a una altura entre 1,00 y 1,20 m, del suelo, aproximadamente.
- En la época de primavera-verano resulta conveniente mantener la planta a una altura en que su yema terminal esté situada alrededor de 1,20 m del suelo.
- Previo al baje, a la planta se le practica una poda a las hojas caducas inferiores (ver deshoje).
- Realizar un oportuno y adecuado manejo posicional de los laterales de riego en relación con el baje de las plantas. Un primer movimiento, al

momento del trasplante, el segundo de 10 a 12 días después del trasplante y un tercero 30 días después del trasplante.

- Realizar el movimiento definitivo de los laterales de riego antes que el tallo de la planta enraice en la parte que está en contacto con el suelo.
- Por lo general antes del baje de la planta se practica un decapitado parcial, que consiste en eliminar la yema terminal de la planta y dejar un hijo seguidor (yema lateral que muestre buen vigor). Con esta labor la planta detiene su crecimiento en altura, prioriza el engorde y maduración de los frutos. Esta labor permite la cosecha de los frutos ubicados en los racimos inferiores y posteriormente bajar la planta sin dañarlos.

Los alambres del tutorado superior de los canteros, deben estar separados uno de otro, a una distancia no menor de 1,00 m y hasta 1,20 m, lo cual contribuye a que las plantas guiadas hacia los mismos desde la hilera central de plantación (una a la izquierda y otra hacia la derecha), funcionen como una doble hilera y queden separadas entre ellas, lo cual permite una mejor ventilación y un manejo de cultivo más eficiente.

Polinización

En condiciones del cultivo protegido en clima tropical la polinización de las solanáceas y en especial el cultivo del tomate es insuficiente debido a las condiciones meteorológicas en el interior de las casas de cultivo, destacándose entre ellas: exceso de humedad relativa y altas temperaturas, así como a la falta de viento o insectos polinizadores que favorezcan la fecundación. Se requiere mejorar el proceso de polinización a través del manejo climático de las instalaciones y varios métodos descritos a continuación:

Vibrador

El vibrador o "abeja eléctrica" es un equipo sencillo que funciona con batería y se emplea como una técnica auxiliar que se utiliza para provocar el desprendimiento de los granos de polen al estigma y favorecer la fecundación. Para su uso eficiente se sugieren los siguientes pasos:

1. Emplearlo en la campaña de invierno, debido a que el polen de las flores del tomate es viable pero se desprende con dificultad debido a la alta humedad ambiental. Se recomienda aplicar el vibrador cuando se comprueba que el polen se desprende de las flores, lo cual se realiza con el auxilio de un material de color negro, sobre el cual se golpean las flores y se observa visualmente la presencia de polen. Esta labor se realiza a diario.
2. El desprendimiento del polen está relacionado con la humedad relativa, por lo tanto su ocurrencia no tiene horario fijo. Se sugiere realizar pruebas de presencia de polen entre 9 y 10 a.m. Tan pronto se verifique el desprendimiento del polen comenzar con la actividad de vibrador. Con la aplicación efectiva de esta técnica se produce un incremento en la fructificación de la planta y del rendimiento del cultivo. Se recomienda conservar el vibrador cargado en un lugar seco y fresco.

Si no se dispone temporalmente de vibrador eléctrico, otras alternativas a emplear, son:

- Vibrar de forma manual el ramillete floral, para lograr el desprendimiento del polen y el cuajado de los frutos.
- Por vibración mecánica con sucesivos golpes al alambre o tutor superior de la plantación, mediante la utilización de una vara, para hacer desprender el polen de las flores.
- Aplicar aire a las hileras de plantas florecidas con el auxilio de una asperjadora de motor, con lo cual también se aumenta el cuajado de los frutos.

Hormonas

Cuando las temperaturas sobrepasan los 36 °C, durante el verano generalmente no hay producción de polen en el cultivo del tomate o el polen producido no es viable, por lo cual se recomienda la aplicación de hormonas reguladoras del cuajado del fruto.

- La aplicación de hormonas se realiza preferentemente al atardecer (después de las 4:00 p.m.) en busca de temperaturas más frescas, mayor número de flores abiertas, o en el horario de la mañana después de la caída del rocío y a temperaturas inferiores a 30 °C.
- Se recomienda sólo el uso de productos registrados en el país.

Producto	Dosis (mL/L)	Frecuencia
Procarpil Hormotón	4-5	Dos veces por semana

- El producto se aplica con un aerosol especial. Se coloca la mano del operario detrás del racimo para impedir que la nebulización del producto haga contacto con el follaje de la planta y le cause toxicidad a la misma. Para su aplicación se emplea únicamente agua destilada o agua de lluvia.
- El suelo debe poseer buena humedad.
- No deben repetirse aplicaciones a una misma flor, pues puede provocar frutos muy grandes y deformados.
- Las hormonas deben aplicarse con estricto cuidado y según la dosis establecida.

Existen variedades de tomates que fructifican en condiciones de altas temperaturas y esto constituye un reto permanente para el mejoramiento genético en condiciones tropicales.

¡ATENCIÓN!

Durante los meses de septiembre y octubre, debido a efectos del clima en el país, y a la ocurrencia de sucesivos días nublados y alta humedad del aire, el polen de las flores del cultivo del tomate no se desprende con facilidad, por cuanto la efectividad de aplicar vibrador no es buena y es conveniente combinar su uso con la aplicación de hormona, para lograr un alto porcentaje de frutos cuajados en este cultivo.

En los meses señalados se manifiestan temperaturas más bajas, en comparación con las que prevalecen en pleno verano. Sin embargo, a pesar de esas temperaturas más favorables, hay que aplicar hormona, para aspirar a obtener buenos rendimientos en el cultivo del tomate.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener la conformación del cantero.
- Mantener los pasillos de los canteros libres de plantas arvenses.
- Manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

Aporque

El aporque de las plantas constituye una alternativa de manejo cultural para el cultivo del tomate, ya que beneficia la emisión de raíces en la zona basal del tallo, que sirven de anclaje a las plantas.

Un nuevo tipo de aporque se realiza cuando se utiliza una sola hilera sobre el cantero. En el momento que el tallo de la planta cae sobre la superficie (plato) del cantero en dirección al borde del mismo, se hace un pequeño surco paralelo, a lo largo del tallo rastrero de la planta, éste se coloca en el mismo y se cubre con suelo. El objetivo es que el tallo emita nuevas raíces adventicias, que ayuden a mejorar la fisiología del cultivo.

5.1.4. Cosecha y postcosecha

Orientaciones generales para la recolección

- La labor de cosecha se inicia alrededor de los 55 a 65 días posterior a la plantación, depende del cultivar y la época del año.
- El tomate se cosecha de forma manual observando buenas prácticas agrícolas. Al fruto se le aplica una ligera torsión y a la vez se hala para desprenderlo de la planta. Cuando el fruto es inmaduro, se recomienda sostener el pedúnculo para no halarlo mientras se aplica la torsión, y se evita ocasionar daños a la planta. Los frutos se desprenderán de la planta por su pedúnculo, se conserve o no el mismo, según el destino del mercado.
- El momento más favorable para la cosecha es durante las horas tempranas de la mañana, una vez que haya desaparecido la humedad en la superficie de los frutos.
- Los frutos recolectados deben ser típicos de la variedad, estar sanos, limpios sin daños mecánicos, heridas o por plagas, exentos de olores y sabores extraños.

- Los frutos cosechados no deben de estar expuestos a altas temperaturas aunque sea por poco tiempo, pues pierden su firmeza y pueden ocurrir daños en su epidermis, por lo que resultan más susceptibles a los ataques fungosos durante su transportación.
- Según el mercado en que se comercializa, el criterio de cosecha del fruto varía, como se detalla a continuación: Si se va a comercializar como producto fresco en el mercado nacional, lo ideal es cosecharlo en estado de "sazón avanzado" o grado 2 (inicio del color rosado en el extremo pistilar), porque este tomate con buena firmeza podrá soportar el manejo desde la cosecha hasta que llegue al consumidor, mejor que un fruto maduro o sobremaduro.



1. Sazón o madurez fisiológica del tomate 100 % color verde, con cáliz de color beige en el extremo donde cae la flor.



2. Sazón avanzado: hay cambio de color hasta un máximo de 10 % (rosado o amarillo).



3. Pintón inicial: desarrollo del color amarillo, rosado o rojo, superior a 10 %, pero inferior a 30 %.



4. Pintón medio: desarrollo del color amarillo, rosado o rojo superior a 30 %, pero inferior a 60 %.



5. Pintón: desarrollo del color rosado o rojo superior a 60 %, pero inferior a 90 %.



6. Maduro firme: desarrollo del color rojo firme superior a 90 %.

Fuente: Suslow y Cantweel, 2001.

Fig. 5.5. Clasificación de los frutos de tomate, según su grado de madurez o color.

- Si el tomate se va a comercializar en el mercado de exportación, debe cosecharse cuando aún está de color verde (grado 1). Este es el tomate llamado "verde-maduro" en el mercado internacional (madurez fisiológica), al picarlo se observa que las semillas estén completamente desarrolladas y el material gelatinoso ya se ha desarrollado al menos en un lóbulo. Cuando se trata de cultivares extra firmes la madurez no se expresa según el patrón mencionado, por lo que se recomienda cosecharlas cuando la superficie tenga por lo menos 30 % de color rosado (grado 3).

- Los frutos se manipularán siempre con sumo cuidado, se colocan en las cajas limpias de cosecha en una o dos camadas como máximo, sin golpes bruscos, con cuidado que “estrellas” o pedúnculos no perforen y dañen los frutos aledaños. Estos no deben exponerse al sol, pues pierden su consistencia sin recuperarla después y se afecta la calidad comercial.
- Las cajas deben ubicarse sobre tarimas de maderas u otro soporte según las buenas prácticas agrícolas, para evitar la contaminación del producto, por el contacto directo con el suelo. Una vez llenas las cajas se transportarán al centro de beneficio.
- El beneficio implica la limpieza, selección, clasificación y embalaje de los frutos. Se debe efectuar en una instalación limpia, fresca y ventilada. Lo más aconsejable, es el beneficio mecanizado, por su rapidez, comodidad y sobre todo por su economía.
- Durante esta labor se separarán los frutos con defectos, como: daños mecánicos o por insectos, roturas fisiológicas, deformaciones, anomalías en la coloración y diámetro no aceptable para la comercialización, según la norma vigente. Los frutos quedarán desprovistos de toda suciedad, como tierra, residuos de plaguicidas, etc., no se empleará agua para lograr este objetivo.

Los tomates se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación: NC-735-1:2009 y NC 735:2018.

Categoría “Extra”

Los tomates de esta categoría deberán ser de calidad superior. Deberán tener la pulpa firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.

Los frutos deben ser uniformes en cuanto al tamaño. Su coloración, según el estado de madurez, deberá ser aquella que les permita satisfacer los requisitos establecidos. Deben estar exentos de hombro verde u otros defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

Categoría I

Los tomates de esta categoría deben ser de buena calidad, tener la pulpa suficientemente firme, y su forma, aspecto y desarrollo con características de la variedad. Deben ser uniformes en cuanto al tamaño y estar exentos de grietas y de hombro verde visible. Se permite frutos con defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- Un ligero defecto de forma y desarrollo.
- Un ligero defecto de coloración.
- Defectos leves de piel.
- Magulladuras muy leves.

Además los tomates “asurcados” podrán presentar:

- Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 1 cm de longitud.
- Protuberancias no excesivas.
- Un pequeño ombligo que no presente suberización.
- Suberización del estigma no superior a 1 cm.
- Una cicatriz lineal cuya longitud no exceda de los dos tercios del diámetro máximo del fruto.

Categoría II

Esta categoría comprende los tomates que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que satisfacen los requisitos mínimos especificados.

Los tomates deberán ser suficientemente firmes (pero podrán ser ligeramente menos firmes que los clasificados en la Categoría I) y no deberán presentar grietas sin cicatrizar.

Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los tomates conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- Defectos de forma, desarrollo y coloración.
- Defectos de la piel o magulladuras, a condición de que no afecten seriamente al fruto.
- Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 3 cm de longitud para los tomates redondos, “asurcados” u oblongos.

Además, los tomates “asurcados” podrán presentar:

- Protuberancias más acusadas que las admitidas en la Categoría I, pero sin llegar a la deformidad.
- Un ombligo.
- Suberización del estigma no superior a 2 cm
- Una cicatriz del pistilo fina de forma alargada (similar a una costura).

Envasado

Los tomates deberán envasarse de manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos, estar limpios y ser de calidad, que evite cualquier daño externo o interno a los frutos.

Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico. Se cumplirá, además, todo lo establecido en la NC 452: 2014.

Los tomates deben disponerse en envases que se ajusten a la NC 517 Código Internacional de Prácticas Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas.

Los envases deberán reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar la manipulación, transporte y conservación apropiada de los frutos. Deben estar exentos de cualquier material y olor extraño. Se cumplirá, además, todo lo establecido en la NC 452: 2014.

Los frutos se envasarán en cajas de cartón, de plástico o madera, que no posean partes punzantes que afecten la calidad del producto.

El envasado se efectuará, en todos los casos, por categorías o calidades tratando de lograr la mayor uniformidad en cada caja en tonalidad o color.

Transporte y manipulación

Los tomates se transportarán en vehículos protegidos y limpios. No se permitirá transportar el producto junto a sustancias tóxicas o corrosivas, no deben utilizarse para otros usos (cargar animales, productos químicos y otros productos) que puedan contaminar los frutos.

Durante la manipulación se evitará que el producto sufra golpes que puedan ocasionar deterioro o afectación. El transporte debe ser inspeccionado antes de proceder a cargarlo. Se cumplirá todo lo establecido en las NC 454: 2014 y NC 455:2015.

Las condiciones de transporte pueden dañar la calidad de los frutos y restarle vida comercial. Algunas de las prácticas inadecuadas son:

- Mal acomodo del producto dentro de los empaques en los vehículos de transporte.
- Mal sistema de suspensión y estado general del vehículo en que se transporta el producto.
- Exceso de velocidad del transporte en relación con las características y el estado de las vías de comunicación.
- Problemas de clima, tiempo, altas temperaturas y mala ventilación durante el transporte de cargas mixtas no aceptables.
- Higiene deficiente en los vehículos.

Condiciones del transporte

Es recomendable realizar el transporte local en las horas más frescas del día (en un plazo no mayor a cuatro horas después de la cosecha), en vehículos protegidos contra la incidencia directa del sol y de la lluvia, con buena ventilación y aireación. El transporte hacia otros mercados se efectuará bajo refrigeración. La temperatura recomendada para su transportación es de 12 °C.

Cuando se transportan cargas mixtas con distintos tipos de productos, es necesario analizar la compatibilidad entre los mismos y a la vez, asegurarse de que todos los frutos estén en buen estado, para evitar la proliferación de hongos y de otros microorganismos.

Las cajas se almacenarán colocando un número máximo de cinco en altura, para evitar daños por aplastamiento. NC- 492:2014 y NC- 454:2014.

Almacenamiento y conservación

Después de recolectados los productos se protegerán del sol y de la lluvia, hasta su transportación, lo cual no debe exceder las ocho horas desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora. Se cumplirá lo establecido en la NC-492: 2014.

Los tomates se almacenarán en lugares limpios, frescos y secos, a temperatura ambiente, bajo techo. No se permitirá almacenar el producto junto a sustancias tóxicas, peligrosas o inflamables.

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 10 – 12 °C, con una humedad relativa de 85–90 %. El tiempo dependerá del estado y destino del producto.

- El producto almacenado en frío deberá contar con una temperatura interna inferior a los 25 °C, de ser más alta debe dejarse reposar hasta lograr su disminución.
- Los frutos de tomate con características de larga vida, procedentes de plantaciones con buena agrotecnia, beneficiados y manipulados como se ha indicado anteriormente, soportan adecuadamente un período de almacenamiento refrigerado hasta 25 días, cuando son cosechados en estado pintón, sin afectarse sus propiedades comerciales.
- Además se cumplirá con lo establecido con la norma cubana de calidad: NC-492:2014

Rendimiento

El rendimiento esperado en el cultivo del tomate es de 150 a 200 t/ha/año. En la campaña de invierno el rendimiento debe estar entre 110 y 130 t/ha, mientras que en la campaña de primavera-verano el rendimiento debe oscilar entre 50 y 70 t/ha. Éste dependerá del cultivar utilizado, la fecha de plantación y las prácticas de manejo aplicadas. El rendimiento por año se obtiene sobre la base de dos ciclos del cultivo del tomate por año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho, F. (Coordinador). 2003. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar., Almería- ISBN: 84-95531-17-8 (Obra completa). 775 p.
- Casanova, A., Pupo, F.R., Aranguren, D., Gómez, O., Depestre, T., Cardoza, H., Hernández, M., Planas, A., Igarza, A., Castro, J.A. (2004). Invernaderos: La experiencia cubana. Revista del Proyecto N° XIX.2. Estructuras de Protección para Zonas Intertropicales, CYTED, España (19)2: 109-130.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Casanova, A., Gómez, O., Depestre, T., Pupo, R., Cardoza, H., Hernández, M.I., Aranguren, D., *et al.* (2007). El cultivo protegido de hortalizas en Cuba: Avances y retos. En Memorias del IX Congreso Iberoamericano de Plásticos en la Agricultura y Protección Ambiental (CIDAPA-Venezuela).

García Elizondo, F. (2018). Tomates. Conferencia Magistral. Proyecto PAAS 2-Cuba y Empresa RIJK ZWAAN, Guatemala. Lugar: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Mayabeque, Cuba.

Giaconi, V. y Escaff, M. (2004). Tomate. En: Cultivo de hortalizas. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. :267-287.

Gómez, O., Casanova, A., Álvarez, M., Moya C., et al, 2010. Producción de tomate en el trópico: Innovación tecnológica durante el periodo revolucionario. Premio Nacional a la Innovación Tecnológica 2010. CITMA. La Habana.

Gómez, O., Casanova, A., Laterrot, H. y Anaís, G. (2000). Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. MINAG.

Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Colombia: Editora FAO, CORPOICA. 331 p.

Langlais, Ch. y Ryckewaert, Ph. (2002). Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda. Edición CIRAD-FLHOR, Martinica. ISBN 2-87614-417-4. 90 p.

López Marín, L. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, 126 p.

MINAG, 1999. Manual para casa de cultivo protegido. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" y Asociación Nacional de Cultivos Varios, MINAG. La Habana. 67 p.

NC 517:2007. Código internacional recomendado de prácticas para el envasado y transporte de las frutas y hortalizas frescas.

NC 452:2014. Envases, embalajes y medios auxiliares. Requisitos sanitarios.

NC 454:2014. Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios.

NC 455:2015. Manipulación de alimentos. Requisitos sanitarios.

NC 492:2014 Almacenamiento de alimentos—Requisitos sanitarios.

NC 735-1: 2009 Tomate—Especificaciones.

NC 735:2018 Tomate—Especificaciones (en revisión).

Terry, E. (2007). Alternativas ecológicas para la producción de tomate en sistemas de cultivos protegidos. Revista Agrotécnica de Cuba, 31 (1): 2-3



Cruzamiento en tomate.



Mejoramiento genético en el IHLD.



Tomate variedad Alty.



Producción de híbridos en tomate.



Variedad de tomate tipo Cherry. Cosecha en racimo.



Tomate en racimo.



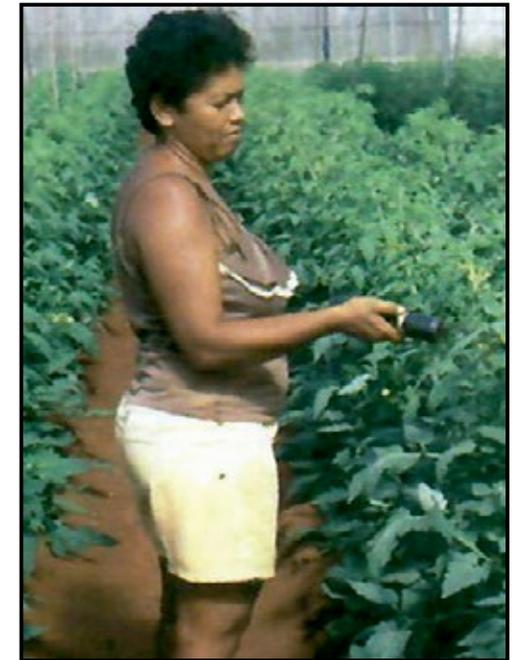
Seis canteros por casa.



Colocación de presillas para el tutorado.



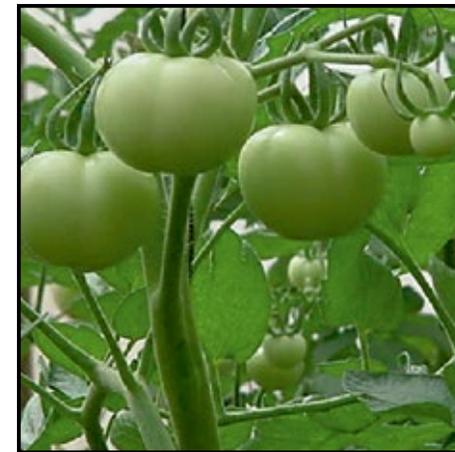
Vaivén.



Polinización con vibrador.



Realizando el tumbado de plantas.



Atraso en la poda de frutos.



Decapitado final.



Variedad de crecimiento determinado.



Forma de colocación del perchero en espaldera; dos cordeles laterales y uno vertical.



Deshoje por encima de los racimos.

5.2. PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)Familia: *Solanaceae*Julio C. Hernández Salgado, Tomás Depestre Manso
y Antonio S. Casanova MoralesInstituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.**5.2.1. Introducción**

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo de la familia Solanácea, originario de Suramérica (Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Chile). Se consume fresco o cocinado de numerosas formas y se elabora por la industria conservera, que genera numerosos productos.

La planta es herbácea, perenne que se cultiva como anual. Su porte es variable, con una altura alrededor de 0,5 m en variedades cultivadas al aire libre, mientras que algunos híbridos alcanzan 2 m o más de altura, bajo sistema de cultivo protegido.

El sistema radical es pivotante y profundo, en dependencia a las características del suelo, con numerosas raíces que se desarrollan lateralmente, a una longitud entre 0,50 y 1,0 m. El tallo de la planta tiene un crecimiento limitado y erecto. En la "cruz" emite de dos a tres ramificaciones, según el cultivar y luego continua ramificándose de forma dicotómica durante todo su ciclo. No emite raíces adventicias.

Las hojas son enteras, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo, se insertan en el tallo de forma alterna. Su tamaño es variable, según el cultivar que se trate. Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas, con una corola blanca. La polinización es autógama, pero puede presentarse un porcentaje de alogamia no superior a un 10 %. El fruto del pimiento es una baya hueca, de tamaño, peso y colores variables (verde, rojo, amarillo, anaranjado, violeta).

Las temperaturas óptimas para diferentes fases de desarrollo del cultivo son: germinación 20–25 °C, crecimiento vegetativo 20–25 °C (día) y 16–18 °C (noche), floración y fructificación 26–28 °C (día) y 18–20 °C (noche). La humedad relativa óptima para el cultivo oscila entre el 50 % y el 70 %. La ocurrencia de valores de HR más elevada, puede favorecer el desarrollo de enfermedades al follaje y dificultar la fecundación. El pimiento es un cultivo exigente a la luz durante las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo.

Referente al suelo, se considera más exigente que el cultivo del tomate. Requiere suelos profundos y un determinado nivel de MO. Prefiere suelos franco arenoso o franco con buen drenaje, lo que evita enfermedades en las raíces. Los valores de pH del suelo recomendados varían entre 6,5 y 7.

Cuadro 5.2.1. Características de los principales híbridos comerciales de pimiento

CULTIVAR	PROCEDECENCIA	FRUTO				RESISTENCIA	
		Color en la maduración	Forma y tipo	Pericarpio	Peso (g)		Lóbulos (Nº)
Robur	ENZA ZADEN	Rojo	Rectangular Lamuyo	Grueso	250	3 - 4	AR: Tm 0-3 RM: TSWV 0
LPD-5	IIHLD Cuba	Rojo	Rectangular Lamuyo	Grueso	200	3 - 4	AR: TMV, PVY
Sol	HAZERA	Amarillo	Cuadrado Blocky	Grueso	180	3 - 4	AR: TMV
Clair	ENZA ZADEN	Rojo	Blocky	Grueso	220	3 - 4	AR: Xv 1-3/PVY 0-1/ Tm 0 RM: TSWV 0 / TEV

LEYENDA

TMV = Virus del mosaico del tabaco
 TSWV = Virus del bronceado de tomate
 Tm = Tobamovirus
 TEV = Virus del grabado del tabaco
 AR = Alta resistencia
 RM = Resistencia Moderada
 PVY = Virus Y de la papa
 Xv = *Xanthomonas vesicatoria*

5.2.2. Cultivares recomendados

En la producción de pimiento bajo cultivo protegido sólo se utilizan híbridos F₁, ya que son los cultivares que mejor se adaptan a este sistema de cultivo. Las características de los principales cultivares de pimiento utilizados en el sistema de cultivo protegido de hortalizas en Cuba aparecen reflejados en el cuadro 5.2.1.

5.2.3. Manejo agronómico

El manejo agronómico del cultivo del pimiento está en dependencia del tipo de fruto empleado. Los de tipo Lamuyo o Blocky son los pimientos más utilizados en los sistemas de cultivo protegido en Cuba. Las variedades de pimiento tipo Lamuyo se conducen generalmente con espaldera (ver el tema de espalderas en el Capítulo V), al dejar crecer cuatro tallos fuertes a partir de la primera bifurcación.

Las variedades de pimiento tipo Blocky se manejan por lo general a dos tallos y todas las ramas improductivas se eliminan. Los cultivares de pimiento utilizados en los sistemas de cultivo protegido en el país son altamente productivos, con hábito de crecimiento erecto que pueden alcanzar una altura de 2,50 m y un ciclo productivo de 240 días o más.

Densidad y esquema de plantación

La densidad de plantación depende de diversos factores, tales como: el cultivar empleado, marco y época de plantación, número de canteros por instalación y manejo de la poda, entre otros. El pimiento es la especie que se cultiva con la más alta densidad de población en el sistema de cultivo protegido en Cuba, pudiendo llegar a 3,56 plantas/m².

Para el cultivo del pimiento también se utilizan las variantes de número de canteros por instalación que se emplean para el cultivo del tomate, con similares características en las dimensiones que se muestran en los cuadros y figuras del acápite 5.1.2.2. La distancia entre plantas cambia sustancialmente, está entre 0,10 y 0,14 m para los tipo Blocky (3,3–3,6 plantas/m²) y de 0,12 a 0,20 m para los tipos Lamuyo (2,5 y 2,8 plantas/m²), cultivados con espalderas.

En el caso de la distancia entre plantas de 0,10 a 0,12 m se sugiere el empleo de un esquema de doble hileras separadas solo a 0,15 m, las cuales facilitan la labor de trasplante manual del cultivo.

En la actualidad no se utiliza el esquema de 11 canteros para la casa de 12 m de ancho en la producción de pimiento, ya que no permite un adecuado manejo cultural de la planta y la aplicación foliar de productos no es eficiente, al ser el ancho de los pasillos demasiado estrecho.

La mayoría de los productores utilizan una hilera sencilla, en el centro del cantero y de cuatro a seis canteros por casa de 12 m de ancho. Las plantas se conducen hacia los bordes del cantero de forma alterna, éstas quedan como si fuera una doble hilera de plantas que permiten un mejor manejo del cultivo.

Tener cuidado de no guiar las ramas de las plantas hacia hileras diferentes, ya que las mismas pueden quebrarse. Este esquema de plantación facilita la conducción con “espalderas”.

Esquemas de plantación del pimiento con tutorado tipo Holandés

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,14 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,12 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,10 m entre plantas

Esquemas de plantación del pimiento en espalderas

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,20 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,15 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,12 m entre plantas.

Otros esquemas de siembra o plantación

Para las instalaciones de casas de cultivo diferentes a los modelos A–12 y Granma 1 de 12 m de ancho, se adoptaran esquemas de plantación, acorde con la instalación que se trate, su ancho de gablete o túnel y las distancias entre columnas que presente el modelo correspondiente así como la experiencia local de técnicos y productores.

Tomar en cuenta los principios que sustentan esta alternativa relacionada con una densidad y manejo agronómico adecuados, que mejoren las condiciones del manejo climático en el interior de las instalaciones, el comportamiento fisiológico de las plantas, su sanidad, productividad y el bienestar del personal que a diario labora en el interior de las mismas (ver Capítulo V).

Época de plantación

Son las mismas señaladas para el cultivo del tomate, siendo la época óptima en invierno, desde el mes de octubre hasta el mes de diciembre. Las plantaciones que se realizan en los meses de febrero a junio, con el objetivo de obtener producciones en los meses de la primavera–verano, donde prevalecen las temperaturas más altas del año, mayor radiación solar y mayor evapotranspiración de las plantas, provocan un crecimiento más lento, la disminución de la masa foliar y afectación en la fructificación; se hace muy difícil poder lograr una planta productiva equilibrada.

Una alternativa para superar esta problemática, es alargar el ciclo del cultivo de plantaciones establecidas a finales de la época óptima de la campaña de invierno, para lograr mejores resultados productivos en primavera–verano.

Otra práctica menos generalizada, es realizar una poda de regeneración en los meses de enero a marzo a plantaciones establecidas que culminan su ciclo productivo en buen estado fitosanitario, que con un adecuado manejo permitan realizar un segundo ciclo de producción en primavera-verano, experiencia que se realiza desde hace varios años en los módulos de cultivos protegidos de la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", Matanzas.

Método de trasplante

En el trasplante del cultivo del pimiento, debe tomarse en cuenta que las hojas cotiledonales de las plántulas queden por encima de la superficie del suelo, ya que contrario al cultivo del tomate, esta especie no emite raíces adventicias y la parte del tallo que queda cubierta por el suelo puede ser afectada por patógenos y muestran en ocasiones un color amarillento, lo cual afecta su normal crecimiento y desarrollo. Las plántulas enterradas por encima del par de hojas falsas, difícilmente puedan alcanzar un buen vigor vegetativo.

Las labores de preparación del suelo y de riego (antes y después del trasplante), son similares a las recomendadas para el cultivo del tomate (ver Capítulos II y Capítulo V, acápite 5.1).

Labores culturales

Tutorado

El conocimiento de la arquitectura de la planta y de los diferentes tipos de pimiento, es fundamental para enfrentar un adecuado manejo cultural del mismo, de ahí que según el tipo de cultivar utilizado, se defina el tipo de tutorado a adoptar y la poda más conveniente, teniendo en cuenta que el número de tallos a dejar por planta en el cultivo, debe oscilar entre dos y cuatro.

En los tipo Blocky, se emplea por lo general el tutorado Holandés, para lo cual en Cuba se dejan dos tallos por planta y las mismas se conducen tallo a tallo en posición vertical, a medida que los mismos van creciendo, con la ayuda de un cordel.

En los cultivares tipo Lamuyo la diferencia entre rama productiva e improductiva no es tan marcada. El tutorado se realiza en "espaldera", que consiste en colocar para cada cantero postes de 2,0 m de altura a ambos lados de la hilera de plantas, separados de 6,0 a 8,0 m. A los postes se le sitúan alambres o cordel tomatero longitudinales cada 0,20 m – 0,30 m de altura por cada lado de la hilera de plantas, en la medida que las mismas vayan creciendo, de forma que el follaje quede dentro de los alambres, lo cual evita su caída.

Esta operación debe ser apoyada con un perchero especial para fijar la separación de los cordeles y mantener su altura mediante otro cordel en posición vertical el cual se fija al alambre de tutorar.

Cuando el tallo de la planta de pimiento va creciendo, se bifurca y da origen a dos nuevos tallos, que a su vez se bifurcan y se definen a partir

de ellos nuevos tallos como tales, después de haber crecido un segmento de 10 a 15 cm y así sucesivamente. Para controlar ese ritmo de crecimiento de los tallos de esta especie, se practican diferentes tipos de podas, a partir de la selección del tallo que le dará continuidad al crecimiento de la planta en la primera bifurcación y así sucesivamente. Esta selección se realiza atendiendo al mayor diámetro, longitud y botones florales más desarrollados de la rama, que se le denomina rama productiva.

Podas

La poda es una práctica de cultivo utilizada para lograr plantas equilibradas, vigorosas y productivas, así como que los frutos no queden ocultos entre el follaje de las mismas, se mantengan aireados y secos, a la vez que protegidos de las insolaciones. Otra de las ventajas de la poda en este cultivo es contribuir a mejorar la ventilación en la parte inferior de las plantas y reducir la humedad que propicia la aparición de enfermedades fungosas.

Durante todo el ciclo vegetativo del cultivo del pimiento, se le practican varias formas de podas bien diferenciadas, de acuerdo con el tipo de variedad utilizada, el suelo, la época del año y la experiencia de los productores.

Poda de formación

Se suprimen los brotes por debajo de la primera bifurcación de la planta. Esta es una actividad de gran importancia para el cultivo del pimiento, en ella se decide cuantas ramas dejar, el resto se eliminan escogiendo dejar la rama productiva en las variedades de pimiento tipo Blocky, en las mismas se ha generalizado la conducción de las plantas a dos tallos.

La arquitectura de la planta de pimiento es muy interesante y conocerla permite al productor tomar decisiones importantes en la formación del rendimiento de la planta, que al inicio crece con un tallo y después se bifurca para formar dos, o en ocasiones tres tallos. El crecimiento de la planta se realiza por segmentos de tallos que terminan en una bifurcación, a lo largo de todo su ciclo.

Posterior a que los tallos del pimiento se bifurquen y alcancen, una longitud de alrededor de 10 cm, es el momento de decidir cuál de los dos tallos eliminar y así sucesivamente, hasta alcanzar una altura de 2,00 m o más.

En los cultivares de pimiento tipo Blocky la rama improductiva se poda en el primer nudo, para no permitir el crecimiento más allá de éste, donde se eliminan las yemas vegetativas y las flores, solo se dejan las hojas para que den sombra a los frutos inferiores.

A los tipos Lamuyo se les permite un crecimiento libre de las plantas, con solo una poda a discreción para eliminar el exceso de follaje o se deja cuajar la flor del primer nudo de la rama improductiva y después ésta se poda.

Poda de flores y frutos

Una primera poda, para beneficiar el crecimiento y desarrollo de la planta, se realiza al eliminar la flor cero, formada en la primera bifurcación de la misma. Si se deja cuajar y crecer este fruto, afecta el crecimiento y desarrollo de la planta. Esto se hace solo en una planta que alcanza en el momento del cuaje una gran altura del orden de los 0,35 m y posee un follaje exuberante, con el objetivo de “pararla” y lograr una planta productiva y no vegetativa.

Para producir frutos de un mayor calibre comercial, se precisa no dejar más de un fruto por bifurcación. Otra poda se realiza para eliminar los frutos no comerciales, que son aquellos pequeños, deformados o dañados.

Poda de hoja o deshoje

Es una importante labor que se realiza en este cultivo con el objetivo de eliminar las hojas caducas o enfermas de la planta, a través de todo su ciclo vegetativo.

- El deshoje se realiza como una práctica importante para lograr un adecuado manejo climático del propio cultivo y para mejorar la calidad de los frutos al exponerlos a una mayor radiación solar.
- Esta labor se hace en función del cultivar y su manejo, tipo de instalación y época del año.
- Después de cada labor de deshoje debe realizarse una aplicación de fungicida. Todas las hojas por debajo de la primera bifurcación se eliminan a partir de los 20 días después del trasplante.
- La masa foliar eliminada debe ser extraída de la instalación con el auxilio de bolsas de polietilenos u otros medios adecuados.

Poda de regeneración

Si después de cumplir su ciclo productivo (alrededor de seis meses), la plantación no ha sufrido afectaciones fitosanitarias importantes y mantiene una adecuada densidad de plantación, se puede aplicar la poda de regeneración, que consiste en podar los tallos de las plantas sobre la segunda horqueta. Esta práctica permite que broten y se desarrollen nuevas ramas en la planta y realizar otro ciclo productivo con resultados productivos y económicos favorables, si se aplica un adecuado manejo agronómico a la plantación.

Posterior a cualquiera de las podas realizadas es obligatorio aplicar un tratamiento con fungicida al cultivo, con productos a base de cobre.

Decapitado

Es una práctica que consiste en eliminar las yemas terminales de los tallos de la planta, con el objetivo de detener su crecimiento vegetativo y mejorar el calibre de los frutos.

Se realiza una vez tomada la decisión de concluir el ciclo productivo del cultivo, alrededor de 20 a 30 días antes de su cosecha final.

Planta equilibrada

El manejo en este cultivo, especialmente de la poda y la fertirrigación, tienen el propósito de lograr una planta equilibrada, con un adecuado balance entre el área vegetativa y la fructificación, que beneficie los principales componentes del rendimiento del cultivo (número y peso de los frutos por planta, peso promedio del fruto, así como su distribución en la misma), a lo cual se le denomina **planta productiva**. Este tipo de planta está preparada para brindar buenos rendimientos.

Un mal manejo de la poda en este cultivo, unido a dosis excesivas de riego y fertilización nitrogenada, provoca la expresión de un follaje exuberante, tallos con entrenudos muy largos y poca fructificación, estamos en este caso en presencia de una **planta vegetativa**.

Otro tipo de planta denominada **reproductiva** posee hojas pequeñas, los entrenudos muy cortos, y gran cantidad de frutos cuajados, con poca diferencia de tamaño entre los mismos, todos muy juntos, cerca de la zona apical de la planta. Algunas de las razones de la ocurrencia de la planta reproductiva son: alta conductividad en el fertirriego y dosis de riego deficitaria.

Polinización: con la presencia de abejas (*Apis mellifera*) se mejora la polinización de las flores y se aprecia una mejora del cuaje de los frutos, lo que ayuda a elevar los rendimientos, por lo que es recomendable colocar colmenas en el sistema. También mejora la polinización de las flores de pimiento, golpear ligeramente el alambre de tutorar, para lograr una vibración de las ramas que logre desprender los granos de polen.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener la conformación del cantero.
- Mantener los pasillos de los canteros libres de plantas arvenses.
- Manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

5.2.4. Cosecha y postcosecha

Orientaciones generales para la cosecha y descripción del fruto

La cosecha del pimiento se inicia entre 70 y 75 días posteriores al trasplante, cuando se hace en estado verde y 20 días después cuando se realiza en estado maduro. La cosecha en estado verde, brinda a este cultivo un rendimiento entre un 20–30 % superior a la cosecha en estado maduro.

El horario más favorable para la cosecha es en horas tempranas de la mañana o en las últimas horas de la tarde, la misma deberá realizarse con tijeras para evitar daños en los frutos y plantas.

El manejo de los frutos después de cosechados, su beneficio, selección y limpieza son comunes al señalado para el cultivo del tomate.

Categorías de venta

Los frutos deben ser cosechados a partir de su madurez técnica, desde verde hecho hasta maduro consistente. Para todas las categorías y las tolerancias permitidas, los frutos de pimiento deberán:

- Estar enteros.
- Tener aspecto fresco.
- Presentar la apariencia y el desarrollo característico de la variedad.
- Estar sanos. Se excluirán los frutos afectados de podredumbre o por alteraciones que los hagan no aptos para el consumo.
- Estar libres de daños causados por la exposición al sol.
- Estar limpios, prácticamente libres de materias extrañas visibles.
- Presentar un pedúnculo cuya longitud máxima sea de 1,0 cm.
- Estar exentos de humedad exterior, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.
- Estar libres de plagas o enfermedades que afecten el aspecto general del producto.
- No poseer olores y/o sabores extraños.

Los frutos del pimiento deben presentar un desarrollo y un estado tal que les permitan soportar el transporte, la manipulación y el acondicionamiento, así como responder a las exigencias comerciales en el punto de destino. Estos se clasificarán en tres categorías de calidad, las cuales se describirán a continuación:

Categoría Extra: los pimientos de esta categoría deben ser de calidad superior, firmes, consistentes y presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad y que satisfagan los requisitos mínimos establecidos en las normas.

Categoría I: los pimientos clasificados en esta categoría deberán ser de buena calidad, suficientemente firmes y presentar las características del tipo de la variedad, pero que satisfagan los requisitos mínimos establecidos en las normas.

- No deben mostrar grietas sin cicatrizar.
- Podrán presentar los siguientes defectos leves y daños siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:
 - Deformación y color.
 - Defecto de la epidermis.
 - Daños cicatrizados de hasta 1 cm de longitud.

Categoría II: esta categoría comprenderá a los pimientos que no podrán clasificarse en las categorías superiores, pero que satisfagan los requisitos mínimos establecidos.

- Deberán ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar.
- Los pimientos podrán presentar los siguientes defectos y leves daños siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:
 - Deformación y color.
 - Defecto de la epidermis.
 - Daños cicatrizados de hasta 3 cm de longitud.

Clasificación de los cultivares según su forma

- Cuadrado.
- Rectangular.
- Triangular.
- Alargado.
- Redondeado.

Para su comercialización no se tendrá en cuenta el calibre mínimo de aquellos cultivares que no se recogen en la escala de calibración.

Cuadro 5.2.2. Escala de calibración

TIPO	DÍAMETRO MÍNIMO (cm)					
	Categoría Extra			Categoría I y II		
	Ancho superior	Ancho inferior	Largo	Ancho superior	Ancho inferior	Largo
Cuadrado	10-12	8-10	10-12	8-9	6-8	8-9
Rectangular	10-11	6-8	16-18	7-9	4,0-5,5	10-15
Triangular	9-11		8-10	7,0-8,5		5-7
Alargado	5-6		16-28	4-5		16-28

Tolerancias por calidades y grado de madurez

Categoría Extra: 5 %, en número o en peso, de pimientos que no se correspondan con el grado de madurez establecido y a las características de la categoría, pero que se ajustan a las de la Categoría I.

Categoría I: 5 %, en número o en peso, de pimientos que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la Categoría II y 10 % de los pimientos que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría II: 10 %, en número o en peso, de pimientos que no se correspondan a las características de la categoría indicada y 5 % de los pimientos que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Para la categoría Extra, se aceptará 5 % de los pimientos que no se correspondan al calibre mínimo o máximo establecido, en el resto de las categorías, se aceptará 10 % de los pimientos que no correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al calibre indicado.

Envase

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y contar únicamente con pimientos del mismo origen, variedad, categoría y calibre. Para las categorías extra y de primera deberán ser homogéneos en cuanto a la madurez y el color. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el conjunto, teniendo en cuenta el máximo aprovechamiento, dejando una separación mínima de 2,5 cm entre el producto y el borde superior del mismo, para que permita una correcta manipulación y no se dañen los frutos.

Los envases deberán reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiada de los pimientos y deberán estar libres de cualquier materia y olor extraño.

Los pimientos se envasarán en cajas de cartón, de plástico o de madera que no posean partes punzantes o que desgarran la masa del fruto, que afecten la calidad del producto.

Se permitirá el uso de materiales, en particular papel o sellos con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Además de los requisitos de la norma cubana de calidad: NC 108, se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

- Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto y, por supuesto, con el de la variedad y/o tipo comercial.
- Para los envases no destinados a la venta al detalle, se indicará la naturaleza del producto en letras agrupadas en un mismo lado, marcadas en forma legible e indeleble, y visible desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan al embarque.

Transporte y manipulación

- El producto se transportará en vehículos limpios, protegidos de la lluvia y el sol, el mismo no deberá contener partes punzantes, restos de plaguicidas, ni sustancias tóxicas, se evitará la transportación en las horas de mayor incidencia solar.
- Las cajas se manipularán con cuidado, evitando arrastrarlas y golpearlas.
- Los frutos después de recolectados se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación, la cual no deberá exceder las ocho horas desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora.

Almacenamiento y conservación

El almacenamiento a temperatura ambiente se realizará en locales limpios, ventilados, secos y libres de materiales que puedan afectar al producto, no se permitirá que el sol o la lluvia incidan directamente sobre el mismo. El tiempo dependerá del estado de madurez y destino del producto.

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 6 y 8 °C, con humedad relativa de 85 a 90 % y el tiempo dependerá del estado de madurez y destino del producto.

Rendimiento

El rendimiento esperado en el cultivo del pimiento es de 130 a 150 t/ha/año. En la campaña de invierno el rendimiento debe estar de 90 a 110 t/ha, mientras que en la campaña de primavera-verano el rendimiento oscila entre 40 y 60 t/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. ed). Impreso en INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Depestre, T. (2003). Construcción de multirresistencias a enfermedades virales en el pimiento (*Capsicum annuum*) y su aplicación. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". ACC, Cuba.
- García, F. (2018). Pimientos. Conferencia Magistral. Proyecto PAAS 2-Cuba ofrecida en Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Mayabeque.
- Giaconi, V. y Escaff, M. (2004). Pimiento-Aji (*Capsicum annuum* L). En: Cultivo de hortalizas. Santiago de Chile. Editora universitaria : 244-249.
- Infoagro. El cultivo del pimiento (Primera parte). Consultado 6 de sep. 2019. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>



Híbrido cubano LPD-5.



Cordel abriendo las plantas.



Cuatro ramas bien definidas.



Plantas guiadas hacia el borde del cantero.



Tipo Blocky con ramas improductivas sin podar.



Tutorado Holandés con conducción a dos ramas.



Conducción con espalderas en el cultivo del pimiento, se observa perchero separador.



Uso de espalderas en el híbrido Clair.



Vibrado para la polinización de las plantas.



Planta productiva.



Planta reproductiva.



Pimiento de exportación.

5.3. CHILE HABANERO O AJÍ PICANTE (*Capsicum chinense* Jacq.)

Familia: *Solanaceae*

Julio C. Hernández Salgado¹ y Osmar Méndez de la Fé²

¹ Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

² Especialista en Horticultura. Asesor
del Viceministro primero, MINAG.

5.3.1. Introducción

El chile habanero es originario de América del Sur desde donde fue introducido a Cuba y posteriormente los españoles lo llevaron a Yucatán. Es el único chile que no tiene nombre Maya. Esta especie se clasifica como de clase Angiosperma, Subclase Dicotiledóneas familia Solanácea, género *Capsicum* y especie *C. chinense* Jacq.

Es una planta de ciclo anual, que puede alcanzar hasta 12 meses de vida en dependencia del manejo agronómico. Su altura es variable: puede oscilar entre 1,00 y 2,00 m en condiciones de casa de cultivo. Su tallo es grueso, erecto y robusto, con crecimiento semideterminado. Las hojas son simples, lisas, alternas y de forma lanceolada, de tamaño y color variable, las cuales pueden presentar diferentes tonos verdes, dependiendo de la variedad. Esta especie tiene una raíz de tipo pivotante, que profundiza de 0,40 a 1,20 m, con un sistema radical bien desarrollado, que depende de la edad de la planta, las características del suelo y las prácticas de manejo que se le proporcionan, puede alcanzar longitudes mayores a los 2,00 m.

La floración inicia cuando la planta empieza a ramificarse. La flores son blancas, se presentan solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas. Su número de sépalos y pétalos es variable, de cinco a siete, aún dentro de la misma especie, lo mismo que la longitud del pedúnculo floral.

El fruto es una baya poco carnosas y hueca; tiene entre tres y cuatro lóbulos, las semillas se alojan en las placentas y son lisas y pequeñas, con testa de color café claro a oscuro y su período de germinación varía entre ocho y quince días. Las plantas presentan un promedio de seis frutos por axilas, los cuales poseen un tamaño entre 2 cm y 6 cm. Los frutos son de color verde cuando son inmaduros, y cuando están maduros pueden ser anaranjados, amarillos, rojos o café y su sabor siempre es picante, aunque el grado de picor depende del cultivar. Es una planta autógama que en presencia de insectos puede alcanzar hasta un 10 % de polinización cruzada. Es el chile más picante que existe, al alcanzar entre 200 mil a 350 mil unidades en la escala de Scoville, que se emplea para medir el picor o pungencia de los frutos.

Se ha determinado que el chile habanero logra mayor producción y mejor calidad, determinada por la concentración de capsaicina, en cultivo protegido que a campo abierto. En las condiciones del sur de México bajo el sistema de cultivo protegido con densidades de 2,4 plantas/m² se ha alcanzado un potencial de rendimiento de 120 t/ha. La fertilización no interactúa de forma significativa en la concentración de capsaicina, solo el estrés hídrico

y la aplicación de la hormona citocinina, han influido de forma importante en la concentración de este metabolito secundario.

5.3.2. Cultivares recomendados

Para la producción de chile habanero bajo cultivo protegido en Cuba, se utilizan en la actualidad solo dos cultivares, los cuales han mostrado buena adaptación, resultados productivos y calidad aceptable.

Cuadro 5.3.1. Cultivares de chile habanero

CULTIVAR	FRUTO			
	Color en la maduración	Forma	Peso (g)	Lóbulos (Nº.)
Ajuma rojo	Rojo	Irregular–estriado	15–30	3–4
Ajuma amarillo	Amarillo	Irregular–estriado	15–30	3–4

5.3.3. Manejo agronómico

Los cultivares de chile habanero utilizados en el sistema de cultivo protegido son productivos, poseen un hábito de crecimiento erecto y un ciclo productivo de 300 días, este puede ser más prolongado, si no se interrumiera por la estrategia de mercado.

Densidad y esquema de plantación

La densidad de plantación depende fundamentalmente del hábito de crecimiento de las variedades, el tipo de poda y el número de canteros por instalación. La experiencia obtenida hasta el momento, muestra que las plantaciones con altas densidades han presentado problemas con la sanidad del cultivo, debido a la alta humedad relativa que se genera alrededor del follaje de las plantas, que favorece el ataque de patógenos y crea dificultades para la penetración de los plaguicidas pulverizados en el follaje de las plantas. Además, influye en la calidad de la cosecha y en el tamaño de los frutos, que se quedan pequeños.

Las densidades de plantación más favorables oscilan entre 0,6 y 0,8 plantas/m², lo cual se logra con diferentes arreglos espaciales de las plantas, similares a las descritas en el acápite 5.1.2.2 del cultivo del tomate. Las distancias entre plantas más favorables para este cultivo oscilan entre 0,50 y 0,80 m, con las cuales se han logrado los mejores resultados.

Esquemas de plantación

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,80 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,50 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,50 m entre plantas.

Una hilera sobre el cantero

Con la adopción de la plantación de una hilera sobre el cantero, se logran muy buenos resultados productivos en las diferentes variantes de número de canteros por casa de cultivo de 12 m de ancho. La distancia entre plantas que se utilice tiene la ventaja de facilitar la conducción del cultivo en “espalderas” y la realización de las podas.

Otros esquemas de siembra o plantación

Ver Capítulo V cultivos de tomate y de pimiento.

Época de plantación

La época de plantación del chile habanero en Cuba, está muy relacionada con la temporada de mayor demanda de este producto en el mercado internacional, la cual es entre el 20 de agosto y el 20 septiembre. Los semilleros de esta especie se siembran entre el 20 de junio y 20 de julio; las plántulas tienen un ciclo en semillero de 50 a 60 días.

Método de trasplante

El trasplante en cepellones es el mejor medio de propagación recomendado para este cultivo en el sistema de producción protegida. Para ello deben emplearse plántulas con una altura media de 12–14 cm, seis hojas verdaderas y un diámetro del tallo de 2,5 a 3,0 mm.

La planta del chile habanero no emite raíces adventicias con facilidad, por lo cual las plántulas no deben trasplantarse muy profundas y solo cubrir el taco de cepellón durante el trasplante. Es importante lograr que las hojas cotiledonales de las plántulas, queden por encima de la superficie del suelo.

Las labores de preparación del suelo, conformación de canteros, riego para la plantación y hasta el trasplante, son similares a las recomendadas para el cultivo del tomate. Solo señalar que debe realizarse un pase de subsolador durante la preparación del suelo y preparar canteros bien altos, debido al prolongado ciclo del cultivo.

Labores culturales

Tutorado

El tutorado más utilizado para esta especie es el de “espaldera”, el cual consiste en colocar para cada cantero postes de 2,0 m de altura, separados entre 6,0 y 8,0 m. A los postes se le sitúan alambres o cordel tomatero longitudinales cada 0,30 m – 0,40 m de altura, en la medida que las plantas crecen, de manera que las hileras de plantas queden dentro de los cordeles, para evitar la caída de las plantas o que las ramas de las mismas se quiebren. El exceso de follaje que se produce entre las hileras, no permite lograr una buena cobertura en la aplicación de los productos plaguicidas y el exceso de cuaje, induce a que los frutos no crezcan adecuadamente.

Otra manera de conducir la planta de chile habanero es tallo a tallo, con la ayuda del cordel tomatero, aunque en ocasiones no se amarran todas las ramas, solo las dos más fuertes. Las plantas se conducen en forma vertical, a la medida que estas crezcan en su desarrollo, de ellas salen

ramas secundarias y terciarias que también producen y su crecimiento es controlado mediante podas.

Podas

Se practican tres tipos de poda bien diferenciadas durante su ciclo vegetativo.

Poda de formación: una de las actividades culturales más exigentes en el cultivo del chile habanero es la poda inicial de follaje a la planta, de ahí su importancia. Se suprimen todos los brotes por debajo de la primera bifurcación de la planta, a partir de la cual se dejan crecer dos ramas, cada una de estas ramas se bifurcan, dando como resultado cuatro ramas bien definidas, que se amarran, o al menos las dos más fuertes.

En caso que el cultivo esté conducido con espalderas, de igual forma se dejarán crecer cuatro ramas y no permitir un crecimiento completo libre al resto de las mismas.

Poda de frutos: se realiza para eliminar los frutos no comerciales, que son aquellos que están deformados, dañados o muy pequeños. Los frutos que no se cosechen en su momento óptimo de madurez, deben ser eliminados, pues afectan la producción y la calidad de la misma.

Poda de aclareo: consiste en no permitir que las ramas secundarias y terciarias crezcan libremente, éstas se decapitan entre el tercer y el quinto nudo, para controlar el exceso de follaje y la cantidad de frutos de las ramas y no se afecte el peso promedio los mismos. Además se logra una reducción del follaje, lo cual mejora la sanidad de la planta y la calidad de la cosecha.

A partir de 35 a 45 días después del trasplante, el productor debe estar muy atento a realizar de manera oportuna y sistemática la poda al cultivo de chile habanero, pues el atraso de esta práctica de manejo, permite que las plantas generen demasiado follaje y se requiera el uso tardío de tijeras o en algunos casos de machete, para podar el follaje del cultivo en tales condiciones.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener la conformación del cantero.
- Mantener los pasillos de los canteros libres de plantas arvenses.
- Manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

5.3.4. Cosecha y postcosecha

Orientaciones generales para la cosecha

La cosecha del chile habanero se realiza según las exigencias del comprador externo, lo cual depende del mercado hacia el cual está dirigido, ésta se inicia alrededor de los 90 días posteriores al trasplante, aunque alcanza la plenitud de producción a los 120 días. Los frutos deben cosecharse recién hayan adquirido su color característico y no estén pasados de maduración. El mercado en última instancia, es quién determina el grado de maduración del producto que demandan.

El horario más favorable para la cosecha es en horas de la mañana, con los frutos secos. El producto se trasladada de inmediato hacia el área de beneficio, que debe estar bien ventilada o climatizada.

Cuidar no dañar los frutos durante la cosecha y muy especial el pedúnculo de los mismos, que deben llegar a su destino con su color verde característico, para lo cual en el momento de la recolección se toma el fruto con la mano, tratando de no hacer contacto con el pedúnculo y se tira hacia arriba dando una ligera torsión para que desprenda con facilidad.

Beneficio

La producción de chile habanero en Cuba, se comercializa en estado fresco solo para la exportación. La producción no exportable se destina a la producción nacional de salsas picantes, con muy buena aceptación.

Debe velarse por el correcto estado fitosanitario de las plantaciones de donde provienen estas producciones y tener un riguroso chequeo en la nave de beneficio del producto a exportar. Es importante poseer medios y equipos y personal capacitado para beneficiar los frutos, práctica imprescindible a realizar, para evitar que sea detectada alguna plaga en el país receptor.

Los equipos beneficiadores de frutos de chile habanero más eficaces, son los que emplean chorros de aire para eliminar las plagas. Los que utilizan agua en el beneficio crean la dificultad de que los frutos no se secan por completo, ya que el mismo es muy rugoso y posee muchas aristas, que al mantener la humedad, puede contribuir a la pudrición de los mismos.

Envase

Los envases deberán reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiada de los frutos y deberán estar libres de cualquier materia y olor extraño.

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y contar únicamente con frutos del mismo origen, variedad, categoría y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el conjunto, teniendo en cuenta el máximo aprovechamiento, se deja una separación mínima de 2,5 cm entre el producto y el borde superior del mismo, para que permita una correcta manipulación y no se dañen los frutos.

Los frutos se envasarán en cajas de cartón y los frutos de calibres más grandes no deben estar presionado dentro de la caja.

Transporte y manipulación

- Después de recolectados los frutos, se extraen de las casas de cultivo, y se protegen del sol y la lluvia hasta su transportación, la cual no deberá exceder las ocho horas, desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora.
- El producto se transportará en vehículos limpios, protegidos de la lluvia y el sol, el mismo no deberá contener partes punzantes, restos de plaguicidas, ni sustancias tóxicas; se evitará la transportación en las horas de mayor incidencia solar.
- Las cajas se manipularán con cuidado, evitando arrastrarlas y golpearlas.

Almacenamiento y conservación

El almacenamiento a temperatura ambiente se realizará en locales limpios, ventilados, secos y libres de materiales que puedan afectar al producto, no se permitirá que el sol o la lluvia incidan directamente sobre el mismo. El tiempo dependerá del estado de madurez y destino del producto.

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 12 y 15°C, con una humedad relativa de 85 a 90 % y el tiempo de almacenamiento dependerá del estado de madurez y destino del producto. Bajo estas condiciones puede estar alrededor de 10 días.

Rendimiento

El rendimiento esperado en el cultivo del chile habanero es de 50 t/ha en 10 meses de ciclo de cultivo. Esta especie puede alcanzar más de un año de ciclo vegetativo bajo condiciones protegidas, en dependencia de la demanda externa, que en ocasiones llega hasta finales de junio. En este caso el rendimiento puede superar las 60 t/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Curry, J., Aluru, M., Mendoza, M., Nevarez, J., Melendrez, M., y O'Connell, A. (1999). "Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp" *Plant Science* 148: 47-57.
- Estrada, A. B., Pomar, F., Díaz, J., Merino F. y M. Bernal. (1999), "Pungency level in fruits of Padrón pepper with different water supply". *Scientia horticultural*; 81: 385-396.
- González E. T., Gutiérrez, L. y Contreras, F. (2016). El Chile Habanero de Yucatán. *Revista Ciencia y Desarrollo*. 32: 15-22.
- Medina, F., Echevarría, I., Pacheco, R., Ruiz, N., Guzmán A. y Martínez, M. (2008). Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *HortScience* 4 (5): 1549-1554.
- Proneetha S., Mulhuramalingam S. y Muthuselvi R. (2018). Comparative performance of habanero pepper under open and protected conditions. *International Journal of Chemical Studies*; 6 (2): 1712-1715.

Roy, A., Jolokia, B. (*Capsicum chinense* Jacq): A Review. Int. J. Pharm Sci Res; 2016; 7 (3): 882-889.

Ruíz, N., Medina, L. y Martínez, M. (2011). El chile Habanero: Su origen y sus usos. Comunicación Libre. Ciencia. Julio–septiembre 2011.

Soria, F.M., Trejo, A., Tun, J. y Zaldívar, R. (2002). Paquete Tecnológico para la producción de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Yucatán: Secretaria de Educación Pública/Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal.



Variación genética por falta de mantenimiento varietal.



Variedad Ajuma amarillo.



Variedad Ajuma rojo.



Una hilera sobre el cantero a cuatro tallos por planta.



Perchero para el sostén del follaje en chile habanero.

5.4. BERENJENA (*Solanum melongena* L.)

Familia: *Solanaceae*

Julio C. Hernández Salgado, Tomás Depestre Manso
y Antonio S. Casanova Morales

Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.



Follaje exuberante por falta de poda.



Momento óptimo de cosecha de los frutos.



Sobremaduración de frutos.



Beneficio del chile habanero variedad Ajuma amarillo.



Frutos de chile habanero listos para exportar.

5.4.1. Introducción

La berenjena (*Solanum melongena* L.), es una planta procedente de la India y de zonas tropicales y subtropicales de Asia. Perteneciente a la misma familia botánica del tomate y del pimiento. Se consume de muy variadas formas y se le atribuyen usos medicinales. En Cuba la producción a campo abierto se realiza durante todo el año, fundamentalmente durante el período de primavera-verano. Su rendimiento promedio a campo abierto no supera las 15 t/ha y no se ha logrado un abastecimiento estable y con calidad al mercado, mientras que, para su producción en el sistema de cultivo protegido, no se cuenta con la experiencia suficiente en el manejo agronómico de esta especie, por cuanto los resultados obtenidos no han sido satisfactorios. La superficie de berenjena bajo cultivo protegido en Cuba es de unos 2 000 m².

El aumento del turismo en Cuba, demanda una creciente y diversificada producción de hortalizas, que serán consumidas en estado fresco en la red hotelera del país. Es necesario incrementar la superficie, la producción y calidad de la oferta del cultivo de berenjena durante todo el año. El cultivo protegido de la berenjena puede resolver esta problemática, al garantizar producciones estables y de calidad en períodos en que las condiciones de producción en campo abierto no son favorables para su desarrollo económico.

Las principales exigencias climáticas del cultivo de la berenjena son las siguientes:

Temperatura

La berenjena es un cultivo más exigente al calor que el tomate y el pimiento, soporta bien las elevadas temperaturas, siempre en presencia de una humedad adecuada, llega a tolerar 40 a 45 °C.

Fase fenológica / Temperatura		°C
Germinación	• Mínima	15
	• Óptima	20 – 25
	• Máxima	30 – 35
Desarrollo vegetativo	• Mínima	13 – 15
	• Óptima	20 – 25
	• Máxima	40 – 45
Floración y cuaje		20–30

Humedad

El cultivo de la berenjena es menos exigente a la humedad que los cultivos del tomate y pimiento. La combinación de alta humedad relativa y alta temperatura provocan una floración deficiente y la caída de las flores, por lo tanto se produce una baja fructificación y la disminución del crecimiento de las plantas. El incremento de la humedad relativa produce afectaciones por enfermedades fungosas.

Luminosidad

La berenjena es una planta muy exigente a la luminosidad, requiere de 10 a 12 horas luz. Cuando la luminosidad es deficiente se produce aborto de flores y un crecimiento exuberante de la planta.

Suelo

La berenjena es un cultivo que se adapta a varios tipos de suelo, pues la planta posee un profundo sistema radical. Se desarrolla en un pH de 6-7,5 y es menos resistente a la salinidad del suelo y agua de riego que el cultivo del tomate.

Características y morfología del cultivo

La berenjena es una planta anual, herbácea, con tallos que presentan tejidos lignificados, la planta posee un porte arbustivo. Las variedades comerciales empleadas en el país son de crecimiento indeterminado, conducidas de manera vertical pueden alcanzar una altura de 2 m.

Las hojas están insertadas de forma alterna en el tallo y se caracterizan por ser grandes, enteras y tener un largo peciolo, así como nerviaciones con espinas y el envés cubierto de una vellosidad grisácea.

En las flores el número de pétalos, sépalos y estambres oscilan de seis a nueve. Los pétalos son de color violáceo, el pedúnculo y el cáliz poseen espinas. En la actualidad se han obtenido cultivares sin espina, es una planta autógama, sus flores se autofecundan en un alto porcentaje; sin embargo, ocurren cruzamientos con flores de otras plantas e incluso de la misma planta. Por lo regular la primera flor de la planta aparece en el vértice de la primera bifurcación del tallo principal de la planta. La mayor parte de las variedades florecen en ramilletes de tres a cinco flores.

El fruto es una baya alargada, semialargada, globosa o redonda, de color negro, morado, blanco, blanco jaspeado de morado o verde. Presenta pequeñas semillas de color pardo claro. Su semilla mantiene el porcentaje de germinación entre cuatro a seis años. Un gramo de semillas contiene entre 240 y 300 unidades.

5.4.2. Cultivares

El cultivo de la berenjena en Cuba, se encuentra poco extendido, por ello, no existe en la actualidad una estructura varietal de esta especie para condiciones protegidas. La producción nacional está sustentada sólo en frutos de color morado, de forma globosa o alargada, por cuanto el desarrollo de este cultivo en condiciones protegidas requiere con urgencia la introducción de

otras formas y colores de variedades de esta especie, que respondan a las potencialidades de la tecnología y a las nuevas exigencias del mercado.

En Cuba se comercializan más de cinco variedades de berenjena de polinización abierta, dos de ellas pertenecen al IHLD y se adaptan bien al sistema de cultivo protegido de hortalizas. En pruebas de concursantes se manifiesta un mejor comportamiento de algunas variedades nacionales, que algunos híbridos importados. En los momentos actuales es posible la generalización de la berenjena en el sistema de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, a partir de la introducción de estas variedades, cuyas características se describen a continuación.

Cuadro 5.4.1. Características de las principales variedades cubanas

CULTIVAR	ORIGEN	FRUTO					AR
		Color	Forma	Semilla	Peso (kg)	Vigor	
Larga de verano (LV)	IHLD, Cuba	Morado brillante	Muy alargada	Poca	0,300	Poco vigorosa	TMV
B1	IHLD, Cuba	Morado brillante	Ovalada	Poca	0,350	Poco vigorosa	TMV

LEYENDA

TMV = Virus del mosaico del tabaco

AR = Alta resistencia

5.4.3. Manejo agronómico

Los cultivares que se proponen utilizar en el sistema de cultivo protegido en el país son altamente productivos, con hábito de crecimiento erecto y un ciclo productivo no menor de 240 días.

Preparación del suelo (ver Capítulo III)

Densidad y esquema de plantación

La densidad de plantación depende de diversos factores, tales como: el cultivar empleado, hábito de crecimiento, manejo de la poda, marco y época de plantación y otros. En general, deben lograrse densidades que oscilen entre 0,6 a 0,8 plantas/m² para lo cual se pueden emplear diferentes distribuciones espaciales de las plantas, con hileras sencillas separadas de 2,0 a 3,0 m sobre canteros no menor de 0,30 m de altura, con un ancho de plato de 0,60 m y una distancia entre plantas de 0,5 a 0,8 m.

Esquemas de plantación del cultivo de la berenjena

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,80 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,50 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,50 m entre plantas.

Se sugiere emplear para la berenjena las mismas variantes de número de canteros por instalación de 12 m de ancho, empleadas en el cultivo del tomate con características que se describen en los cuadros y figuras del acápite 5.1.2.2.

Otros esquemas de siembra o plantación

Ver Capítulo V cultivos de tomate y de pimiento.

Época de plantación

El cultivo de la berenjena puede ser plantado durante todo el año. Sus mejores resultados se obtienen durante el período de invierno enmarcado desde septiembre hasta enero. Se sugiere no plantar este cultivo en los meses de marzo y abril, debido a la alta evapotranspiración y radiación solar que afectan su establecimiento.

Método de trasplante

El trasplante en cepellones es el único método de propagación recomendado para el cultivo de la berenjena en el sistema de producción protegida. Para ello deben emplearse plántulas de 38 a 45 días de sembradas, con una altura media de 12 a 16 cm, de cinco a siete hojas verdaderas y un diámetro del tallo de 3,5 a 4,0 mm.

En el momento de la plantación se recomienda profundizar las plántulas hasta la altura del cepellón, similar a lo que se realiza en el cultivo del pimiento, esto se debe a que esta especie no emite con facilidad raíces adventicias y la parte del tallo que quede cubierto por el suelo puede ser atacado por patógenos.

Las labores de preparación del suelo, riego para la plantación hasta el trasplante, son actividades comunes al resto de las hortalizas y descritas en los Capítulos III y V.

Labores culturales**Tutorado de las plantas**

Existen dos formas para tutorar las plantas de berenjena:

- Tutorado holandés: los tallos se conducen guiándolos verticalmente con un cordel tomatero, hacia el alambre tutorado superior. En este caso por lo general se dejan dos tallos por planta.
- Tutorado con espalderas: este método consiste en sostener el follaje mediante cordeles que se ubican a lo largo de la hilera de plantas por ambos lados, a una separación de 0,30 a 0,40 m de altura, al evitar que las ramas caigan hacia los pasillos por el peso de los frutos. Con el uso de las espalderas es más común dejar cuatro tallos por planta y después practicar una poda a discreción. Este sistema se describe con mayor profundidad en el cultivo del tomate (Capítulo V).

Podas**Poda de formación**

Con las podas en el cultivo de la berenjena se consigue lograr una planta más equilibrada en follaje, precoz y con una mejor calidad del fruto. Además, con las podas se mejora la aireación y la radiación luminosa que llega al follaje de la planta.

A los 10 días posteridades al trasplante, las plántulas se decapitan para que se compacte su follaje, con el objetivo de obtener dos tallos lo más uniforme posible, lo cual requerirá un sistema de soporte para tutorarla muy parecido al que se utiliza en el cultivo del pimiento. A partir de estos dos tallos se pueden dejar uno o dos tallos más, lo cual se decidirá antes de la plantación, para escoger la densidad de población acorde al número de tallos a dejar por planta.

De tres a cinco semanas después del trasplante se eliminan las pequeñas yemas que brotan por debajo de la primera bifurcación, que se denominan chupones, también se podan las hojas que se encuentran en esa zona cuando la planta alcanza 1,00 m de altura, esto permitirá un mejor movimiento del aire en la zona basal de las plantas.

A partir del cuaje del primer fruto se decapitan las ramas secundarias a una axila por encima de éste.

Poda de frutos

Es una práctica importante en este cultivo, la cual debe hacerse desde que se detecten los frutos no comerciales por diversas causas.

Las podas se realizan con tijera o cuchillo, ya que los tejidos de la berenjena son muy lignificados, se deja un herida limpia, con el fin de evitar problemas de enfermedades. Después de las podas practicadas es obligatorio aplicar un tratamiento con fungicida, preferentemente a base de cobre.

Poda de regeneración

En el cultivo de la berenjena al igual que en el pimiento se utiliza esta poda, la cual consiste en cortar los tallos principales, dejándole dos o tres yemas a cada uno, cuando estas yemas crezcan se deja la más vigorosa. Se deben crear buenas condiciones agrotécnicas para que los brotes continúen con el vigor suficiente para enfrentar otro ciclo productivo.

Polinización

Las flores de berenjena poseen las partes masculinas y femeninas, la floración y cuajado del fruto comienzan de seis a ocho semanas después del trasplante, aunque las flores se autopolinizan, es necesaria la presencia de abejas para un mejor cuajado del fruto y mayor rendimiento, se requiere una colmena por cada casa de 540 a 2 000 m² o en su defecto buscar métodos alternativos de vibración mecánica de las flores, similar a como se práctica en el pimiento.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener la conformación del cantero.
- Mantener los pasillos de los canteros libres de plantas arvenses.
- Manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

Los pimientos, ajíes y la berenjena **no se aporcan**, debido a que sus tallos no emiten raíces adventicias y un aporque inadecuado puede asfixiar las plantas jóvenes de estas especies.

5.4.3. Cosecha y postcosecha

La cosecha de la berenjena se inicia entre 60 y 70 días posteriores al trasplante, los frutos presentan un color morado brillante. El horario más favorable para la cosecha es en horas tempranas de la mañana o en las últimas de la tarde, la misma deberá realizarse con tijera y con guantes.

Para el manejo y beneficio de los frutos después de cosechados se utilizan prácticas similares, a las del cultivo del tomate, cuyos procedimientos se describen en el Capítulo V.

Rendimiento

El rendimiento en el cultivo de la berenjena es de 60 a 90 t/ha. En la campaña de invierno se puede alcanzar alrededor de 90 t/ha, mientras que en la campaña de primavera – verano, entre 60 y 70 t/ha. En base a dos ciclos de cultivo se puede obtener 150 t/ha/año de este cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramendez, H., J. R., Cardona, C. E., Llano, J.D., Arzuega, E.A. (2006). Caracterización morfológica de la berenjena (en línea) 14p. [fecha de consulta: 16 julio 2014]. Disponible en: <http://www.unicordoba.edu.com/revistas/rta/documentos/11-1/111-1.pdf>.
- Antonini, A., Robles, W., Tessorioli, J. y Kluge, R. (2002). Capacidad productiva de cultivares de berenjena. *Hortic. Bras.* 20 (4):646-648.
- Díaz Pérez, J., Araiza, E., Báez, M., García, R., Muy, M. y Siller, J. (1995). Uso de cubiertas plásticas y baja temperatura de almacenamiento para alargar vida de anaquel de berenjena tipo "Japonesa". Memorias del Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. Hermosillo, Sonora, México. 35p.

FAO. (2014). Berenjena (*Solanum melongena* L) (en línea) 5p. [fecha de consulta: 16 de julio 2014]. Disponible en: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/BERENJENA.HTM.

Fornaris, G. R. 2006. Conjunto tecnológico para la producción de Berenjena. En: Características generales de la planta, variedades, cosecha y postcosecha del cultivo. Estación experimental Agrícola, Río Piedra, Puerto Rico, 83p.

González, J.A., Montes de Oca Rojas, Y. y Domínguez Mesa, M. I. (2007). Breve reseña de la especie *Solanum melongena* L. *Revista Cubana Plantas Medicinales*, 12(3)

Guenkov, G. (1974). Fundamentos de la horticultura cubana. La Habana: Instituto cubano del libro., 73p.

Interempresas. (2014). Cultivo y manejo postcosecha de berenjena. (en línea) 3p. [fecha de consulta: 11 de febrero 2014]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/75506-Cultivo-y-manejo-poscosecha-de-berenjena.html>.

Rodríguez, R. (2014). Caracterización de variables fenológicas, morfológicas, productivas y de postcosecha de dos nuevas líneas de berenjena (*Solanum melongena*, L. var. *esculetum*), para campo abierto. Tesina para optar por el título de Especialista en Producción de Hortalizas, IIHLD, Quivicán, Mayabeque. 59p.

Valenzuela, J. L. (2003). El cultivo de la berenjena bajo invernadero. Tema 17 (:569-587). En: Técnicas de producción en cultivos protegidos. Coordinador: Camacho, F. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, Almería, España - I.S.B.N.: 84-95531-17-8 (obra completa).775 p.



Flores de berenjena.



Variedad Larga de Verano.



Variedad B-1.



Frutos de la variedad B-1.

5.5. PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

Familia: *Cucurbitaceae*

Julio C. Hernández Salgado¹, Juan C. Anzardo Ávila²
y Aleyda Marrero Terán¹

¹ Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

² División Tecnológica de Cultivos Protegidos.
Grupo Empresarial Agrícola (GAG).

5.5.1. Cultivares recomendados

Los híbridos comerciales de pepino que se emplean bajo cultivo protegido poseen la característica genética de ser ginóicos, solo tienen flores femeninas y partenocárpicas, el fruto crece sin que haya ocurrido la fecundación, por lo que no necesitan la presencia de abejas para el cuaje del fruto, a diferencia de las variedades monoicas cultivadas tradicionalmente a campo abierto. Además, estos nuevos híbridos se caracterizan por sus atributos de precocidad y su alto potencial de rendimiento, muy superior al de las variedades tradicionales.

Para esta tecnología se proponen los cultivares siguientes:

Cuadro 5.5.1. Características de los principales híbridos comerciales de pepino procedentes de Israel

CULTIVAR (tipo Beta Alfa)	FRUTO				
	Color	Longitud (cm)	Vigor	Días de la cosecha	Alta resitencia
HA 454	Verde oscuro	14 – 16	Bueno	32 – 35	Px1
HA 436	Verde oscuro brillante	18 – 20	Bueno	32 – 35	Foc; Px1
YA 2005	Verde oscuro	18 – 20	Bueno	32 – 35	Px1
HA 90-05	Verde oscuro	18 – 20	Bueno	32 – 35	

LEYENDA

Px 1 = *Podosphaera xanthii* (Mildiu pulverulento)

Foc = *Fusarium oxysporum* f sp *cucumerinum*

Los cuatro cultivares anteriores se destacan por su precocidad y producción concentrada (Cuadro 5.5.1). El cultivar 'HA 436' posee frutos de mayor grosor que el resto; la planta fructifica muy bien, cuajando un fruto por nudo, lo que facilita su manejo en comparación con el cultivar 'HA 454' que produce varios frutos por nudo.

Ninguno de los híbridos comerciales de pepino señalados, son resistentes ante la enfermedad mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*). El cultivar

'YA 2005' ha demostrado ser el de menor susceptibilidad a esta enfermedad entre todos los cultivares comerciales que se cultivan en la actualidad en el país y además ha demostrado un rendimiento estable. Se han introducido otros cultivares de pepino del tipo Beta Alfa, pero sus resultados no han sido favorables.

Otros híbridos de pepino introducidos en el país son del tipo Slicer (americano), con muy buenos resultados productivos, con alto vigor vegetativo y resistencia moderada al ataque de mildiu vellosa, es necesario ganar experiencia en el manejo de este tipo de cultivar. La falta de aceptación generalizada por parte del turismo debido a su alta firmeza, más el alto valor de la semilla, no contribuye a su generalización. También se han introducido cultivares de pepino del tipo Holandés, pero presentan alto porcentaje de deformación del fruto.

Cuadro 5.5.2. Principales características de pepinos tipos Slicer y Holandés

TIPO	FRUTO			PLANTA	
	Color	Longitud (cm)	Vigor	Días a la cosecha	Observación
Slicer	Verde oscuro	24 – 28	Muy bueno	35 – 38	Mayor vigor y resistencia
Holandés	Verde	30 – 35	Bueno	35 – 40	Tendencia a la deformación del fruto

5.5.2. Manejo agronómico

Numerosos cambios se han introducido al manejo agronómico del pepino bajo cultivo protegido, que tienen que ver con las características de los nuevos cultivares comerciales empleados. El cultivo se maneja de forma vertical en esta tecnología, lo cual le confiere una alta aireación a las plantas, que favorece la disminución de afectaciones por enfermedades fungosas, principalmente el mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*).

Densidad y esquema de siembra y plantación

Depende de diversos factores tales como cultivar empleado, época de siembra o plantación, tipo de suelo y poda a emplear. El esquema de siembra o plantación recomendado para el cultivo del pepino es el mismo que el recomendado para el cultivo del tomate (acápite 5.3.1.).

El pepino es el cultivo que más se favorece con la reducción de la densidad de población que experimentan algunas especies en el sistema de cultivo protegido, ya que su follaje es muy frondoso y establece barreras que impiden las renovaciones de aire en el interior de las instalaciones, incrementa la humedad relativa y como consecuencia es uno de los cultivos que más problemas presenta con las enfermedades fungosas.

Esquemas de plantación del cultivo del pepino

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,30 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,25 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,20 m entre plantas.

Hilera sencilla sobre el cantero

El pepino se siembra o trasplanta a una sola hilera sobre el cantero, guiando las plantas de forma alterna hacia el borde del mismo y desde esa posición se conduce verticalmente con la ayuda del cordel tomatero, dando la apariencia que está plantado a dos hileras. De esta forma el esquema de plantación varía y la densidad de población se mantiene, solo que la distancia entre plantas se reduce a la mitad.

Los alambres del tutorado superior deben separarse a la distancia que se señala en el cultivo del tomate (ver Capítulo V).

Este tipo de conducción no tiene contradicción con las últimas orientaciones de podar todos los frutos y las ramas secundarias del tallo hasta una altura de 0,60 m, ya que esta parte del tallo va a estar en contacto con el suelo y los primeros frutos y hojas de la planta no se verán afectados por el contacto con el mismo.

Otros esquemas de siembra o plantación

Ver Capítulo V cultivos de tomate y de pimiento.

Época de siembra o plantación

El pepino bajo esta tecnología se cultiva durante todo el año. Durante la época de invierno el cultivo presenta mayor afectación causada mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*).

Método de siembra o plantación

El pepino se propaga mediante siembra directa o trasplante de plántulas en cepellones. La siembra directa tiene el inconveniente de ser muy afectada por roedores, por lo que hay que realizar un tratamiento específico para la eliminación de esta plaga 72 horas antes de la misma.

Trasplante en cepellones

El trasplante del pepino en cepellones es una práctica generalizada a nivel mundial en el sistema de cultivo protegido, sin embargo en Cuba, se han presentado algunas dificultades en la calidad de las plántulas, que en la mayoría de los semilleros las posturas se obtienen de dos a tres hojas verdaderas, un ciclo que no supera 15 días al trasplante, por lo general se realiza con escaso sistema radical y poca robustez.

Algunos productores de plántulas han logrado un ciclo de las posturas de pepino en el semillero entre 20 y 25 días, con cuatro a seis hojas verdaderas y altamente lignificadas y un taco del cepellón bien enraizado, con lo cual se logra un mayor porcentaje de supervivencia en el trasplante.

Para obtener posturas con estas características, deben combinarse varias prácticas, entre ellas: el manejo de un riego deficitario, regar solo cuando las posturas muestren ligeros síntomas de marchitamiento, realizar aplicaciones foliares semanales con oxiclورو de cobre, lograr una CE de la solución nutritiva entre 2 y 4 mS/cm en el fertirriego, para obtener mayor robustez y un ciclo más prolongado de las plántulas, así como un taco de cepellón bien enraizado, que facilite su extracción de forma íntegra. Con el uso de bandejas de polietileno, de superficie más lisa que las de poliestireno, se provocan menos daños por adherencia del sistema radical a las paredes del alvéolo y es un complemento para lograr plántulas de pepino de mejor calidad.

Al momento del trasplante, deben estar creadas todas las condiciones para que las plántulas de pepino tengan un alto porcentaje de supervivencia. El suelo del plato del cantero debe estar lo suficientemente húmedo, para evitar pérdidas de plántulas afectadas por deshidratación.

Las actividades que se realizan en la fase de semillero desde el riego hasta el trasplante, son similares a las del cultivo del tomate.

Siembra directa

- Se obtienen excelentes resultados con este método cuando se garantizan las condiciones óptimas para una germinación uniforme de las semillas y se evitan los daños en las mismas que pueden causar algunos insectos y/o roedores.
- Se depositará una semilla por nido,, cubriéndose con una capa de 10 mm de suelo suelto. Es imprescindible conocer el porcentaje de germinación de la semilla empleada, para evitar afectaciones con la densidad de población final.
- Una alternativa para lograr un alto porcentaje de población en la siembra directa es la pregerminación de las semillas, las cuales se llevan al campo con sus radículas bien definidas.
- Resulta imprescindible el mantenimiento sistemático de la humedad superficial del suelo (5–10 cm de profundidad) durante tres a cinco días posteriores a la siembra directa.
- Para lograr el 100 % de la población, sin diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas, se deben sembrar en bandejas cinco días antes de la siembra directa en campo, un 5 % adicional de semillas a establecer en la casa de cultivo, para cubrir los fallos que puedan ocurrir por diferentes causas. Esta siembra en bandejas se realiza en hileras alternas de alvéolos, para asegurar un mejor crecimiento y mayor robustez de las posturas.

Las actividades previas, durante y después del trasplante son similares a las del cultivo del tomate (ver Capítulo V)

Labores culturales

Las principales labores culturales del cultivo del pepino, se describen a continuación.

Tutorado y enrede de plantas

Consiste en la colocación y enrede del cordel en la planta de pepino. Se realiza cuando la misma tiene alrededor de ocho nudos o más y se encuentra en el borde del plato del cantero.

La colocación del cordel puede realizarse de distintas formas:

- Por medio de una presilla plástica que abraza el tallo y fija el cordel a la planta.
- Mediante un cordel o hilo tomatero enterrado a 7 cm de profundidad en el borde del cantero.
- Al amarrar el cordel al tallo de la planta con un nudo corredizo cercano a la yema apical.
- El enrede de las plantas de pepino, es una importante labor que se realiza en el sentido de las manecillas del reloj, en la medida que la misma crece, pasando el cordel por los entrenudos del tallo, entre hoja y hoja de la planta.
- Esta labor se realiza diariamente o cada dos días, ya que en este sistema, el cultivo del pepino puede crecer a un ritmo de 10 cm diario. Tener cuidado con no aprisionar el fruto.

Podas

Prácticas de manejo de cultivo que se realizan para lograr un crecimiento equilibrado del follaje de las plantas y de los frutos, que es muy importante realizar en los nuevos cultivares de pepino cultivados en esta tecnología de producción. Un buen manejo de la poda contribuye a la sanidad vegetal del cultivo, al manejo climático en el interior de la instalación y a lograr un mejor cuajado de los frutos en los diferentes estratos de la planta. Se practican a este cultivo los tipos de poda siguientes:

- De brotes o deshije.
- De flores y frutos.
- De hojas o deshoje.
- De zarcillos.
- De la yema terminal de la planta o decapitado.

Poda de brotes o deshije

- Consiste en eliminar todas las ramas secundarias de la planta desde su base hasta 0,60 m de altura.
- Decapitar las ramas secundarias situadas por encima de 0,60 m de altura, para aprovechar su fructificación en estos nudos.
- Dejar de 5 a 10 ramas secundarias por planta para la formación de un adecuado rendimiento del cultivo, sin que esto afecte el desarrollo de los frutos en el tallo principal.

Poda de flores y frutos

- Se podan todos los frutos en el tallo principal, hasta una altura de 0,60 m.
- En cultivares como 'HA 454' que emiten numerosas flores femeninas y frutos en una misma axila, se realiza una poda de frutos, dejando dos o tres por axila.

- Se podan los frutos deformados y no comerciales, por otras causas, labor que se realiza tan pronto se observan las afectaciones en los mismos.

Poda de hojas o deshoje

Eliminar de manera sistemática las hojas caducas, dañadas enfermas o en contacto con el suelo y las que se encuentran en la parte inferior del tallo, para facilitar la aireación de las plantas a nivel del cantero y contribuir a la sanidad de la plantación.

Antes de efectuar la labor de baje de plantas, se realiza un deshoje previo, aunque las hojas no presenten síntomas de daños deben podarse, para evitar que las mismas se pongan en contacto con el suelo.

Posterior a cada labor de deshoje es recomendable asperjar las plantas con fungicidas de contacto, que contengan cobre, para evitar el ataque de patógenos.

La masa foliar eliminada debe ser extraída de la instalación con el auxilio de bolsas plásticas u otros medios adecuados.

Poda de zarcillos

Esta poda se realiza cuando los zarcillos se fijan al cordel de tutorar y no permiten realizar un buen enrede o baje de la planta y también cuando aprisionan a los frutos o a las hojas.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras, las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, debiéndose tener en cuenta lo siguiente:

- En la ejecución de estas labores debe mantenerse la conformación del cantero.
- Los pasillos de los canteros se mantendrán libres de plantas arvenses.
- Se deben manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

Poda de la yema terminal o decapitado

- Al llegar la planta de pepino a la altura del alambre del tutorado superior, debe pasarse por encima del mismo, por dentro del cantero y dejarla caer hacia el pasillo, para despejar el área entre los alambres de tutorar y favorecer una mejor aireación de las plantas.
- Cuando la planta de pepino sobrepase unos 0,30 m al alambre de tutorar, se procede al decapitado de la yema terminal.

Manejo de cultivares de pepino tipo Slicer

Los cultivares de pepino tipo Slicer son muy vigorosos. Se orienta podar los frutos y ramas secundarias hasta los 0,60 m de altura, a partir de ahí, se

dejan todos los frutos y ramas secundarias que salen de cada nudo del tallo principal. En el primer nudo, esta rama secundaria se decapita, obteniendo el fruto de esta posición.

Una práctica común de manejo contempla que las plantas cuando alcancen el alambre de tutorar y pasados 0,30 m se decapiten. Otra práctica muy poco empleada consiste en ir bajando las plantas a medida que se cosecha y podar todas las hojas y ramas que van quedando por debajo de los frutos próximos a cosechar, así como los zarcillos que dificultan la labor del baje de las plantas.

Esto es posible debido al vigor y resistencia de este tipo de cultivar, que al mantener la planta a una altura entre 1,80 m a 2,00 m y un adecuado manejo de cultivo, puede brindar cosechas sostenidas durante dos a tres meses.

5.5.3. Cosecha y postcosecha

Orientaciones generales para la recolección

La labor de cosecha en la mayoría de las actuales variedades de pepino, se inician entre 32 a 35 días posteriores a la plantación, en cada una se recolectan los frutos que presenten un estado de madurez comercial, de acuerdo con el cultivar empleado.

La permanencia de frutos en la planta sin cosechar, una vez alcanzado su desarrollo comercial, limita el cuajado de los nuevos frutos y el desarrollo de los existentes. La principal causa de los abortos florales en este cultivo, se deben al atraso de la cosecha.

- El horario más favorable para realizar las cosechas, es a horas tempranas de la mañana o avanzadas de la tarde.
- La cosecha se realiza desprendiendo el fruto de su pedúnculo, labor en la cual se deben evitar desgarraduras y daños en tallos y frutos, que afecten su calidad comercial. Se realiza de forma manual en unidades que cuentan con personal con habilidad para esta labor o se utilizan tijeras u otros medios.

El manejo de los frutos después de cosechados, su beneficio, selección y limpieza son similares a los señalados para el cultivo del tomate.

Categorías de calidad

Para todas las categorías los frutos de pepino deben ser:

- Enteros.
- Con aspecto fresco.
- Con apariencia y desarrollo característico del cultivar.
- Sanos, excluyendo los afectados de podredumbre o con alteraciones que los hagan no aptos para el consumo.
- Libres de daños causados por la exposición al sol.
- Limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles.
- Uniformes, con el color característico del cultivar.
- Libre de humedad exterior anormal, salvo la condensación consiguiendo a su remoción de una cámara frigorífica.

- Prácticamente sin plagas o enfermedades que afecten el aspecto general del producto.
- Sin olores y/o sabores extraños.

Los frutos de pepino deben presentar un desarrollo y un estado que les permitan soportar el transporte y la manipulación, así como responder a las exigencias comerciales en el punto de destino.

Los pepinos se clasificarán en dos categorías de calidad, las cuales se describirán a continuación, según lo establecido en la norma cubana de calidad NC: 478.

Categoría I

Los pepinos clasificados en esta categoría deben ser de buena calidad, suficientemente firmes y presentar las características del cultivar. Deben estar libres de grietas sin cicatrizar. Pueden presentar los siguientes defectos leves y daños, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

Estos defectos y daños son los siguientes:

- Deformación y color.
- Defecto de la epidermis.
- Daños cicatrizados de hasta 10 mm de longitud.

Categoría II

Esta categoría comprende los pepinos que no pueden clasificarse en la categoría superior, pero que satisfacen los requisitos mínimos establecidos. Deben ser bastante firmes y no presentar grietas sin cicatrizar.

Los pepinos pueden presentar los siguientes defectos y daños leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:

- Deformación y color.
- Defecto de la epidermis.
- Daños cicatrizados de hasta 30 mm de longitud.

Tolerancia por calidad y grado de madurez

Categoría I

5 % en número o en peso de pepinos que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la categoría II. 5 % de los pepinos que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría II

10 % en número o en peso de pepinos que no se correspondan a las características de la categoría indicada. 5 % de los pepinos que no cumplen con el grado de madurez establecido.

Para todas las categorías, se acepta 10 % de los pepinos que no correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al calibre indicado.

Envasado

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y contar únicamente con pepinos del mismo origen, cultivar, categoría y calibre. Para las categorías I y II, deben ser homogéneos en cuanto a la madurez y el color. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el conjunto, teniendo en cuenta el máximo aprovechamiento, dejando una separación mínima de 25 mm entre el producto y el borde superior del mismo, para que permita una correcta manipulación y no se dañen los pepinos.

Los envases deben reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiada de los pepinos y deben estar libres de cualquier materia y olor extraño.

Los pepinos se envasarán en cajas de cartón, de plástico o de madera sin partes punzantes que afecten la calidad del producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Transporte y manipulación

- El producto se transportará en vehículos limpios, que no tengan partes punzantes, protegidos de la lluvia y el sol. El vehículo empleado para el transporte no puede contener restos de plaguicidas, ni de sustancias tóxicas.
- Las cajas se manipularán con cuidado, evitando arrastrarlas y golpearlas.
- Se evitará la transportación en las horas de mayor incidencia solar.
- Además se cumplirá con lo establecido en las normas cubanas de calidad: NC-38-03:2001 y NC-38-03: 2002.

Almacenamiento y conservación

Los frutos después de recolectados se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación, la cual no debe exceder las ocho horas (desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora).

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 10 y 12,5 °C (los frutos son sensibles a temperaturas inferiores a 10 °C) y una humedad relativa de 95 %, y el tiempo no debe superar 14 días, ya que pierde calidad visual y sensorial.

Rendimiento

Es factible obtener por ciclo de cultivo 100 t/ha de rendimiento comercial en esta especie en condiciones de cultivo protegido, si se propicia un adecuado manejo agronómico y una correcta estrategia fitosanitaria, que permita lograr un ciclo de cultivo superior a 90 días. Se pueden realizar tres rotaciones o ciclos por año en el cultivo del pepino en la misma superficie, lo cual representa un alto potencial productivo anual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casanova, A., O. Gómez, T. Depestre, H. Cardoza, F. M. González, D. Aranguren y M. Hernández. (1999). Cultivo Protegido de Hortalizas: La Experiencia cubana. En Memorias del I Congreso Panameño y I Congreso del Comité Iberoamericano para el Desarrollo de los Plásticos en la Agricultura (CIDAPA), C. Panamá, 22 al 24 de septiembre de (1999): 77-83.

Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.

García Elizondo, F. (2018) Pepinos. Conferencia Magistral. Proyecto PAAS 2-Cuba y Empresa RIJK ZWAAN, Guatemala. Lugar: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Mayabeque, Cuba.

Giglio, P.L. (2014). Seminario taller de nutrición, riego de cultivos y semilleros hortícolas en sistemas de cultivo protegido: Empresa Agropecuaria "El Yabú", Villa Clara.

Langlais, Ch. y Ph. Ryckewaert. (2002). Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda. Edición CIRAD-FLHOR, Martinica. ISBN 2-87614-417-4. 90 p.

NC 517:2007. Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de la Frutas y Hortalizas Frescas.

NC 452:2014. Envases, embalajes y medios auxiliares. Requisitos sanitarios generales.

NC 454:2014. Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios generales.

NC 455:2015. Manipulación de alimentos. Requisitos sanitarios.

NC 492:2014. Almacenamiento de alimentos – Requisitos sanitarios generales.



Pepino tipo Beta Alfa.



Pepino Slicer tipo Americano.



Pepino tipo holandés.



Follaje con buen estado fitosanitario.



Plantación en fase de floración.

5.6. MELÓN DE CASTILLA O MELÓN (*Cucumis melo* L.)

Familia: *Cucurbitaceae*

Julio C. Hernández Salgado

Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

5.6.1. Introducción

El melón es una planta anual, herbácea y rastrera, que presenta un sistema radical de abundante crecimiento en los primeros 0,30 m de profundidad del suelo. Sus hojas son de tamaño y formas variadas; la mayoría de los cultivares utilizados son andromonoicos, presenta flores hermafroditas y masculinas en la misma planta y cultivares monoicos por la presencia de flores femeninas y masculinas en la misma planta.

5.6.2. Cultivares recomendados

Cuadro 5.6.1. Características de los principales híbridos comerciales de melón

CULTIVAR TIPO	FRUTO				RESISTENCIA	OBSERVACIÓN
	Color de la corteza	Forma	Color de la pulpa	Peso (kg)		
Revigal Tipo Galia	Amarilla verdosa, bien reticulada	Redonda	Blanca	1,0	AR: Px1 AR: CMV	Alto contenido de azúcares
Jalisco Tipo Galia	Amarilla naranja, bien reticulada	Redonda	Blanca	1,2	AR: Px1	Buena productividad y conservación
Jandro Tipo Charentais	Amarilla verdosa	Ovalada	Anaranjada	1,5	AR:Px1 RM: Cca	Fruto acostillado y firme
Zest Tipo Galia	Amarilla	Redonda	Blanca	0,7	AR: Fom 0,1,2	Frutos firmes y alto contenido de azúcares

LEYENDA

Px 1= *Podosphaeria xanthii* (Mildiu pulverulento)

CMV= Virus del mosaico del pepino.

Cca = *Corynespora cassicola*

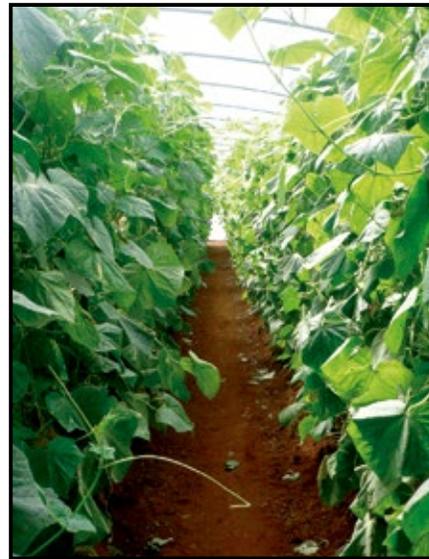
Fom = *Fusarium oxysporum* f sp melonis

AR: Alta Resistencia

RM: Resistencia Moderada



Variante de 6 canteros, alta densidad y pasillos estrechos.



Plantación de pepino con buen desarrollo vegetativo.



Atraso en cosecha.



Pepino tipo Slicer.



Pepino para comercialización.

5.6.3. Manejo agronómico

Densidad y esquema de plantación

La densidad de siembra o plantación óptima para los diferentes cultivares de melón, está entre 1,6 y 1,8 plantas/m², la misma depende de diversos factores tales como: cultivar empleado, época de siembra o plantación y el número de canteros por instalación, entre otros. El esquema de siembra o plantación para el cultivo del melón, es el mismo que para el cultivo del tomate en sus diferentes variantes (Capítulo V acápite 5.3.1.).

Esquemas de plantación del cultivo del melón

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,30 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,25 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,20 m entre plantas.

Hilera sencilla sobre el cantero

El melón se trasplanta a una sola hilera sobre el cantero, solo que la distancia entre plantas se reduce a la mitad, en relación con la utilizada en el anterior esquema de plantación a doble hilera. De esta forma el esquema de plantación varía y la densidad de población a nivel del cantero se mantiene.

Las plantas se van guiando de forma alterna hacia el borde del cantero y desde esa posición se conduce verticalmente con la ayuda del cordel tomatero, dando la apariencia que está establecido a doble hilera.

Otros esquemas de siembra o plantación

Ver Capítulo V (5.1 Tomate y 5.2 Pimiento).

Época de siembra o plantación

El melón se puede cultivar durante todo el año en los sistemas de cultivo protegido del país. En invierno su crecimiento es más lento y el follaje es más afectado por enfermedades fungosas, de las cuales la más importante es el mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*), que afecta más a este cultivo que en primavera-verano, donde manifiesta un ciclo vegetativo más corto y el rendimiento es superior.

Métodos de siembra o trasplante

El melón se propaga preferentemente mediante trasplante en cepellones. En pocas ocasiones se utiliza la siembra directa.

Trasplante en cepellones

Es una práctica generalizada a nivel mundial por las ventajas que confiere el uso de esta técnica, según se recoge en el Capítulo IV de este libro. Para la conformación del cepellón se emplean bandejas de poliestireno expandido o de polietileno, la superficie de contacto de este último material es más lisa y provoca menos daños por adherencia del sistema ra-

dical a las paredes del alvéolo. El sistema radical de las cucurbitáceas es más débil que el de las solanáceas, por lo que debe ser tratado con más cuidado. El ciclo de las plántulas en cepellones en el cultivo del melón es de 20 a 25 días, al extraerlas antes de este plazo se corre el riesgo de trasplantarlas poco robustas y con un pobre sistema de raíces, lo cual puede generar pérdidas de población después del trasplante.

Siembra directa

Ver método de siembra o trasplante, Capítulo V, acápite 5.5.

Labores culturales

Tutorado

El melón bajo cultivo protegido se guía verticalmente con el auxilio de un cordel tomatero que se coloca de 7 a 10 días después del "tumbé" alterno de las plantas hacia el lado izquierdo y derecho del cantero, el amarre se realiza 10 cm por debajo de la yema apical, cuando las mismas alcancen el borde del cantero. En el caso de la siembra directa el amarre de las plantas se realiza partir de los 20 días después de la germinación.

Para la conducción vertical de las plantas, el cordel tomatero se enreda a la misma haciéndole movimientos alrededor del tallo. Esta actividad se denomina enrede y se recomienda realizar después de las nueve de la mañana y en el horario de la tarde, momentos en que las plantas están menos turgentes y se reduce el riesgo de que sus tallos se quiebren. Es importante que esta labor se realice con una frecuencia diaria o en días alternos.

La colocación del cordel puede realizarse de distintas formas:

- Por medio de una presilla plástica que abraza el tallo y fija el cordel a la planta.
- Mediante un cordel tomatero enterrado a 7 cm de profundidad en el borde del cantero.
- Amarrando el cordel al tallo de la planta con un nudo corredizo cercano a la yema apical.

Cuando las plantas sobrepasan el alambre superior de tutorar se dejan crecer 0,50 m o más en altura y se inclinan hacia el otro alambre superior del propio cantero, de manera que la misma logre su sujeción. De esta forma la planta establece un enramado superior y cuando la planta sobrepasa unos 0,30 m del alambre paralelo, se procede a su decapite.

Con este manejo se promueve la obtención de uno o dos frutos comerciales adicionales en el enramado superior de la planta y además se evita que por el peso de los frutos la planta no se fije al cordel y caiga hacia la parte inferior del mismo. Tener en cuenta que al superponer una cantidad importante de hojas, se pueden generar problemas fitosanitarios. Los alambres del tutorado superior de los canteros, deben separarse a la distancia poner de 1,0 a 1,2 m (ver Capítulo V), pero para facilitar este manejo se deben ubicar, antes que las plantas lleguen a ese nivel, a una separación de 0,20 – 0,30 m.

Podas

Son prácticas de manejo de cultivo que se realizan para lograr un crecimiento equilibrado de las plantas. Un buen manejo de las podas contribuye a obtener una mejor sanidad del cultivo, el manejo climático en el interior de la instalación y lograr una producción de buena calidad.

En este cultivo se realizan varios tipos de podas. Atrasos en esta actividad conspiran contra el cuajado y desarrollo normal de los frutos y además afectan el crecimiento del tallo principal de la planta. Todas las podas que se practican a este cultivo se realizan con los dedos, cuando los órganos son jóvenes, excepto la poda de hojas que se realiza con tijeras.

Poda de ramas secundarias y flores

Esta es la primera y principal poda que se realiza en el cultivo. La planta se guía en forma vertical a un solo tallo, se eliminan todas las ramas secundarias y las flores femeninas por debajo de 0,50–0,60 m de altura o hasta la octava hoja, al dejar solo las hojas que surgen del tallo principal.

Todas las ramas secundarias se dejan crecer, a partir de 0,50–0,60 m de altura de la planta, que se corresponde con la octava hoja de la misma, las cuales se podan después del primer nudo, y se deja en el mismo una hoja y una flor femenina. Este procedimiento es el más usado y ofrece mayores posibilidades para la polinización de las flores y el desarrollo del fruto.

Poda de frutos

Algunos híbridos de melón emiten numerosas flores femeninas y la planta no puede desarrollar toda esta carga de frutos, aun cuando se le suministre la nutrición que requiere. En este caso se realiza la poda de frutos, dejando sólo uno por axila (nudo) y hasta tres por planta. Una adecuada formación del rendimiento comercial de una plantación de melón se logra a partir de un buen manejo integrado del cultivo y manejo climático. Es posible lograr de dos a tres frutos cuajados, entre la octava y decimotercera hoja de la planta, y al menos uno por encima del alambre de tutorar.

Cuando se logra cuajar más de tres frutos en la parte basal de la planta, el resto de los frutos por encima de esta cifra deben ser podados. Se dejan los frutos que se encuentren más cercanos a la octava hoja y preferentemente aquellos que cuajaron al mismo tiempo o lo más cercano en el tiempo.

Ante un deficiente cuajado en las flores femeninas de mayor interés, que se encuentran entre los nudos 8 y 13, los frutos que se logren por encima de la hoja 13 se dejarán hasta lograr tres frutos bien formados.

Es muy importante podar a tiempo los frutos deformados, labor que se realiza tan pronto se observe el mismo, no se debe permitir que éstos continúen su crecimiento porque afecta el cuaje del resto de los frutos, su peso y la producción por planta.

Poda de zarcillos

Esta poda se realiza cuando los zarcillos se sujetan al cordel de tutorar y no permiten realizar un buen enrede de la planta o cuando éstos compriman al fruto, a una hoja o en el caso que suspendan al fruto por el pedúnculo.

Poda de hojas o deshoje

Esta es una poda muy importante que se realiza para eliminar las hojas inferiores de la planta que estén caducas o enfermas, lo más próximo posible al tallo principal, para lo cual es imprescindible el uso de tijeras o cuchillas.

Posterior a cada labor de deshoje es recomendable asperjar las plantas con fungicidas de contacto, que contengan cobre, para evitar el ataque de patógenos.

La masa foliar eliminada debe ser extraída de la instalación con el auxilio de bolsas plásticas u otros medios adecuados.

Decapitado

Cuando la planta de melón sobrepasa 0,30 m el alambre de tutorar se procede a decapitarla. Con ello se limita el crecimiento foliar y se acelera el crecimiento y maduración de los frutos.

Polinización

Es uno de los momentos decisivos en el éxito del cultivo del melón, ya que requiere de insectos polinizadores para lograr el cuajado de los frutos. Si no ocurre la polinización no hay cuajado del futuro y la producción puede verse afectada.

La abeja (*Apis mellifera*) es el insecto polinizador por excelencia, otras especies de abejas no son eficaces bajo el sistema de cultivo protegido en Cuba. Las colmenas deben ser ubicadas una semana después de la aparición de las primeras flores masculinas. Éstas se ubican en el interior de las instalaciones o debajo de la malla lateral. La primera variante es la más eficaz, de lo contrario las abejas se dirigen a mayores distancias en busca de alimento, evadiendo penetrar a las instalaciones protegidas que tienen temperaturas muy elevadas en comparación con el exterior.

En el interior de la instalación se colocarán una o dos colmenas, sobre una banqueta a una altura de 0,20 m – 0,50 m, en dependencia de la población de la colmena, con la piquera situada en dirección hacia el sol. Se recomienda en el interior de la casa de cultivo situar un recipiente con agua, que contenga piedras pequeñas que sobresalgan el nivel del líquido y otro recipiente con azúcar parda húmeda, como suplemento alimenticio de las abejas. Otra variante consiste en ubicar los cajones de las colmenas por debajo de la malla lateral de la instalación, en forma tal que la mitad de la piquera quede dentro de la casa y la otra mitad quede en el exterior.

Previo a la ubicación de las colmenas de abejas en las casas de cultivo, es obligatorio realizar una revisión técnica de las mismas, para comprobar

su normal estado, cuyo movimiento hacia las casas cultivos debe realizarse preferentemente al anochecer.

Para aumentar la efectividad del trabajo de las abejas se puede preparar un jarabe que se elabora con 50 flores masculinas de melón + azúcar parda a razón de 0,5 kg/L de agua, que se hierven durante tres minutos. El jarabe se diluye en 15 L de agua en una asperjadora manual y se aplica por vía foliar a la plantación o se sitúa en un recipiente cercano a la colmena.

El período de trabajo efectivo de las abejas en el cultivo del melón es de 15 a 30 días, al término de este tiempo las flores más importantes ya han sido cuajadas y las colmenas deben ser retiradas de la casa de cultivo en horario de la tarde-noche.

Cuando se presente un período lluvioso y las abejas no trabajen, se recomienda realizar la polinización del melón de forma manual, lo cual se realiza frotando el cono de anteras de las flores masculinas, sobre el estigma de la flor femenina de esta especie.

Está prohibido aplicar plaguicidas químicos dañinos en presencia de las abejas. Pueden usarse plaguicidas inocuos para las abejas; productos que aparecen en la Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados.

Es importante cumplir con las medidas establecidas por la dirección de apicultura, para evitar el deterioro de las colmenas, las que deben ser atendidas por una persona especializada.

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, debiéndose tener en cuenta lo siguiente:

- En la ejecución de estas labores debe mantenerse la conformación del cantero.
- Los pasillos de los canteros se mantendrán libres de plantas arvenses.
- Se deben manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

5.6.4. Cosecha y postcosecha

Requisitos mínimos

Para todas las categorías y las tolerancias permitidas, los melones deberán estar:

- Enteros, simétricos y uniformes.
- Con aspecto fresco.
- Con apariencia y desarrollo característico de la variedad.
- Sanos, no deben estar afectados por podredumbre, insectos o con alteraciones que los hagan no aptos para el consumo.
- Color externo del fruto uniforme, excepto cuando están en contacto con el suelo y esa zona cambia de color y aspecto.

- La superficie de la cáscara debe ser uniforme.
- Libres de magullamientos y cicatrices.
- La cicatriz del pedúnculo debe ser lisa, sin adherencias del tallo que sugieran una cosecha prematura.
- Libres de rajaduras y daños por quemaduras de sol.
- Limpios, prácticamente sin materias extrañas visibles.
- Libre de humedad exterior anormal, salvo la condensación normal por su remoción de una cámara frigorífica.
- Sin olores y/o sabores extraños.
- Con un grado de madurez que garantice que la pulpa posea un color, dulzor, sabor y olor característico de la variedad.
- La pulpa más próxima a las semillas debe tener como mínimo 10° Brix, ser firme y con el color característico de la variedad.
- La semilla no debe estar desprendida, ni debe haber acumulación de líquidos.

Índices de cosecha

Los melones tipo Galia cambian nítidamente de color en su madurez, sin embargo los del tipo Cantaloupe poseen un cambio de color poco perceptible en la corteza del fruto, su madurez comercial corresponde al estado firme maduro, esto se verifica al tirar de la fruta suavemente y se desprende de la planta. Los frutos continúan su maduración después de la cosecha.

En otras variedades un indicador de cosecha, es la presencia de la red bien formada y uniforme sobre toda la superficie del fruto.

La labor de cosecha se inicia en los híbridos tipo Galia cuando el fruto comienza el cambio en el color de la base del pedúnculo y en el ápice del mismo. Los frutos, una vez cosechados, pueden almacenarse en un lugar fresco por no más de tres días para su comercialización.

Cuando la comercialización es inmediata puede esperarse un cambio más nítido de color del fruto y que exista una ligera separación entre la corona y la corteza en la base del pedúnculo, que permita el desprendimiento sencillo de éstos.

Cuando los frutos se cosechan con pedúnculo, actividad que se realiza con el auxilio de una tijera, se evitan pérdidas por pudriciones en la base de éste. Los híbridos israelíes poseen buenas características de conservación.

La cosecha del híbrido cubano de melón 'Jandro' es más complicada, porque el fruto no cambia de color nítidamente. Debe cosecharse cuando hay un ligero cambio de color hacia el amarillo verdoso. Este híbrido tiene aceptable vida de anaquel.

El manejo de los frutos después de cosechados, su beneficio, selección y limpieza son similares a los señalados para el cultivo del tomate. Es importante cosechar en horas de la mañana.

Los frutos de melón deben presentar un desarrollo y un estado que les permitan soportar el transporte, manipulación, almacenamiento y conservación, así como responder a las exigencias comerciales en el punto de destino.

Categorías de calidad

Los frutos de melón se clasifican en tres categorías de calidad, la distinción en categorías se basa principalmente en la apariencia externa, según lo establecido en la norma: NC: 477.

Categoría Extra

Los frutos de melón de esta categoría deberán ser de calidad superior, tener la pulpa firme, así como presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad que satisfacen los requisitos mínimos.

Categoría I

Los frutos de melón de esta categoría deberán ser de buena calidad, tener la pulpa firme, y presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad que satisfacen los requisitos mínimos. Pueden presentar defectos leves y daños, de manera que no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:

- Leve deformación en un extremo del fruto.
- Ligeros defectos de la epidermis.
- Leve deformación de la sutura pistilar.

Categoría II

Esta categoría comprende los frutos de melón que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que satisfacen los requisitos mínimos. Los frutos de melón de esta categoría deberán ser de buena calidad, tener la pulpa firme, así como presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad.

Pueden mostrar defectos y daños, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Los defectos y daños son los siguientes:

- Deformación apreciable en uno o en los dos extremos del fruto.
- Varios defectos de la epidermis.
- Deformación de la sutura pistilar.

Clasificación por calibre

El calibre está determinado por el peso del fruto. El calibre mínimo de los frutos de melón clasificados en las categorías Extra, I y II es de 0,80 kg.

CÓDIGO DE CALIBRE	PESO (kg/fruto)	
	Mínimo	Máximo
1	0,80	1,20
2	1,21	1,50
3	1,51	2,00

Tolerancia por calidad y grado de madurez

Categoría Extra

Un 5 % en número o en peso de frutos de melón que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la Categoría I, se incluye 2 % de los frutos de melón que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría I

Un 5 % en número o en peso de frutos de melón que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la Categoría II, se incluye 5 % de los frutos de melón que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría II

Un 10 % en número o en peso de frutos de melón que no se correspondan a las características de la categoría indicada, se incluye 10 % de los frutos de melón que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Envase

Los envases deberán reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar la manipulación, transporte y conservación apropiada de los frutos. Estos deben estar exentos de cualquier materia y olor extraño.

Los frutos de melón se envasan en cajas de cartón, de plástico, de madera o en pallets, que no posean partes punzantes que afecten la calidad del producto.

Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Transporte y manipulación

- Los frutos no se tiran, ni se harán rodar por el piso.
- El producto se transportará en vehículos limpios que no tengan partes punzantes.
- El vehículo empleado para el transporte no puede contener restos de plaguicidas, ni de sustancias tóxicas.
- El vehículo usado para el transporte puede ser refrigerado o no.
- Las cajas se manipularán con cuidado, evitando arrastrarlas y golpearlas.
- Se evitará el transporte en las horas de mayor incidencia solar.
- No se permite la utilización de sacos o jamos (red en forma de manga) mayores de 100 kg para manipular y transportar el producto.

Se cumplirá con lo establecido en las normas: NC38-03-01 y NC 38-03-02.

Almacenamiento y conservación

Los frutos después de recolectados se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación, la cual no debe exceder de ocho horas desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora.

El almacenamiento a temperatura ambiente se realizará en locales limpios, ventilados, secos y libres de materiales que puedan afectar al producto, no permitiendo que el sol o la lluvia incidan directamente sobre el mismo, el tiempo no debe exceder las 72 horas.

Cuando se usa la refrigeración los frutos deben ser almacenados entre 7–10 °C de temperatura, con una humedad relativa de 90 a 95 %, pueden durar en estas condiciones de dos a tres semanas según el híbrido.

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 2,2–,0 °C durante 21 días, pero la calidad gustativa puede afectarse, sin embargo, entre 7–10 °C se puede conservar durante 14 días sin afectarse la calidad, ambos niveles de temperatura deben tener una humedad relativa de 90 a 95 %.

Rendimiento

El melón es un cultivo muy exigente, necesita un manejo agronómico preciso para lograr rendimientos estables, que pueden oscilar entre 40 y 50 t/ha. Potencialmente este cultivo puede lograr de 3 a 4 frutos por plantas, pero debido a los problemas de manejo que se presentan en el país, solo se obtienen de forma regular un fruto por planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.

Hernández, J., C. (2004). Charenlí: primer híbrido de melón cubano para casas de cultivo. Revista Temas de Ciencia y Tecnología 8 (24).

INTAGRI S.C. Producción de Melón bajo Invernadero. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/produccion-de-melon-bajo-invernadero>. Consultado el 11 de noviembre de 2019.

Langlais, Ch. y Ryckewaert, Ph. (2002). Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda. Edición CIRAD-FLHOR, Martinica. ISBN 2-87614-417-4. 90 p.

Reche Mármol, J. (2017). Cultivo del Melón en Invernadero. Edita: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Publica: Secretaría General Técnica. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección: Agricultura, Serie: Horticultura. I.S.B.N.: 978-84-8474-243-2



Híbrido de melón Jandro.



Plantación a una hilera y cordeles ubicados para la conducción a dos hileras.



Plantación de Jandro muy vigorosa.



Exudación de savia en los bordes de las hojas.



Restos de sales al evaporarse la solución acuosa exudada.

5.7. MELÓN DE AGUA O SANDÍA (*Citrullus lanatus* Thunb.)

Familia: Cucurbitaceae

Julio C. Hernández Salgado

Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

5.7.1. Cultivares recomendados

El número de cultivares comerciales de sandía recomendados para la tecnología de cultivo protegido en Cuba es muy limitado, ya que la mayoría de los materiales evaluados no han demostrado atributos de resistencia a las principales enfermedades que afectan a este cultivo en el país y no poseen buenos rendimientos. De las variedades tradicionales de polinización abierta, Crismom sweet, Sugar baby y Charleston Gray alcanzan baja productividad en este sistema de cultivo; en el caso del último genotipo es completamente inadaptado a este sistema de cultivo. Odem es el cultivar más utilizado y con los mejores rendimientos.

Cuadro 5.7.1. Características de los principales híbridos comerciales de sandía

CULTIVAR	FRUTO				ALTA RESISTENCIA
	Color de la corteza	Forma	Color de la pulpa	Peso (kg)	
Crismom sweet	Rayada en bandas verde oscura	Redonda ovalada	Roja	4-7	AR- Px1 AR- CMV
Sugar baby	Verde oscura	Redonda	Roja	5-8	Px1
Odem F1 híbr.	Verde oscura	Ovalada	Roja intensa	3-6	Fom 1

LEYENDA

Px 1= *Podosphaeria xanthii* (Mildiu pulverulento)
Fom = *Fusarium oxysporum* f sp. *melonis*

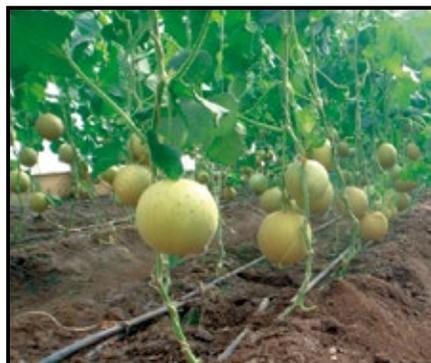
CMV: Virus del mosaico del pepino
AR: Alta Resistencia

5.7.2. Manejo agronómico

Varios cambios se han introducido al manejo agronómico de la sandía bajo cultivo protegido en Cuba, que están relacionados con los nuevos cultivares empleados, sus características y hábitos de crecimiento. A nivel internacional la mayoría de las plantaciones de sandía bajo cultivo protegido o invernadero se realizan sin tutorar, en el país se ha adoptado el manejo de la sandía de forma vertical, que permite elevar la densidad de población para lograr un fruto promedio por planta, además la conducción vertical de este



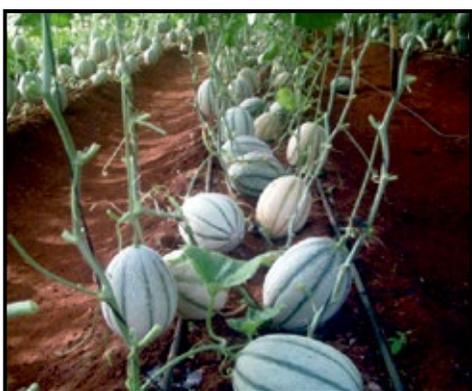
Colmena de abejas para la polinización del cultivo.



Híbrido de melón tipo Galia.



Plantación a una hilera conducida a dos hileras.



Alto rendimiento comercial en el híbrido Jandro.



Frutos de Jandro para la comercialización.

cultivo brinda la posibilidad de mayor aireación para las plantas, que permite un mejor manejo fitosanitario del cultivo.

Densidad y esquema de plantación

La densidad y esquema de plantación en el cultivo de la sandía dependen de diversos factores entre los cuales se encuentran: el cultivar empleado, la época de plantación, el tipo de suelo, la poda a emplear y el número de cantero por instalación.

Para la conducción vertical y rastrera del cultivo de la sandía, se sugiere las mismas variantes de número de canteros por instalación de 12 m de ancho, empleadas en el cultivo del tomate, con las características que se describen en los cuadros y figuras del Capítulo V acápite 5.1.2.2.

En el cultivo de la sandía conducido de forma vertical se aumenta ligeramente su densidad de plantación, al proponerse una disminución en la distancia entre plantas de 0,15 a 0,20 m, que representa una densidad de 2,1 a 2,5 plantas/m². El aumento de la densidad de población en el cultivo de la sandía se recomienda debido a que su follaje es poco frondoso y admite este incremento.

Para la conducción en forma rastrera de la sandía se recomienda una sola hilera sobre el cantero, una distancia entre plantas de 0,80 a 1,00 m, que se corresponde con una densidad de población de 0,4 a 0,5 plantas/m².

Esquemas de plantación del cultivo de la sandía tutorada

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 0,20 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 0,20 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,15 m entre plantas.

Esquemas de plantación del cultivo de la sandía rastrera

Variante 1: 6 canteros por instalación

1,80 a 2,20 m entre hileras x 1,00 m entre plantas.

Variante 2: 5 canteros por instalación

2,15 a 2,50 m entre hileras x 1,00 m entre plantas.

Variante 3: 4 canteros por instalación

2,90 a 3,20 m entre hileras x 0,80 m entre plantas.

Esquema a una hilera sobre cantero

En este cultivo también se emplea, al igual que en otras especies hortícolas una sola hilera sobre el cantero, guiando las plantas de forma alterna hacia el borde del mismo y desde esa posición se conduce verticalmente con la ayuda del cordel tomatero, lo cual facilita la práctica de bajar el fruto y apoyarlo sobre el borde del cantero.

Otros esquemas de siembra o plantación

Ver Capítulo V 5.1 Tomate y 5.2 Pimiento.

Época de plantación

La sandía se puede sembrar durante todo el año bajo este sistema de producción; sin embargo, este cultivo brinda los mejores resultados productivos en invierno.

Método de plantación

Generalmente se utiliza el sistema de trasplante en cepellones, el cual ofrece numerosas ventajas como ahorro de semilla y se evitan los daños por roedores.

Labores culturales

Tutorado

La labor de tutorado se práctica en la sandía conducida de forma vertical. Consiste en colocar y enredar el cordel tomatero en la planta a favor de las manecillas del reloj. A medida que va creciendo, se pasa el cordel por los entrenudos, hoja a hoja y se logra conducir la planta a un solo tallo. Esta labor se inicia 20–30 días después del trasplante, cuando la planta ha crecido hasta ambos bordes del cantero.

Poda en cultivo vertical

A la sandía cultivada de forma vertical se le practican diferentes tipos de poda.

Poda de formación y de frutos

La primera es la poda de formación la cual consiste en eliminar a la rama principal todas las ramas secundarias y se deja cuajar un solo fruto de la planta, de manera que éste quede situado a la altura de 1 m del plato del cantero. Con una buena conducción y manejo de la nutrición de la planta, unido a una densidad de población no mayor de 2,5 plantas/m², así como mantener los cobertores de la instalación limpios durante todo el ciclo del cultivo, se logran plantas de sandía con 24 hojas, entrenudos cortos, que conducen a la obtención de frutos bien formados y altos rendimientos del cultivo.

Baje de las plantas

La labor de baje se realiza cuando el fruto adquiere un tamaño similar al de una naranja y la yema apical del tallo principal se encuentre próximo al alambre de tutorar pero sin fijarse al mismo. Al realizar el baje se sugiere apoyar el fruto por la zona apical y colocarlo sobre un material que lo aisle del suelo.

Decapitado

El decapitado de la yema terminal de la planta de sandía, se practica para detener el crecimiento de la misma en altura, así como beneficiar el crecimiento y llenado del fruto hasta su momento de cosecha. Consiste en la eliminación de la yema terminal de la planta, de manera similar al decapitado efectuado en el cultivo del tomate. Esta labor debe realizarse después del baje de la planta, antes que el tallo principal alcance el alambre de tutorado superior. Se sugiere efectuar el decapitado de este cultivo cuando las plantas posean un total de 24 hojas.

Al no poder bajar la planta, porque ésta alcanzó el alambre de tutorar superior y se fijó en el mismo, es obligatorio sostener el fruto con una bolsa de malla, pues estos se desprenden cuando adquieren un peso alrededor de 1 kg.

Poda de formación

En el cultivo rastrero de la sandía, la rama principal se poda entre los nudos cinco y siete, con el propósito de inducir el brote de tres a cuatro ramas secundarias. Al efectuar un manejo adecuado de este tipo de poda se logra cubrir de manera uniforme la superficie del cantero.

Poda de frutos

En el cultivo rastrero de la sandía se dejan de uno a tres frutos por planta.

Poda de hoja o deshoje

Se eliminan las hojas caducas y enfermas, tanto en cultivo vertical como rastrero de la sandía. Se toman las mismas medidas de orden sanitario con el manejo de los restos del deshoje, señalado en el cultivo del pepino.

Polinización (ver Capítulo V 5.6 Melón de Castilla o Melón).

Otras labores culturales

Otras labores comunes a los cultivos de este sistema, son las que se realizan para eliminar las plantas arvenses o malezas, tales como: escardas manuales, guataqueas ligeras y las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta, como la escarificación, de gran importancia a partir del establecimiento de las plántulas después del trasplante, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener la conformación del cantero.
- Mantener los pasillos de los canteros libres de plantas arvenses.
- Manipular con cuidado las líneas de riego por goteo durante la ejecución de estas labores.

5.7.3. Cosecha y postcosecha

Requisitos mínimos

Para todas las categorías y las tolerancias permitidas, los frutos de sandía deberán estar:

- Enteros, simétricos y uniformes.
- Con aspecto fresco.
- Con apariencia y desarrollo característico de la variedad.
- Sanos; no deben estar afectados por podredumbre, insectos o con alteraciones que los hagan no aptos para el consumo.
- Color externo del fruto uniforme, excepto la zona que está en contacto con el suelo, que es amarillo cremoso.
- Sin magullamientos y cicatrices.
- Libres de rajaduras y de daños por quemaduras de sol.
- Limpios, prácticamente sin materias extrañas visibles.
- Con la superficie de apariencia cerosa o brillante.
- Libres de humedad exterior anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.

- Sin olores y/o sabores extraños.
- Con un grado de madurez que garantice que la pulpa posea el color, dulzor y sabor característico de la variedad.
- La pulpa central del fruto debe tener como mínimo 7 °Brix, ser firme, crujiente y con el color característico de la variedad.

Los frutos de sandía deben presentar un desarrollo y un estado que les permita soportar el transporte, la manipulación, el almacenamiento y la conservación, así como responder a las exigencias comerciales en el punto de destino.

Los frutos de sandía se cosecharán en plena madurez de consumo, ya que no desarrollan más color o incrementan sus azúcares de forma apreciable una vez separados de la planta. La mancha sobre la corteza del fruto, provocada por el contacto con el suelo, cambia de blanco pálido a amarillo cremoso en el estado apropiado para el corte. La labor de cosecha se inicia cuando el fruto comienza a perder la cera que cubre la corteza.

Un indicador bastante difícil de aplicar es el cambio de sonido al golpear el fruto con los nudillos de la mano, cuando el fruto pasa del estado inmaduro al maduro.

Otro indicador de la maduración es cuando el zarcillo que se encuentra en la base del pedúnculo está seco o de un color pardo oscuro, también las dos hojitas inmediatas al pedúnculo están de color pardo o están secas.

El fruto se cosechará cortando el pedúnculo con una tijera, dejando una pequeña porción del mismo para evitar pudriciones. La cosecha se realiza entre 65 y 85 días después del trasplante. El horario más favorable para la cosecha es a tempranas horas de la mañana.

Categorías de calidad

Los frutos de sandía se clasifican en tres categorías de calidad, la distinción en categorías se basa principalmente en la apariencia externa, según lo establece la norma NC: 476.

Categoría Extra

Los frutos de sandía de esta categoría deben ser de calidad superior, tener la pulpa firme, y presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad, así como también satisfacer los requisitos mínimos.

Categoría I

Los frutos de sandía de esta categoría deben ser de buena calidad, tener la pulpa firme, y presentar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad, así como también satisfacer los requisitos mínimos, pueden presentar defectos leves y daños, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:

- Leves deformación en un extremo apical del fruto.
- Ligeros defectos de la epidermis.
- Pocos daños cicatrizados de hasta 30 mm de longitud.

Categoría II

Esta categoría comprende los frutos de sandías que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que satisfacen los requisitos mínimos. Los frutos de sandía de esta categoría deberán ser de buena calidad, tener la pulpa firme, y mostrar la forma, apariencia y desarrollo característico de la variedad, pueden presentar los siguientes defectos y daños, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. Estos defectos y daños son los siguientes:

- Deformación apreciable en uno o en los dos extremos del fruto.
- Varios defectos de la epidermis.
- Algunos daños cicatrizados de hasta 60 mm de longitud.

Calibre mínimo

El calibre mínimo de los frutos de sandías clasificados en las categorías Extra, I y II se fija en 15 cm. El calibre está determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial.

CÓDIGO DE CALIBRE	DIÁMETRO ECUATORIAL (cm)	
	Mínimo	Máximo
1	15	25
2	26	35
3	36	45

Tolerancia por calidad y grado de madurez**Categoría Extra**

Un 5 % en número o en peso de frutos de sandía que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la categoría I, se incluye 2 % de los frutos de sandía que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría I

Un 5 % en número o en peso de frutos de sandía que no se correspondan a las características de la categoría indicada, pero que se ajustan a las de la categoría II, se incluye 5 % de los frutos de sandía que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Categoría II

Un 10 % en número o en peso de frutos de sandía que no se correspondan a las características de la categoría indicada, se incluye 10 % de los frutos de sandía que no cumplan con el grado de madurez establecido.

Tolerancia de calibre

Para todas las categorías se acepta un 5 % de los frutos de sandía que no correspondan al calibre inmediato inferior o superior, al calibre indicado.

Envase

Los frutos de sandía se envasarán de manera que el producto quede debidamente protegido, el contenido de cada envase debe ser homogéneo y contar únicamente con frutos de sandía del mismo origen, variedad, categoría y calibre.

Los envases deben reunir las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia, para asegurar la manipulación, transporte y conservación apropiada de los frutos que deben estar libres de cualquier materia y olor extraño.

Los frutos de sandía se envasarán en cajas de cartón, de plástico, de madera o en huacales de 200 kg a 400 kg, que no posean partes punzantes o que afecten la calidad del producto.

Dependiendo del mercado, los frutos podrán etiquetarse individualmente con un sello autoadhesivo, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Transporte y manipulación

- Los frutos no se tirarán, ni se harán rodar por el piso.
- El producto se transportará en vehículos limpios, que no tengan partes punzantes.
- El vehículo empleado para el transporte no puede contener restos de plaguicidas, ni de sustancias tóxicas.
- El vehículo usado para el transporte puede contar con refrigeración o no.
- Las cajas se manipularán con cuidado, evitando arrastrarlas y golpearlas.
- Se evitará el transporte en las horas de mayor incidencia solar.
- El transporte puede ser a granel sólo en las variedades que lo permitan, no sobrepasando la estiba un metro de altura.
- No se permite la utilización de sacos o jamos (red en forma de manga) mayores de 100 kg para manipular y transportar el producto.

Después de recolectados los frutos se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación, la cual no debe exceder las ocho horas, desde la cosecha hasta la recepción por la unidad comercializadora. Además se cumplirá con lo establecido en las normas: NC 38-03-01 y NC 38-03-02.

Almacenamiento y conservación

El almacenaje a temperatura ambiente se realizará en locales limpios, ventilados, secos y libres de materiales que puedan afectar al producto, no se debe permitir que el sol o la lluvia incidan directamente sobre el mismo, el tiempo no debe exceder las 72 horas.

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a una temperatura entre 10 y 15 °C durante 14 días y entre 7 y 10 °C para conservar durante 21 días, ambos rangos con una humedad relativa de 85 a 90 %. A 7 °C se corre el riesgo del daño por frío.

Rendimiento

La sandía ha mostrado rendimientos ligeramente superior al del melón, se pueden alcanzar entre 45 y 55 t/ha en los sistemas de cultivos protegidos del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depes-
tre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. et al., (2007). Ma-
nual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Venezuela:
Editorial Liliana, 138 p.

Giaconi, V. y Escaff, M. (2004). Sandia. En: Cultivo de hortalizas. Santiago
de Chile: Editorial Universitaria S.A., pp: 263-267.

Langlais, Ch. y Ryckewaert, Ph. (2002). Guía de los cultivos protegidos de
hortalizas en zona tropical húmeda. Martinica: Edición CIRAD-FLHOR.
90 p.



Flor femenina de sandía.



Abejas visitando flor masculina.



Abejas visitando flor femenina.



Colmena de abejas dentro de las casas de cultivos.



Cultivo rastrero de la sandía.



Fruto sin malla para su sostén.



Frutos apoyados al borde del cantero.



Plantas de sandía con 24 hojas o más.

Capítulo VI. RIEGO

Alberto Igarza Sánchez

¹Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

6.1. INTRODUCCIÓN

El riego es una actividad técnica encaminada a incrementar y mejorar la producción del cultivo en cualquier sistema agrícola. En condiciones de cultivo protegido, cobra mayor importancia ya que es la única fuente de abastecimiento de agua que este tiene.

Según las exigencias hídricas de los cultivos durante su ciclo vegetativo, se puede establecer una programación de riego que proporcione mayores beneficios técnicos y económicos. Para ello, se requiere poseer dominio de los cálculos de las necesidades diarias que demanda la planta, conocer el suelo, los factores climáticos que inciden en el desarrollo de los cultivos (radiación, temperatura, humedad) y los requerimientos por fases de desarrollo del cultivo.

El agua se aplica para satisfacer la demanda diaria del cultivo y no para crear una reserva en el suelo, así se eliminan situaciones extremas de exceso y falta de agua, comunes en el riego tradicional (Cuadro 6.1). La capacidad del suelo como reserva hídrica disminuye al estar las raíces concentradas en los bulbos húmedos. En estos bulbos la extracción de agua y nutrientes es muy elevada y se agota su reserva en poco tiempo, lo que obliga a su reposición con elevada frecuencia.

6.2. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La programación del riego responde básicamente a dos preguntas:

1. ¿Cuándo regar?
2. ¿Con qué cantidad de agua es preciso regar?

La primera responde a la determinación del momento de riego, lo que permite establecer su frecuencia y la segunda a la dosis o volumen de agua a aplicar en cada riego. Existen diferentes métodos para dicho fin.

6.2.1. Métodos de programación del riego

Los métodos más utilizados en la práctica se basan en el conocimiento del estado hídrico del suelo y en los parámetros climáticos. En el primero, se emplean métodos de medición directa (gravimetría) e indirecta (tensiómetros).

Cuadro 6.1. Consecuencias de la incorrecta programación del riego

RIEGO EXCESIVO	RIEGO DEFICITARIO
<ul style="list-style-type: none"> • Elevado contenido de agua en las hojas. • Plantas alargadas. • Pudrición radical por falta de aireación en el suelo. • Susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades. • Incremento de la humedad relativa en el interior de la instalación. • Lavado de nutrientes. • Aumento de afectaciones en la calidad comercial de los frutos por aparición de desórdenes fisiológicos. • Condiciones propicias en el suelo para el crecimiento de hongos, bacterias y nematodos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marchitez del cultivo. • Crecimiento lento, con hojas más pequeñas, entrenudos cortos y apariencia más dura. • Necrosis en las hojas. • Caída de las hojas • Falta de cuajado. • Aumento de afectaciones en la calidad comercial de los frutos por aparición de desórdenes fisiológicos. • Aumento en la salinidad de los suelos.

Método gravimétrico: es el más sencillo, consiste en tomar las muestras de suelo, pesarlas y ponerlas en una estufa a 105 °C hasta un peso constante. Por diferencia de peso entre el suelo húmedo y el seco se obtiene el contenido de agua que se suele expresar en forma gravimétrica, mediante la expresión $h (\%) = (\text{masa de agua}/\text{masa de suelo}) \times 100$.

Método tensiométrico: el tensiómetro es un dispositivo práctico que mide el potencial matricial del suelo el cual está relacionado con la humedad del mismo. Su rango de funcionamiento es de 0-100 kPa o centibares, rango conveniente para la programación del riego por goteo en el sistema de cultivo protegido. El valor de 15-20 kPa representa el 80-90 % de la capacidad de campo, y es el recomendado para la mayoría de las especies hortícolas.

Con el dato de tensión de humedad fijado para el momento de riego se procede al cálculo de la dosis neta a aplicar en cada riego mediante la expresión:

$$Ds = 10 \times H \times Da \times (CC - Lp)$$

Donde:

Ds = Dosis neta de riego (L/m²)

H = Profundidad del sistema de raíces o de humedecimiento (m)

Da = Densidad aparente (g/cm³)

CC = Capacidad de campo (% PSS = Peso de suelo seco)

Lp = Límite productivo (% PSS de la CC)

La dosis neta deberá ser afectada por una eficiencia de aplicación de 85 a 90 % y así se obtiene la dosis bruta con la cual se determina el tiempo de riego en horas (h), mediante la fórmula:

$$Tr = \frac{Dt \times dl \times de}{qe}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (h)

Dt = Dosis total o bruta (L/m²)

dl = Distancia entre líneas de riego (m)

de = Distancia entre emisores (m)

qe = Gasto de un emisor (L/h)

En el segundo método es necesario el conocimiento de parámetros que relacionen a las plantas con el medio ambiente. El aspecto más importante se centra en la valoración de la evapotranspiración del cultivo (E_t), la cual puede ser calculada por diferentes métodos empíricos y determinada experimentalmente. Al relacionar la E_t con el clima específicamente con el factor evaporación (E_v), se obtienen los coeficientes de cultivo (k_c), con los cuales se puede estimar la E_t y por consiguiente las dosis de riego para otras localidades.

Cuba cuenta con coeficientes de cultivo de las especies a desarrollar en condiciones protegidas por lo que puede utilizarse el método bioclimático, descrito a continuación:

Método bioclimático: para la determinación de este método es importante conocer las necesidades hídricas de las plantas, las cuales pueden ser calculadas a partir de la E_v y k_c mediante la expresión:

$$E_t = E_v \times K_c$$

La evapotranspiración del cultivo (E_t) es el elemento de egreso de la ecuación de balance el cual se corresponde con el riego, ya que en condiciones protegidas no influye la lluvia.

Con el conocimiento de la E_t se puede programar el riego, fijar la frecuencia y variar la dosis y viceversa. Se puede fijar la dosis y la frecuencia y variar ambas durante el ciclo del cultivo.

Para lograr un adecuado establecimiento de la plantación de los diferentes cultivos, es conveniente efectuar un riego de 15 – 20 L/m² antes de la plantación, con el objetivo de crear un franja húmeda a través del cantero hasta la profundidad de 0,30 – 0,40 m. Una vez realizada la plantación, se realiza un riego de 3 – 5 L/m².

A partir de este momento, se comienza la programación del riego en correspondencia con los requerimientos de agua de los cultivos por pe-

riodo de desarrollo y tipo de suelo. Se recomienda en la época de verano aumentar las dosis de riego en un 20–30 %, es decir, cada dosis de riego se multiplicará por 1,20 ó 1,30. La duración en días de las fases varían de un cultivar a otro. Se recomienda un monitoreo constante del estado de crecimiento y desarrollo del cultivo, a fin de establecer con exactitud el cambio de cada etapa. Los datos que se presentan se consideran un método tradicional de cálculo para la conducción del riego; sin embargo, se ofrece un método práctico para el cálculo de la dosis y el tiempo de riego en instalaciones protegidas.

Ejemplo de cálculo:

Una casa de cultivo A–12 (540 m²), con 1 200 plantas de tomate en la segunda fase (21– 44 días), con un intervalo de riego diario, suelo medio. Determine ¿Qué dosis de agua se debe aplicar y en qué tiempo de riego?

Datos adicionales:

Total de emisores de la casa 1 760 con un gasto efectivo de 2 L/h cada uno.

Solución

El consumo de agua por las plantas en esa fase es de 0,7 L/pl/día (ver cuadro 7.1, capítulo VII). Este resultado se multiplica por la cantidad de plantas de la casa $0,7 \times 1\,200 = 840$ L/día y como el riego es diario se multiplica $840 \times 1 = 840$ L y este resultado es la cantidad de agua a aplicar en la casa.

El tiempo de riego se determina al multiplicar la cantidad de emisores por el gasto de cada uno $1\,760 \times 2 = 3\,520$ L/h, cantidad de agua que sale en una hora en toda la casa. Por cuanto si se necesita aplicar 840 L, se plantea lo siguiente: si en una hora se aplica 3 520 L de agua, en qué tiempo se aplicarán 840 L, que es lo que necesitan las plantas de toda la casa según demanda obtenida.

$$\begin{aligned} 1 \text{ h} & \text{—} 3\,520 \text{ L} \\ x & \text{—} 840 \text{ L} \quad x = 0,24 \text{ h} \end{aligned}$$

El tiempo de riego es de 0,24 h x 60 minutos que tiene una hora es igual a 14 minutos de riego.

6.2.2. Uso del tensiómetro para decidir los riegos

Un tensiómetro (etimológicamente, medidor de tensión) mide la presión del agua retenida por el suelo. Dicha tensión será mayor cuanto menor sea el contenido de agua en el suelo y variará con el tipo de suelo. La planta, para succionar el agua del suelo, debe vencer esa presión (tensión del agua en el suelo). Un tensiómetro es un tubo lleno de agua, cerrado herméticamente por uno de sus extremos, y en el otro posee una cápsula de cerámica porosa, que se pone en contacto con el suelo. Junto al extremo cerrado se coloca un medidor de presión que normalmente es un vacuómetro para medir presiones inferiores a la atmosférica (depresiones).

Ésta cápsula porosa permite que la succión del suelo se transmita al agua del tensiómetro y la depresión es leída por el vacuómetro. La medida del vacuómetro se da en centibar (1 cbar = 1,0 m de columna de agua) y su es-

cala está graduada de 0 a 100. Una lectura cero indica que el suelo no ejerce ninguna succión sobre el agua, por lo que estará saturado o sobresaturado.

6.2.3. Normas de instalación

Las normas de instalación deben aparecer en el tensiómetro que se compre, pero conviene enfatizar en algunas que son fundamentales y se muestran a continuación:

Previo a su instalación, debe llenarse con agua hervida para eliminar la mayor cantidad de aire posible y mantener la cápsula sumergida en el mismo líquido 12 horas para conseguir la saturación de la cerámica. Una vez en el campo, habrá que rellenarlo. Es aconsejable añadir al agua de relleno algún fungicida y bactericida para preservar la permeabilidad de la cápsula porosa.

Para la realización del agujero en el suelo se perfora el mismo con una barrena (tubería) de igual diámetro o ligeramente inferior. Para evitar un mal contacto suelo-cerámica, una vez hecha la perforación, puede introducirse una mezcla de agua y suelo a una altura de unos 10 cm sobre el fondo del agujero. Después de introducir el tensiómetro debe sellarse bien junto a la superficie para evitar la entrada directa del agua.

El suelo alrededor del equipo debe mantenerse en condiciones normales, se sugiere no producir compactaciones que alteren la velocidad de la infiltración y faciliten el almacenamiento en superficie. Este fenómeno se considera grave en tensiómetros instalados a poca profundidad.

El número y situación de estos equipos depende del cultivo, del suelo y del método de riego. Se recomienda para cada cultivo instalar al menos un tensiómetro. Si la lectura, estructura y profundidad son variables, se requiere un instrumento por cada una de estos parámetros.

En el riego por goteo estos equipos deben colocarse cerca del gotero (de 10 a 40 cm) según el tipo de suelo y a dos profundidades en dependencia de la geometría del bulbo húmedo y de la profundidad de enraizamiento. En hortalizas, de 10 a 20 cm y de 30 a 50 cm de profundidad. Los valores óptimos de tensión matricial variarán para cada cultivo, según el tipo de suelo, sistema de riego, manejo, etc. La influencia de la disponibilidad hídrica en la calidad de los frutos (cuyo contenido en agua supera del 90 % al 95 % en la mayoría de las especies) resalta la importancia de una frecuencia de riego idónea.

Los tensiómetros son especialmente adecuados para suelos de textura arenosa y loamosa y cultivos que exigen altos niveles de humedad.

6.2.4. Normas de manejo

Se sugiere que la lectura del tensiómetro debe registrarse a primera hora de la mañana. Además con el tiempo de uso de este equipo, pueden aparecer burbujas de aire. Lo más probable es que provengan del suelo a través de la cápsula, por lo que el tensiómetro debe extraerse y restaurarse. Si la entrada de aire se produce con lecturas de hasta 30 centíbar (cbar), normalmente será debido a un mal contacto suelo-cápsula.

Los tensiómetros profundos indicarán el estado del agua en el suelo precisamente donde se extrae menos agua por las plantas; pero es importante mantener esas zonas con niveles de humedad suficientemente altos para que los nutrientes puedan ser extraídos. También estos equipos indican si existe una adecuada penetración del agua después del riego.

En este sentido, debe tenerse en cuenta que los suelos no pasan de saturación a capacidad de campo inmediatamente tras el riego, por lo que los tensiómetros más profundos no indicarán aumento de humedad hasta un cierto tiempo después del riego.

Por otra parte, el contenido de sales, en la solución del suelo obstruyen lentamente por precipitación los poros de la cápsula. Si la obstrucción no es total la presión se trasmite, aunque los tiempos de respuesta aumenten. En determinados momentos, será necesario cambiar el tensiómetro o sólo la cápsula si es posible.

Durante el funcionamiento del tensiómetro, se recomienda chequear el nivel de agua de su columna y aplicarle la bomba de vacío. Si no se soluciona el defecto, se deberá extraer para una inspección total. Al concluir el ciclo del cultivo, se extraerá del suelo el equipo, siempre con humedad apropiada, se tira hacia arriba y se le dan vueltas en el sentido de las manecillas del reloj. Posteriormente se sugiere desarmar el instrumento con sumo cuidado, fregar bien sus partes con detergente sobre todo el bulbo y no hacer contacto directo con las manos. Una vez lavado y seco, se procederá a armarlo y se protegerá el bulbo con un polietileno, hermetizado adecuadamente. Finalmente se almacenará en un lugar seguro y fresco.

6.2.5. Interpretación de resultados

La interpretación de las lecturas del tensiómetro, para cultivos hortícolas en casas de cultivos, es la siguiente:

Lectura	Interpretación
0 – 10	Suelo saturado o sobresaturado, se puede presentar hasta cuatro días tras un riego. Cuando existen problemas de drenaje es una situación peligrosa.
11 – 13	Iniciar riego en suelos arenosos o franco-arenosos.
14 – 17	Iniciar riego en suelos loamosos.
> 20	Iniciar riego en suelos arcillosos.

¡Atención!

Nunca destapar el tensiómetro cuando el reloj marque más de 50 cbar pues se corre el riesgo de deteriorar el manómetro.

6.3. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

La calidad del agua puede variar significativamente según el tipo y calidad de las sales disueltas. Las sales que contribuyen a crear un problema de salinidad son solubles, por cuanto son transportadas fácilmente en el agua. Para evitar concentraciones peligrosas, es necesario lixiviar una cantidad de sales igual o mayor a la aplicada con el agua de riego durante un período de tiempo. La cantidad de agua requerida para lixiviar las sales depende de su calidad y de la tolerancia de los cultivos a la salinidad.

Las aguas contienen además sedimentos minerales y sustancias orgánicas en suspensión, que pueden causar serios problemas en los sistemas de riego, tales como: obturación de emisores y daños a los equipos de bombeo, si éstos no están protegidos con tamices apropiados.

El análisis de la calidad del agua de riego se realiza para evitar las concentraciones excesivas que obstruyen los goteros y para corregir excesos de iones bicarbonatos, además todas las aguas de riego tienen sales de disolución y cuando se van a utilizar es imprescindible conocer la composición cualitativa y cuantitativa de dichas sales. La tolerancia a la salinidad varía según las especies y existen valores de referencia que definen la tolerancia de los diferentes cultivos a la salinidad, expresada como el total de sales solubles y como iones tóxicos individuales. Cuando se usan aguas salinas para riego, se debe tener en cuenta que los fertilizantes son también sales y, por tanto, contribuyen a la CE de la solución de riego. En el Cuadro 6.2 parece la clasificación de la calidad del agua de riego en función de la CE.

Cuadro 6.2. Clasificación de la calidad del agua de riego en función de la CE

ÍNDICE DE SALINIDAD	CE (mS/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
1	< 0,75	Bajo
2	0,76 – 1,5	Medio
3	1,6 – 3,0	Alto
4	> 3,1	Muy Alto

Las aguas de riego pueden ser aguas duras o salinas. Las duras se caracterizan por:

- Alto contenido de Ca (>60 PPM) y Mg (> 30 PPM).
- Alto contenido de bicarbonatos (> 150 PPM).
- pH alcalino (> 7,5).
- El Ca y Mg (del agua) se combinan con el fosfato y/o sulfato (del fertilizante) y forman precipitados insolubles.
- El calcio forma carbonato de calcio insoluble: $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} - \text{CO}_3\text{Ca}$.

Para este tipo de agua se recomienda:

- Elegir fertilizantes de reacción ácida (para P: ácido fosfórico, MAP, MKP).
- Inyección periódica de ácido en el sistema de riego para disolver precipitados y destupir los goteros.

- Agregar fertilizantes de Ca y Mg sólo de acuerdo con su concentración en el agua de riego.

Las aguas salinas se caracterizan por:

- Alta CE (> ~ 2–3 dS/m).
- Alta concentración de cloro Cl^- (>150–350 PPM.).

Para este tipo de agua se recomienda:

- Chequear la sensibilidad de los cultivos a la salinidad.
- Elegir fertilizantes de bajo índice salino.
- Regar sobre la necesidad hídrica de la planta (fracción de lavado) para lavar las sales de la zona radicular.

La información proporcionada por un análisis químico del agua de riego servirá para:

- Quantificar aquellos iones que forman parte de la solución nutritiva (Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2}). Al estar contenidos en el agua de riego se sugiere disminuir las cantidades que se han de aportar con los fertilizantes.
- Tomar decisiones respecto a iones que no sean necesarios para la solución nutritiva (Cl^- , Na^+) que se encuentran normalmente en el agua de riego. Estas sales producen en general dos tipos de problemas:
 - Pueden encontrarse en concentraciones que resultan fitotóxicas para la planta y por lo tanto serán aguas descartadas para su uso.
 - Su presencia contribuye al aumento de la conductividad de la solución nutritiva. Si sobrepasan ciertos límites comienzan a crear algún tipo de problema.
- Conocer con exactitud el contenido de carbonatos (CO_3^{-2}) y bicarbonatos (HCO_3^-); para poder realizar los cálculos de la corrección del pH con precisión y fiabilidad, como se describe a continuación.

Los análisis que en el laboratorio se le realizan al agua de riego son:

- pH.
- Conductividad eléctrica (CE) expresada en mS/cm.
- Aniones: carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (HCO_3^-), cloruros (Cl^-) y sulfatos (SO_4^{-2}).
- Cationes: calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^+) y sodio (Na^+).

Los aniones y cationes se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L) y las dos reglas que se deben cumplir en el análisis del agua de riego son:

- La suma de los cationes (en meq/L) debe ser igual a la suma de los aniones.

$$\sum \text{Ca, Mg, K, Na} = \sum \text{CO}_3, \text{HCO}_3, \text{Cl}, \text{SO}_4$$

- La suma de los cationes dividido entre 10 es aproximadamente igual a la conductividad eléctrica en mS/cm.

$$\sum \text{cationes} = \sum \text{aniones} / 10 = \text{mS/cm.}$$

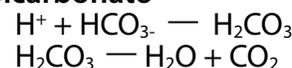
Con relación a la frecuencia de los análisis del agua se sugiere muestrear esta una vez en la época de seca y otra en la de lluvias, pues en ambas estaciones la calidad del agua puede variar significativamente.

Por otra parte se recomienda realizar un ajuste del pH. El valor del pH de un medio informa el carácter básico o ácido del mismo. La solubilidad de los iones está afectada por el pH de la solución. Incluso, la concentración de determinadas formas iónicas, se ve afectada por los valores del pH. En este sentido resultado de investigaciones y experiencias prácticas, corroboraron que las soluciones nutritivas deben ajustarse a un pH comprendido entre los valores de 5,5 y 6,0.

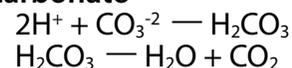
De manera general las aguas que se utilizan para el riego tienen un pH superior a 5,8 y normalmente la presencia de los iones bicarbonatos y en menor medida, los iones carbonatos, son los responsables de ello. La forma de bajar el pH de estas aguas de riego consiste en eliminar estos iones con la adición de algún ácido.

La reacción de neutralización es la siguiente:

Bicarbonato



Carbonato



Los ácidos más utilizados en las soluciones nutritivas son el ácido nítrico y el ácido fosfórico. Estos ácidos tienen como ventaja: servir para hacer el ajuste del pH y aportan elementos nutritivos necesarios para la planta. La cantidad exacta de ácido que se ha de incorporar al agua de riego para situar el pH entre 5,5 y 6,0 puede ser inferida por diferentes y variados métodos. Para esto utilizaremos un método sencillo, práctico y rápido que permita el ajuste del pH de las soluciones nutritivas, descrito a continuación:

En este sentido, mediante este método se recomienda dejar 0,5 meq/L de bicarbonatos sin neutralizar, para evitar que cualquier pequeño error en la dosis de ácido pudiera situar el valor del pH de la solución nutritiva, en valores de extrema acidez.

Ejemplo:

Un agua de riego contiene 4,0 meq/L de bicarbonatos (HCO_3^-).

¿Qué cantidad de ácido fosfórico 85 % es necesario añadir por cada m^3 de agua para neutralizar los bicarbonatos y disminuir el pH a 5,8?

R/ Para obtener este resultado seguir los siguientes pasos:

- Se recomienda dejar sin neutralizar 0,5 meq de HCO_3^- .
- Se debe realizar la siguiente operación:
 $4,0 - 0,5 \text{ meq/L de bicarbonatos } (\text{HCO}_3^-) = 3,5 \text{ meq de } \text{HCO}_3^-$
 Hay que neutralizar 3,5 meq de HCO_3^- y para 1 m^3 , o sea, 1 000 L serán $3,5 \times 1\,000 = 3\,500 \text{ meq/m}^3$ de agua.

- En este caso se debe seleccionar el valor de la normalidad del ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85 %, que resulta de 14,6 meq/mL.

Para ello se necesita realizar una simple regla de tres:

$$1 \text{ mL } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85 \%} \longrightarrow 14,6 \text{ meq H-}$$

$$X \longrightarrow 3\,500 \text{ meq } \text{HCO}_3^-$$

$$X = 3\,500 \text{ meq} \times 1 \text{ mL } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85 \%} / 14,6 \text{ meq} = 240 \text{ mL } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85 \%}$$

Al tener en cuenta que esta acción aporta fósforo (P_2O_5) a la nutrición, se procede al siguiente cálculo:

En 1 meq/L H_3PO_4 hay 71 mg/L P_2O_5 .

Cada mL de ácido fosfórico al 85 % contiene 1,04 g de P_2O_5 .

$$3,5 \text{ meq/L } \text{H}_3\text{PO}_4 \times 71 \text{ mg/L } \text{P}_2\text{O}_5 = 248,5 \text{ g de } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$248,5 / 1,04 \text{ de } \text{P}_2\text{O}_5 = 239 \text{ mL } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85 \%}.$$

En ambas variantes el resultado es similar, 240 y 239 mL de H_3PO_4 85 % por cada m^3 de agua de riego.

En caso de no contar con análisis de laboratorio se recomienda el siguiente procedimiento:

Ejemplo práctico. A 10 L de agua se le añade ácido de forma paulatina hasta bajar el pH entre 5,5 – 6,0. Si para lograr este pH se añadieron 2 mL, en un caso de tener un tanque de 1 000 L de agua se recomienda aplicar una regla de tres para determinar la cantidad de ácido a añadir, que en este caso serían 200 mL para disminuir los bicarbonatos.

2 mL ácido — 10 L de H_2O

$$X \text{ — } 1\,000 \text{ L de } \text{H}_2\text{O}$$

$$X = 2 \text{ mL ácido} \times 1\,000 \text{ L de } \text{H}_2\text{O} / 10 \text{ L de } \text{H}_2\text{O}$$

$$X = 200 \text{ mL de ácido}$$

Por otra parte es importante señalar, que en Cuba se utiliza para este manejo fundamentalmente el ácido fosfórico y el ácido nítrico; sin embargo, en muchos países se utiliza el ácido sulfúrico, al ser este más barato y no intervenir en la relación de los elementos minerales.

6.4. EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Para la explotación del sistema de riego en las casas de cultivo, es necesario conocer cada uno de sus componentes para que su funcionamiento sea eficiente y suministrarle a las plantas la cantidad de agua requerida en su desarrollo. Estos sistemas se componen de:

- Cabezal de riego.
- Red de distribución.
- Emisores.

6.4.1. Cabezal de riego

El cabezal de riego deberá situarse en el punto más alto del área y equidistante a las casas de cultivos, está dotado de elementos, como: equipo de inyección, filtros, válvulas y manómetros, para garantizar el aporte de agua y los nutrientes con la presión, limpieza y concentración necesaria a los emi-

sores encargados de llevarlos a las plantas. La presión de trabajo registrada en el manómetro dependerá del tipo de emisor elegido y debe oscilar entre 20–30 m de carga. En caso de utilizar cintas de riego de paredes finas esta presión debe estar alrededor de 7 m de carga.

Por otra parte se sugiere que el filtro a ubicar estará en función de la calidad del agua de la fuente de abasto. Los tipos de filtros a utilizar pueden ser de arena, de anillas o de mallas.

6.4.2. Red de distribución

La distribución del agua desde el punto de bombeo se realiza a través de la conductora principal, tuberías secundarias y terciarias, así como mediante los laterales con sus emisores de riego ubicados sobre los canteros, en línea recta. En este sentido se recomienda efectuar un manejo posicional de los laterales de riego de acuerdo al crecimiento de las plantas, hasta lograr una separación de los mismos de 40 a 50 cm.

Por otra parte se sugiere ubicar las tuberías secundarias y terciarias en la parte más alta del terreno, para lograr mayor uniformidad en la humedad del suelo. Otro de los elementos de la red de distribución son las válvulas, estas controlan la entrada de agua en la tubería distribuidora y deben ser protegidas contra roturas por animales o equipos.

6.4.3. Emisores

Los emisores son los encargados de suministrar el agua y los nutrientes al suelo en el área de mayor distribución de las raíces del cultivo. La diferencia de descarga de los emisores entre el inicio y el final del lateral no debe ser mayor del 10 %.

Para aforar un emisor, se mide la cantidad de agua en (mL) que sale en un tiempo de 30 segundos y se multiplica por 0,12 (constante de transformación) como resultado se obtiene el gasto del emisor (qe) en L/h.

Para realizar esta operación se necesita una probeta o recipiente graduado en mL y un cronómetro o reloj.

Ejemplo:

Se determinó que la cantidad de agua que sale por un emisor es de 20 mL en 30 segundos.

Se calcula: $q_e = 20 \text{ mL} \times 0,12 = 2,4 \text{ L/h}$ (gasto del emisor).

Realizar esta operación al inicio y al final del lateral, se puede comprobar la diferencia de gasto.

6.4.4. Uniformidad del riego

Es importante determinar la uniformidad del riego porque de ello depende la distribución uniforme del agua y los nutrientes aportados

Para efectuar esta operación, se determinan los caudales de 16 emisores, tomando como ejemplo una instalación A-12 de 540 m² y 12 m de ancho, con 6 canteros por casa y dos laterales de riego por cantero, lo que hace 12 por instalación. Se mide el gasto de los goteros en 4 laterales de riegos, co-

rrespondiente a los laterales 1, 4, 8 y 12 contados de izquierda a derecha. En cada lateral se seleccionan los goteros del inicio y final, y dos intermedio de forma que queden equidistante.

Cuadro 6.3. Evaluación de la uniformidad del riego

EMISORES	LATERALES			
	PRIMERO	CUARTO	OCTAVO	ÚLTIMO
Primero	1,90	1,95	1,89	1,88
15 m del inicio	1,87	1,90	1,86	1,88
30 m del inicio	1,80	1,85	1,83	1,80
Último	1,79	1,88	1,84	1,79

Los valores en negrita corresponden al caudal medio del cuarto más bajo (qe 25 %) en cada uno de los emisores evaluados, es decir, los cuatro valores más bajos.

Uniformidad = $q_e 25 \% / q_e \text{ med} \times 100$ $q_e \text{ med}$ = Gasto medio de todos los emisores evaluados.

Del cuadro se obtiene lo siguiente:

$$q_e 25 \% = (1,79 + 1,80 + 1,80 + 1,79) / 4 = 1,795$$

$$q_e \text{ med} = (1,9 + 1,79 + 1,8 + 1,87 + 1,95 + 1,9 + 1,85 + 1,88 + 1,89 + 1,86 + 1,83 + 1,84 + 1,88 + 1,88 + 1,8 + 1,79) / 16 = 1,856$$

Al sustituir en la fórmula para el cálculo de la uniformidad se obtiene que:

$$(1,795 / 1,856) \times 100 = 96,71 \%, \text{ por lo que la uniformidad del riego es excelente}$$

Se recomienda para todos los sistemas de riego localizado que el coeficiente de uniformidad no sea menor del 90 %, esto incluye a los utilizados en las casas de cultivo protegido.

Para una adecuada explotación del sistema de riego hay que considerar lo siguiente:

- Control de la presión. La presión a la salida del cabezal de riego debe estar entre 2,5 – 3,5 kg/cm², si dicho cabezal se encuentra próximo a las casas (10 m).
- Control de válvulas. Verificar que estén abiertas las válvulas que corresponden a cada turno de riego.
- La sectorización del fertirriego de cada casa o por grupos de casas a fin de mejorar la eficiencia del riego, optimizar el consumo de agua, así como compensar la falta de caudal de algunos sistemas.
- Funcionamiento de los goteros. Revisar que no se encuentren goteros obstruidos, desconectados o averiados.

- Limpieza del filtro. Se debe limpiar para eliminar las partículas incrustadas.
- Drenaje de tubería. Cada cierto tiempo, una vez al mes o al final de cada ciclo, se realiza el drenaje de las tuberías para eliminar partículas que se encuentren en su interior y evitar la obturación de los goteros.
- Obturaciones. Es uno de los problemas fundamentales en el riego por goteo y para combatirlo se realizan dos tipos de procedimientos:
 - Preventivos. Se debe realizar un buen filtrado.
 - De limpieza. Mediante tratamientos de agua.
- Se establece realizar aplicaciones de hipoclorito de sodio al 5 %, al finalizar el ciclo de un cultivo con dosis de 2 L/m³ de agua aplicada.
- También se recomienda la aplicación de ácido nítrico NO₃H con dosis de 1 L en 20 L de agua durante 20 minutos.

6.5. LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO EN LAS CASAS DE CULTIVO PROTEGIDO

6.5.1. Control de la presión

Diariamente deberá controlarse la lectura de los manómetro instalado en el cabezal de riego, de esta forma se puede detectar cualquier anomalía en la instalación. La más frecuente, es que el filtro se encuentre sucio, lo cual hace que baje la presión del sistema. La diferencia entre el manómetro de entrada al filtro y el de la salida debe ser menor de 5,0 mca o 0,5 atm.

6.5.2. Operación de válvulas

La operación de las válvulas está regida por la programación del riego y el diseño hidráulico realizado, por lo que es importante mantener el sistema de riego con la presión adecuada, para evitar un mal trabajo de los emisores.

6.5.3. Mantenimiento de la instalación de riego

a) Limpieza del filtro

El filtro cuenta en su interior con un elemento filtrante o cartucho constituido por un soporte plástico el cual deberá limpiarse como mínimo una vez al día, al final de la jornada de riego. Para ello, se necesita desmontar el cartucho y lavarlo con agua limpia a presión. Un indicador para proceder a la limpieza del filtro es que la presión señalada por el manómetro se encuentre por debajo de la requerida (0,5 atm).

b) Limpieza de la red de tuberías

Las conductoras se limpiarán como mínimo una vez al mes; para ello se desconectará el tapón final de la tubería terciaria y se dejará desaguar hasta salga agua limpia.

Las tuberías terciarias y laterales de riego se limpiarán una vez a la semana. Para ello, se quita el tapón final de la terciaria y se deja desaguar hasta que salga el agua limpia, luego se coloca el tapón final de la terciaria y se va a los extremos de los laterales quitando uno a uno los tapones y dejándolos desaguar por dos o tres minutos. Finalmente vuelven a cerrarse en el orden en que se abrieron. La limpieza se realiza casa a casa.

c) Limpieza de goteros por causas físicas

En ocasiones, los goteros tienen obturación parcial o total visible originadas por alguna causa física. En la mayoría de los casos este problema se resuelve al invertir la colocación del gotero sobre el lateral, succionar el gotero por diferentes formas, golpear ligeramente el gotero con un objeto no destructivo.

d) Salideros por válvulas

Comúnmente las válvulas no tienen salideros cuando las conexiones se realizan correctamente. En caso contrario deberán desmontarse y colocarse las juntas y piezas internas de las válvulas. El ajuste de las válvulas debe realizarse manualmente ya que no requiere de llaves especiales. Al usar llaves y enroscar las partes con una fuerza excesiva, pueden ocurrir salideros y roturas en casos extremos.

e) Salideros por tuberías y orificios en goteros.

Los salideros por tuberías se resuelven mediante conexiones, enlaces, manguitos que son de producción nacional. En el caso de orificios para ramales de goteros también se dispone nacionalmente de taponcillos para su solución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cadahía López, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). *Manual para la producción protegida de hortalizas*. (2da. Ed). Venezuela: Editorial Liliana, 138 p.
- Giglio, P.L. (2016). *Seminario taller de nutrición y riego de cultivos y semilleros hortícolas en sistemas de cultivo protegido*. Empresa Agropecuaria Yabú. Villa Clara.
- Giglio, P.L. (2018). *Seminario de nutrición y riego de cultivos hortícolas en unidades de cultivo protegido*. Grupo Agrícola (GAG). La Habana.
- Moreno, V. (2004). *Procedimiento para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivos*. Grupo Empresarial Frutícola, Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- Rincón, S. L. (1991). *Fertirrigación en cultivos Hortícolas En El agua y los fertilizantes. Fertilización localizada*. Murcia: Editora Caja-Murcia.

Capítulo VII. FERTIRRIEGO

Alberto Igarza Sánchez¹, María I. Hernández Díaz¹, Víctor Moreno Placeres²,
Raúl Brito Cabrera³ y Julio C. Hernández Salgado¹

¹Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

²Grupo Empresarial Agrícola, La Habana

³Dirección de Hortalizas. Ministerio de
la Agricultura (MINAG). La Habana.

7.1. INTRODUCCIÓN

El método de "fertirriego" combina la aplicación del agua de riego con la de los fertilizantes. Esta práctica incrementa la eficiencia de la aplicación de los nutrientes, para obtener mayor rendimiento y mejor calidad del producto. El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme al suelo, donde están concentradas las raíces activas. Las recomendaciones del régimen de fertirriego para las diferentes especies están en función de la etapa fonológica del cultivo, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos.

Para la aplicación del fertirriego pueden utilizarse diferentes equipos:

Tanque fertirrigador: es un depósito donde se encuentra el fertilizante conectado, en paralelo con la tubería de riego mediante dos tomas. El tanque fertirrigador tiene la desventaja que la concentración de nutrientes no es constante y el control de la fertirrigación no es exacto.

Succión con Venturi: consiste en un tubo con estrechamiento, provisto de una conexión al depósito que contiene la solución de nutrientes. El paso del agua por la zona estrecha incrementa su velocidad, lo que a su vez provoca un vacío o succión. Para que la succión se produzca, es necesario una diferencia de presión mínima de 0,4 bares. En el Venturi la regulación de la entrega de la solución nutritiva depende de la diferencia de presión que se pueda lograr en la línea principal de riego. Esta diferencia de presión se garantiza en la válvula intermedia, colocada entre la entrada y la salida del mismo, por cuanto se provoca una caída de presión del sistema de riego que puede alcanzar un 40 % de pérdida. Los nuevos modelos de Venturi presentan boquillas de diferentes diámetros que permiten regular el caudal de inyección.

Bombas inyectoras: este sistema aporta energía a la solución fertilizante para lograr una mayor presión que la del agua de riego y se pueda introducir en la red; puede ser de pistón o de diafragma, con la utilización de energía eléctrica o hidráulica. Su dosificación es más exacta y mantiene constante la concentración de nutrientes en el depósito correspondiente.

Sistemas automatizados: es una tecnología de avanzada, es más exacta, pero requieren de personal altamente calificado para su programación y operación.

El sistema automatizado funciona a través de un sistema computarizado. Esta provisto de varios tanques para diferentes productos fertilizantes. Cada tanque tiene acoplado un equipo de inyección independiente y se concentran las soluciones nutritivas de 100 a 200 veces en función de la solubilidad de los fertilizantes a utilizar. A las soluciones nutritivas concentradas se les denomina soluciones madres.

Para el cumplimiento de las normas de preparación de soluciones madres se deben considerar los siguientes aspectos:

- Evitar la mezcla en el mismo tanque del nitrato de calcio con fertilizantes que contengan sulfatos o fosfatos como macroelementos o microelementos.
- Se debe prestar atención a los fertilizantes comerciales de fórmulas completas que contengan azufre.
- No se deben mezclar en un mismo tanque los microelementos en forma de quelatos con los ácidos, ya que el pH menor de cinco los degrada.
- Los fertilizantes deben distribuirse proporcionalmente entre los diferentes tanques.
- Los ácidos se vierten en el agua y no viceversa, pues se puede general una fuerte reacción exotérmica que puede dañar al operario.
- El tanque se debe rellenar hasta la mitad del volumen con agua, se aportan los fertilizantes y se termina de rellenar el tanque completamente.
- Agitar hasta garantizar la completa disolución de los fertilizantes.

7.2. SÍNTOMAS GENERALES DE DESÓRDENES NUTRICIONALES Y FISIOLÓGICOS EN LOS CULTIVOS PROTEGIDOS

Nitrógeno

Su déficit provoca:

- Tonalidades verde claro y amarillentas que progresa de las hojas viejas a las jóvenes. Defoliación temprana de las plantas.
- En las hojas jóvenes, se produce un cambio de color en las venas, que pasa del verde claro a tonos más o menos púrpura a ambos lados de la hoja.
- Poco crecimiento de los brotes laterales.
- Las plantas adelgazan y alcanzan gran altura.
- Caída anormal de las flores.
- Frutos con tonos pálidos.
- Frutos blandos, menor riqueza en azúcares, más frágiles y de difícil conservación; la maduración puede retrasarse.

En caso de exceso, las hojas son grandes y de color verde oscuro, el crecimiento de los tallos y las hojas es rápido mientras que el de las raíces es lento, los tallos se vuelven grandes y quebradizos, se produce retraso en el "cuaje" y la maduración de los frutos que a su vez presentan menor aguante en la conservación y el transporte. Aumenta el aborto de frutos con una sensible disminución en su número y en el rendimiento.

Fósforo

Su déficit provoca:

- Poco desarrollo radical del cultivo.
- Retraso en el cuaje de los frutos.
- Color púrpura generalizado en las hojas jóvenes (semillero y en hojas viejas de plantas adultas).

Potasio

Su déficit provoca:

- Hojas con clorosis internervial y necrosis marginal que progresa de las hojas viejas a las jóvenes.
- Peciolos rígidos, los extremos de las hojas tienden hacia abajo.
- Los tallos son finos, flores pequeñas y de color pálido, su vida es corta.
- El fruto presenta retrasos en la maduración, que a su vez es poco uniforme.
- El fruto maduro presenta manchas verdes y amarillas.
- El fruto se vuelve hueco, blando y esponjoso. Poco peso de frutos.

Magnesio

Su déficit provoca:

- Las hojas se vuelvan oscuras y más tarde amarillas. Cambio de color que comienza desde los bordes de las hojas viejas hacia el centro, en caso de deficiencia severa las hojas se enrollan.
- Las nervaduras de las hojas permanecen verdes.
- Hojas con aspecto de mosaico.
- Color pobre de las flores.
- Tallos finos.

Calcio

Su déficit causa:

- Muerte apical (culillo). La gravedad de la enfermedad se relaciona con el grado de insuficiencia cálcica de las hojas.
- Hojas que presentan una pigmentación pardo púrpura que comienzan por las hojas más jóvenes.
- Hojas estrechas y con cierta semejanza a las de los helechos. Las hojas jóvenes se deforman, presentan ápices encorvados hacia abajo y bordes enrollados.
- Los desequilibrios hídricos pueden provocar desórdenes fisiológicos en la transportación del calcio en la planta.

Rajaduras

Están asociadas:

- Cambios bruscos en el potencial hídrico en la zona radicular.
- Descenso brusco de la conductividad eléctrica, debido a que la raíz absorbe más agua, aumenta rápidamente la presión en el fruto y la piel no es lo suficientemente elástica para absorber el incremento de volumen y estalla (aparece fundamentalmente en tomate y melón)
- Tasa estresante de transpiración durante el día, por la noche se restablece la máxima turgencia.

Frutos huecos

Son frutos con cavidades locales excesivas, con o sin semillas, y sección poligonal. Poseen unos lados más llenos que los otros, menos pesados por contener menos gel y semillas. Están asociados a:

- Pobre polinización.
- Desbalance hormonal entre auxinas y citoquininas.
- Sequía o humedad excesiva.
- Nitrógeno excesivo.
- Relación N/K y K/Ca+Mg inadecuada.
- Utilización de hormonas.
- No uso del vibrador.
- Grandes diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas
- Escasa iluminación.
- Balance negativo de carbohidratos, consumo elevado a temperaturas altas, carga de frutos excesiva y baja síntesis de los mismos en condiciones de baja luminosidad.

Agrietamiento radial

Son círculos concéntricos uno dentro del otro alrededor del pedúnculo del fruto. Está asociado con:

- Exceso de agua después de un período de estrés.
- Crecimiento rápido del fruto en condiciones de altas temperaturas y humedad relativa.
- Grandes diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas.

Culillo apical o Blossom end rot

Aparece como un área hundida de color naranja claro, parda o negra, con aspecto aceitoso, no es blanda sino firme y un poco corácea, puede estar acompañada de una pudrición seca. Algunas veces aparece sólo dentro de la fruta con un área oscurecida sin ningún síntoma exterior.

Está asociado a:

- Insuficiencia de calcio.
- Escaso desarrollo del sistema radicular por limitación de espacio, compactación del suelo y afectaciones por nematodos y fusariosis.
- Elevada humedad relativa por el día.
- Riegos deficitarios.
- Incrementos súbitos de la evapotranspiración.
- Exceso de sodio, elevados niveles de nitrógeno amoniacal y bajos contenidos de boro.

- Elevada conductividad eléctrica en el suelo y en la solución nutritiva, lo que dificulta la absorción de agua por las raíces y la absorción de calcio se realiza de forma pasiva.
- Antagonismos con otros cationes como K^+ , NH_4^+ , Na^+ y Mg^{++} .
- Relación $K/Ca^+Mg > 1$.
- Características propias del cultivar.

Cara de gato (*catface*)

Es una malformación o agrietamiento del fruto que aparece al final de la floración, a veces provoca huecos en los frutos que exponen los lóculos y las semillas.

Está asociado a:

- Desórdenes durante el proceso de floración.
- Temperaturas muy altas.
- Daños mecánicos.

Enrollamiento foliar

Este síntoma se manifiesta en las hojas de la base de las plantas, cuando éstas están muy cargadas de frutos, cuando sufren condiciones climáticas adversas o por un manejo de cultivo inadecuado (períodos de sequía prolongados, suelo húmedo y asfixiante, poda fuerte) que perturban la absorción hídrica.

7.3. ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN. BASES Y PRINCIPIOS

7.3.1. Esquemas de fertirriego

Para el cálculo de los esquemas de fertirriego se toma como base los siguientes aspectos:

- Los valores de extracción de nutrientes asumidos, superan los rangos máximos; estos garantizan una adecuada disposición de nutrientes totales y por fase de desarrollo del cultivo.
- Se tendrá en cuenta los rendimientos programados, la exportación de nutrientes que se origina con esa producción y la duración del ciclo del cultivo.

Si los aspectos anteriormente señalados varían, la cantidad de nutrientes a suministrar deben modificarse en el cálculo del esquema de fertirriego.

Se presentan los esquemas de fertilización para cada cultivo. Estos se encuentran calculados para suelos de baja fertilidad. Para suelos con mayores contenidos de nutrientes, o para alcanzar rendimientos más bajos, se requerirán menores cantidades de fertilizantes, debiéndose disminuir estos en correspondencia con la existencia de nutrientes en el suelo.

Los esquemas de nutrición recomendados para los principales cultivos, son una guía y deberán ajustarse en base a las condiciones específicas de cada instalación.

No emplear los niveles máximos de nutrientes que aparecen en los esquemas de fertilización. Estos deben ser aplicado por un período limitado de tiempo y bajo el monitoreo de la fertirrigación, por medio de sondas, lisí-

metros, riegómetro, pastas de suelos etc. Se debe tener en cuenta la relación entre los nutrientes y la conductividad eléctrica indicada para cada fase.

Se debe realizar sistemáticamente la revisión visual del cultivo para detectar la posible aparición de síntomas de trastornos nutricionales.

7.3.2. Soluciones nutritivas. Consideraciones generales

- Una solución nutritiva es una disolución acuosa con una determinada concentración de fertilizantes.
- Los fertilizantes empleados en la fertirrigación deben ser abonos líquidos ó sólidos especiales de alta solubilidad.
- Como norma general, los abonos sólidos empleados en la fertirrigación son sales altamente dissociables, es decir, en disolución se separan en sus correspondientes partes catiónica y aniónica, lo que genera un incremento de la conductividad eléctrica (CE).
- En el incremento de la salinidad, hay que considerar la CE del fertilizante al ser disuelto en agua y la del agua de riego.

7.3.3. Consideraciones previas a la elaboración de una solución nutritiva

- Analizar el agua de riego. Los cationes Ca^{++} , Mg^{++} y Na^+ , así como los aniones Cl^- y SO_4^{--} pueden encontrarse en cantidades excesivas respecto a las necesidades de la planta.
- El nivel de iones de bicarbonatos HCO_3^3- indicará la necesidad de ácido a aplicar para ajustar el pH de la solución al valor óptimo.
- Contar con pH óptimo del agua para mayor disponibilidad de elementos nutritivos.
- Prevención y/o eliminación de obstrucciones y depósitos en las redes de riego y en los emisores.

Cálculo de la nutrición. Ejemplo número 1.

Cuadro 7.1. Esquema de fertilización para el cultivo del tomate

FASES	NÚMERO DE DÍAS		NUTRICIÓN PROMEDIO DIARIA						DOSIS DE RIEGO DIARIA
			NO_3^-	NH_4^+	H_2PO_4	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	
	Período	Total	meq/L/día						L/planta/día
I	0 – 20	20	5,69	0,5	2,0	1,79	1,9	0,9	0,3 – 0,5
II	21-44	23	7,25	0,5	1,5	2,3	1,9	0,9	0,7 – 0,1
III	45+	55 (+)	11,0	0,5	1,13	7,53	5,3	2,5	1,5 – 3,0

I Trasplante – emisión primer racimo floral.

II Emisión del primer racimo – cuaje del tercer racimo.

III Cuaje del tercer racimo – final del ciclo.

La concentración en PPM se obtiene al multiplicar los meq/L/día por el factor de conversión del elemento (anexos).

Por ejemplo, en III fase, el potasio es $7,53 \times 47$.
=354 PPM o g/m^3

Recuerde que PPM. = parte por millón
1 PPM = $1g/m^3 = 1mg/L$

Casa de cultivo de $540 m^2$. Plantación de tomate en su III fase de desarrollo y un total de 1 300 plantas y 1 300 emisores con un gasto de 1,8 L/h cada uno, con un intervalo de riego cada dos días. La inyección se realiza mediante una bomba Amiad de 3 L/min.

Del esquema anterior de nutrición del tomate (III fase) se toman los datos siguientes en meq/L/día:

NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}
11,0	0,5	1,13	7,5	5,3	2,5

La dosis de agua es de 1 L/planta/ día

Fertilizantes disponibles

11-0-0-0-15	Nitrato de magnesio
15.5-0-0-26	Nitrato de calcio
H_3PO_4 (85 %)	Ácido fosfórico
12-0-45	Nitrato de potasio
34-0-0	Nitrato de amonio

Cálculo de la cantidad de agua a aplicar en el fertirriego

El consumo de agua del tomate en la III fase es de 1L/planta/día. Para 1 300 plantas será $1\ 300 \times 1 = 1\ 300$ L. Si el intervalo de riego es cada dos días, será $1\ 300 \times 2 = 2\ 600$ L para toda la casa en cada fertirriego.

Tiempo de fertirriego:

Se multiplica la cantidad de emisores por el gasto de cada emisor = $1\ 300 \times 1,8 = 2\ 340$ L de agua en la casa en 1 hora. La necesidad es de 1 300 L.
2 340 L — 60 minutos
2 600 L — x
 $x = 33,3$ minutos para el fertirriego.

La cantidad total de fertilizantes se aplica con la bomba Amiad en un tiempo de 33,3 minutos.

Si la bomba inyecta 3 L/min ¿qué cantidad de agua es necesaria para disolver todo el fertilizante y que se inyecte en el tiempo calculado?

1 minuto inyecta — 3 L
66,7 — x

$x = 100$ L, es la cantidad de agua necesaria en el tanque de fertirriego.

Cálculo de la cantidad de nutrientes a aplicar en el fertirriego

Formato para realizar el cálculo de las soluciones nutritivas.

	Aniones meq/L					Cationes meq/L					pH	CE mS/cm
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+		
Agua de riego												
Solución ideal												
Aportes previstos												
Fertilizantes (g/m^3)												
H_3PO_4												
HNO_3												
$Ca(NO_3)_2$												
$MgSO_4$												
KNO_3												
K_2SO_4												
$Mg(NO_3)_2$												
NH_4NO_3												
Aportes reales												
Solución nutritiva final meq/L												
Σ Aniones												
Σ Cationes												
Σ PPM												

Los resultados en meq/L de aniones y cationes, la CE en mS/cm y el pH, se ubican en el renglón de agua de riego.

A continuación, en el renglón de la solución ideal se ubican los datos correspondientes a la fase de desarrollo del cultivo en estudio.

Seleccionar para el ejemplo el cultivo del tomate y la fase de desarrollo:

Cuaje del 3^{er} racimo – final del ciclo.

NO_3^- — 11,0 meq/L

$H_2PO_4^-$ — 1,13 meq/L

SO_4^{2-} — 8,5 meq/L (no está en el esquema, pero puede ser menor o igual al Nitrógeno).

HCO_3^- — 0,5 meq/L
 NH_4^+ — 0,5 meq/L
 K^+ — 7,5 meq/L
 Ca^{+2} — 5,3 meq/L
 Mg^{+2} — 2,5 meq/L

El aporte previsto, es el resultado de restar el agua de riego de la solución ideal:

	Solución ideal	Agua de riego	Aporte previsto
NO_3^-	11,0	0	11,0
H_3PO_4^-	1,13	0	1,13
SO_4^{-2}	8,5	0,98	7,52
HCO_3^-	0,5	4,60	-4,10
NH_4^+	0,5	0	0,5
K_2O	7,5	0,03	7,47
Ca	5,3	4,5	0,8
Mg	2,5	1,0	1,5

Definidos los aportes previstos procede por columnas a bajar en orden los meq/L de los nutrientes al renglón correspondiente del fertilizante apropiado.

El anión H_2PO_4 al renglón del H_3PO_4 . Como es 1,13 meq/L que se aportará de ácido también es 1,13 meq/L que se neutralizan de bicarbonatos (HCO_3) y por eso se pone en esa columna la misma cantidad pero con signo negativo.

Cada meq se debe multiplicar por el factor de conversión para convertir los meq/litro de aniones y cationes en PPM o g/m^3 de sus formas de expresión en los productos fertilizantes.

Se calcula: $(1,13 \text{ meq/L} \times 71) = 80,23 \text{ PPM. de } \text{P}_2\text{O}_5$
 $80,23 \text{ PPM de } \text{P}_2\text{O}_5 / 1,04 = 77,14 \text{ mL/m}^3 \text{ de } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85 \%}$

De los 4,1 meq/L de HCO_3 se neutralizaron 1,13 con el H_3PO_4 . Quedan entonces: $4,1 - 1,13 = 2,97 \text{ meq/L}$ que lo realizamos con ácido nítrico. Se ponen los 2,97 en la columna del HCO_3 y en el renglón del HNO_3
 $(2,97 \text{ meq/L de } \text{NO}_3 \times 14) = 41,58 \text{ PPM de N nítrico}$
 $41,58 \text{ PPM. de N nítrico} / 0,145 = 287 \text{ mL/m}^3 \text{ de } \text{HNO}_3 \text{ al 50 \%}$

Se baja por la columna del Ca al renglón del Ca (NO_3)₂.
 $(0,8 \text{ meq/L de Ca} \times 28) = 22,4 \text{ PPM de CaO.}$
 $22,4 \text{ PPM. de CaO} / 26 \% = 86 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Pero como el Ca (NO_3)₂ también contiene 14,5 % de N nítrico y 1,0 % de N amoniacal hay que calcular estos aportes.

a) $86 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 14,5 \% = 12,47 \text{ g/m}^3 \text{ de N nítrico.}$
 $12,47 \text{ PPM. de N nítrico} / 14 = 0,89 \text{ meq/L de } \text{NO}_3$.

b) $12,47 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 1,0 \% = 0,125 \text{ g/m}^3 \text{ de N amoniacal}$
 $0,125 \text{ PPM de N amoniacal} / 14 = 0,01 \text{ meq/L de } \text{NH}_4$.

Se baja por la columna del Mg^{+2} al renglón del $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
 $(1,5 \text{ meq/L de Mg} \times 20) = 30 \text{ PPM de MgO}$
 $30 \text{ PPM de MgO} / 15 \% = 200 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Pero como el $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ también contiene 11 % de N nítrico hay que calcular estos aportes:

$200 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \times 11 \% = 22 \text{ g/m}^3 \text{ de N nítrico}$
 $22 \text{ PPM de N nítrico} / 14 = 1,57 \text{ meq/L de } \text{NO}_3^-$

Se balancea el nitrógeno nítrico y el amoniacal para saber cuánto se ha aplicado y cuanto queda pendiente por aportar.

Aplicado: $2,97 + 0,89 + 0,01 + 1,57 = 5,44$
 Pendiente: $11,5 - 5,44 = 6,06$

En la columna del NO_3 y el renglón del KNO_3 ponemos el 6,06 meq/L de NO_3 pendiente de aportar:

$6,06 \text{ meq/L de } \text{NO}_3^- \times 14 = 84,84 \text{ PPM de N}$
 $84,84 \text{ PPM de N} / 12 \% = 707 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{KNO}_3$

Pero como el KNO_3 también contiene 45 % de K_2O hay que calcular este aporte.

$707 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{KNO}_3 \times 45 \% = 318,2 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{K}_2\text{O}$
 $318,2 \text{ PPM de } \text{K}_2\text{O} / 47 = 6,77 \text{ meq/L de K}$

Aportado 6,77 meq/L de K quedaría pendiente lo siguiente: $7,5 - 6,77 = 0,73$

Se completaría con K_2SO_4

$0,73 \text{ meq/L de K} \times 47 = 34,31 \text{ PPM de } \text{K}_2\text{O}$
 $34,31 \text{ PPM de } \text{K}_2\text{O} / 50 \% = 68,62 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{K}_2\text{SO}_4$

Pero como el K_2SO_4 también contiene 18 % de SO_4 hay que calcular este aporte:

$68,62 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{K}_2\text{SO}_4 \times 18 \% = 12,35 \text{ g/m}^3 \text{ de } \text{SO}_4$
 $12,35 \text{ PPM de } \text{SO}_4 / 48 = 0,26 \text{ meq/L de } \text{SO}_4$

Y con esto se concluyen los aportes.

- Se calculan ahora los aportes reales, se suman los aportes por columnas.
- La solución nutritiva final en meq/L se obtiene de la suma los aportes reales más el agua de riego.
- La suma de aniones de la solución nutritiva final resulta igual a 15,69 meq/L.
- La suma de cationes de la solución nutritiva final resulta igual a 16,78 meq/L.
- La CE en mS/cm será igual a la suma de cationes dividido entre 10, es aproximadamente igual a 1,68.
- La suma de los PPM se obtiene:
 - a) Multiplicar los meq/L de cada catión y anión por su peso equivalente.
 - b) Sumar los PPM de todos los aniones y cationes.

Resultado final del balance	Aniones meq/L						Cationes meq/L					pH	CE mS/cm
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻		+NH ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
Agua de riego			0,98	4,6	1,39			0,03	4,5	1,0	1,44	7,3	0,7
Solución ideal	11,0	1,13	8,5	0,5			0,5	7,5	5,3	2,5			
Aportes previstos	11,0	1,13	7,52	-4,1			0,5	7,47	0,8	1,5			
Fertilizantes (g/m ³)													
H ₃ PO ₄		1,13		-1,13									
HNO ₃	2,97			-2,97									
Ca(NO ₃) ₂	0,89					0,01		0,8					
MgSO ₄													
KNO ₃	6,06						6,77						
K ₂ SO ₄			0,26				0,73						
Mg(NO ₃) ₂	1,57									1,5			
NH ₄ NO ₃													
Aportes reales	11,49	1,13	0,26	-4,1	-	0,01	7,5	0,8		1,5			
Solución nutritiva final meq/L	11,49	1,13	1,18	0,5	1,39	0,01	7,53	5,3		2,5	1,44		
Σ Aniones													
Σ Cationes													
Σ PPM	712	110	56,6	30	49	0,18	294	106		30	33		

Al concluir este balance se multiplica cada g/m³ de los fertilizantes utilizados por la cantidad de agua calculada para las plantas, del ejemplo se obtuvo que necesitamos para el riego diario 1300 L o 1,3 m³, por lo que:

$$\begin{aligned}
 \text{H}_3\text{PO}_4 & 77 \times 1,3 = 100 \text{ (mL)} \\
 \text{HNO}_3 & 287 \times 1,3 = 373 \text{ (mL)} \\
 \text{Ca(NO}_3)_2 & 86 \times 1,3 = 112 \text{ g} \\
 \text{KNO}_3 & 707 \times 1,3 = 919 \text{ g} \\
 \text{K}_2\text{SO}_4 & 68,6 \times 1,3 = 89 \text{ g} \\
 \text{Mg(NO}_3)_2 & 200 \times 1,3 = 260 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Este resultado es la cantidad real de fertilizante para hacer la solución madre. El nitrato de calcio preferentemente debe aplicarse solo o con el resto de los nitratos.

Consideraciones en el fertilirriego.

- Finalizado el trasplante, aplicar riego ligero de 0,3–0,5 L por planta con agua acidulada con ácido fosfórico.
- Posterior a este riego, se puede dar un estrés entre cuatro y cinco días para comenzar el fertilirriego de la primera fase.
- Cuando se instale el lisímetro comprobar el drenaje de la solución, este debe estar entre 10 y 20 %.
- La diferencia de la conductividad eléctrica entre la solución del riegómetro y la del lisímetro debe ser de 0,5 mS/cm, superior en este último.

A continuación se muestran los esquemas de fertilización propuestos para los cultivos pimienta y pepino (Cuadro 7.2 y 7.3, respectivamente).

Cuadro 7.2. Esquema de fertilización para el cultivo del pimienta

FASES	NÚMERO DE DÍAS		NUTRICIÓN PROMEDIO DIARIA						DOSIS DE RIEGO DIARIA
			NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	
	Período	Total	meq/L/día						L/planta/día
I	0 – 20	20	5,0	0,5	2,0	2,0	1,9	0,9	0,3 – 0,5
II	21–56	35	10,0	0,5	2,0	3,5	2,4	2,0	0,7 – 0,1
III	57+	135 (+)	11,0	0,5	1,6	5,5	3,8	2,5	1,5 – 3,0

- I: Trasplante – cuaje de los primeros frutos.
- II: Cuaje de los primeros frutos a primer corte.
- III: Primer corte a plena producción.

Cuadro 7.3. Esquema de fertilización para el cultivo del pepino

FASES	NÚMERO DE DÍAS		NUTRICIÓN PROMEDIO DIARIA						DOSIS DE RIEGO DIARIA
			NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ^{±2}	
	Período	Total	meq/L/día						L/planta/día
I	0 – 10	10	2,86	0,5	1,5	1,45	2,0	1,5	0,7 – 1,0
II	11–26	15	7,1	0,5	1,2	2,3	3,2	2,4	1,0 – 5,0
III	27+	50 (+)	11,5	0,5	1,24	5,2	3,6	2,1	1,5 – 3,0

I Siembra directa – salida de las primeras hojas verdaderas.

II Salida de las primeras hojas verdaderas (siembra o trasplante por cepellones) – inicio de floración.

III Inicio de floración – final del ciclo.

7.4. ANÁLISIS DE LOS EXTRACTOS DE SATURACIÓN Y DE LAS SOLUCIONES ACUOSAS DEL SUELO EXTRAÍDAS CON LAS SONDAS

Estos se realizan para controlar las posibles acumulaciones nocivas de sales en el cantero y no esperar a que aparezcan sus síntomas en la planta. Cuando el cultivo este en producción, se hará un monitoreo, con frecuencia semanal para la CE y el pH, de ser instalado el lisímetro y el riegómetro se realizará diariamente.

El procedimiento para medir la CE de un suelo consiste en tomar una muestra de suelo, añadir agua destilada hasta su saturación y extraer el agua de la pasta resultante mediante succión, a través de un filtro que no deje pasar las partículas del suelo. El agua así obtenida se denomina extracto de saturación, que es una mezcla de la solución inicial del suelo y el agua destilada. Se mide la CE del extracto de saturación, y el valor resultante se toma como un índice de la salinidad del suelo.

Con frecuencia se mide la CE del extracto con una relación suelo-agua 1:5, pero este método no es aceptable porque se pueden disolver sales que estén precipitadas y modifican las relaciones iónicas entre las fases de cambio y la acuosa del suelo.

Entre la salinidad del suelo, CE del extracto de saturación y la producción de los cultivos existe una relación lineal inversa. A medida que se incrementa la salinidad en el suelo, se producen disminuciones de la producción (Cuadro 7.4).

En cuanto a las sondas de succión, los análisis a realizar son los siguientes:

- Diariamente o en cada fertirriego CE y pH.
- Para el pH, se consideran valores ideales de 6 a 7, por debajo de 5,5 provoca aumentos en las concentraciones de aluminio y manganeso hasta niveles tóxicos, mientras que un pH superior a 7,5 trae como consecuencia que el Ca y el Mg precipiten como carbonatos, además de una menor disponibilidad de P, Zn, Fe, Cu, Mn y B.

Cuadro 7.4. Suelos salinos y sus efectos sobre los cultivos

CLASE DE SALINIDAD	CE (mS/cm)	EFFECTOS
No salino	0 – 2	Ninguno
Ligeramente salino	2 – 4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles.
Medianamente salino	4 – 8	Rendimientos restringidos en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salino	8 – 16	Rendimientos satisfactorios sólo en cultivos tolerantes.
Extremadamente salino	>16	Muy pocos cultivos con rendimientos satisfactorios.

- Fertilizantes que acidifican (bajan el pH de la solución): Nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato mono amónico, urea, ácido fosfórico y ácido nítrico.
- Fertilizantes que alcalinizan (suben el pH de la solución): Nitrato de calcio, nitrato de potasio y fosfato diamónico.
- Fertilizantes neutros (no modifican el pH de la solución): Cloruro de potasio, fosfato monopotásico y sulfato de potasio.

En cuanto a la CE a continuación se ofrecen valores indicativos en las soluciones tomadas en los goteros o riegómetros y sondas o lisímetros por cultivos (Cuadro 7.5).

Cuadro 7.5. Conductividad eléctrica recomendada por cultivos en las fases iniciales en el gotero o en el riegómetro y en la sonda o en el lisímetro

CULTIVOS	CE DE LA SOLUCIÓN	
	En goteros o en el riegómetro	En la sonda o en el lisímetro
Tomate	3	3,5
Pimiento	2	2,5
Pepino	2	2,5
Melón	3	3,5
Berenjena	2	2,5

En caso de que la CE de los extractos acuosos del suelo estén por encima de lo establecido, se procede a la corrección de la disolución disminuyendo la cantidad de fertilizante a aplicar. Cuando la CE en ambos instrumentos de medición es similar, debe aumentarse las cantidades de fertilizante a aplicar.

Aclaraciones

El análisis de C.E. y pH debe ser un monitoreo constante de las instalaciones de cultivo protegido. Como está establecido, otros análisis se realizan en los laboratorios provinciales de Suelos y Fertilizantes, con los cuales se deben coordinar estos servicios.

Siempre que la nutrición se maneje adecuadamente y se practique un monitoreo constante del extracto de saturación de la pasta de suelo o de las sondas, no deben producirse acumulaciones nocivas de sales en el cantero. Cuando esto ocurre, se manifiestan síntomas de salinidad en los cultivos a manera de clorosis periférica de las hojas (en el pepino), falta de desarrollo en las zonas de los meristemos, emisión de hojas pequeñas y lanceoladas, pérdida de coloración verde intenso, etc. Estos fenómenos nunca deben ser detectados por los síntomas de la planta, sino mediante el monitoreo sistemático de la C.E.

7.4.1. Normas de instalación y manejo de las sondas y obtención de los extractos acuosos del suelo

Es recomendable la instrumentación de una estación de sondas de succión por cada sector de riego, la cual debe contar de:

- Una sonda de succión superficial situada a 15 – 20 cm de profundidad y debajo de una planta de forma inclinada (45°).
- Para la realización del agujero en el suelo se perfora el mismo con una barrena (tubería) de igual diámetro o ligeramente inferior.
- Tras introducir la sonda de succión debe sellarse bien la superficie para garantizar un estrecho contacto del suelo con la cerámica.

Para efectuar un muestreo representativo, que refleje fielmente las condiciones del cultivo, es recomendable llevar a cabo las siguientes acciones prácticas:

- Realizar el vacío 2–3 horas después de concluido el riego, mediante el vacuómetro, procurar dejar bien cerrada la entrada de aire por la manguera de succión (con una presilla).
- Obtener la muestra pasadas más de 6 horas o al siguiente día, extraer la solución de la sonda con una jeringuilla.
- El líquido succionado se guarda en un frasco de cierre hermético para su envío inmediato al laboratorio, cuando se van a efectuar análisis completos de aniones y cationes.

7.5. SEGUIMIENTO DEL FERTIRRIEGO

Para lograr una óptima nutrición de los cultivos, son necesario, el seguimiento y control de la fertirrigación, según aparecen en los Cuadros 7.6, 7.7 y 7.8.

Cuadro 7.6. Agua y solución fertilizante

MUESTRA DE:	OBJETIVO	DETERMINACIONES
Agua de riego	Correcciones del pH. Dosificación de los fertilizantes de acuerdo con su composición	pH, CE, CO ₃ , HCO ₃ , CL, SO ₄ , Ca, Mg, Na, K, B
Disolución de fertilizante	Evaluación de su composición y correcciones	pH, CE, HCO ₃ , CL, SO ₄ , Ca, Mg, K, Na NO ₃ , H ₂ PO ₄ , Fe, Mn, B

Cuadro 7.7. Suelos. Extractos acuosos. Drenajes

MUESTRA DE:	OBJETIVO	DETERMINACIONES
Suelo	Determinar el abono de fondo. Efectuar posibles enmiendas. Conocer niveles de reserva.	Análisis de caracterización físico – química, nutrientes disponibles: K ₂ O, MD, CE %CO ₃ , pH
Soluciones del suelo (extracto de saturación)	Conocer la disolución real del suelo que nutre la planta por la interacción entre la solución fertilizante, el suelo y la fertilización de fondo. Corregir la disolución de fertilizante. Control de lavados	pH, CE, NO ₃ , H ₂ PO ₄ , CL, SO ₄ , Na, K, Ca, Mg, Microelementos
Disolución de drenaje	Control de pérdida. Control de salinidad. % del drenaje.	pH, CE Nutrientes

Cuadro 7.8. Análisis en plantas

MUESTRA DE:	OBJETIVO	DETERMINACIONES
Hojas	Índice de referencia durante el ciclo del cultivo e interpretación de problemas de nutrición y eficacia de los fertilizantes. Balance de nutrientes. Tratamiento estadístico	N, P, K, Ca, Mg Microelementos.

Actualmente, se utilizan los análisis de agua, suelos y/o pastas; las determinaciones en suelos se realizan con frecuencia mediante kits diagnósticos y se trabaja con vistas a contar con una mayor cobertura analítica para las instalaciones y el desarrollar de las bases para la interpretación de los análisis foliares y/o de savia, los cuales son más eficaces. Es muy importante para el diagnóstico cumplir las especificaciones en la toma de las muestras.

También se realiza el seguimiento a las instalaciones mediante el diagnóstico visual. Debe destacarse, que este es problemático, pues pueden confundirse los síntomas de carencia o exceso de nutrientes o con los de las enfermedades, además, generalmente se detectan, es demasiado tarde para evitar su efecto negativo sobre el rendimiento y la calidad de las cosechas.

7.6. FERTIRRIGACIÓN BASADA EN EL USO DEL RIEGÓMETRO Y EL LISÍMETRO

Este método de trabajo está basado en el chequeo constante (diario) de la actividad de fertirriego, con el uso de dos medios alternativos de medición; uno nombrado riegómetro mediante el cual se puede determinar la cantidad de solución nutritiva (SN) que llega a la casa de cultivo, entrega real de los goteros, además del pH y la conductividad eléctrica (CE) de la misma y el lisímetro, que nos permite medir la CE y el pH del extracto acuoso (EA) y la fracción de lavado (FL) o fracción de drenaje que ocurre en el cantero.

El riegómetro consiste en introducir una sección del ramal de goteros, que por lo general posee un diámetro de 16 mm, dentro de una manguera de mayor diámetro sin orificios que puede ser de 25 o 32 mm de diámetro. Debe ubicarse en el tercer o cuarto cantero de la casa de cultivo y alrededor de 20 m de separación de la conductora secundaria que distribuye el agua a los canteros de la misma. Se recomienda, para facilitar los cálculos, que el riegómetro tenga una longitud de un metro. Cuando los goteros están espaciados a 0,25 o 0,30 m, se ubican en su interior cuatro goteros. El riegómetro también se puede hacer en el pasillo central, utilizar una manguera de goteo adicional, que llegue hasta la mitad de la longitud de la casa. Algunos productores prefieren poner la misma cantidad de goteros en el riegómetro que en el lisímetro y así realizar cálculos más directos. A este medio de medición se le debe dar una inclinación de modo que la solución que colecte fluya hacia un extremo y allí sea recogida por un recipiente, que puede ser de 5 L a 10 L. Con éste método de trabajo podemos calcular la cantidad de solución nutritiva que aplicamos en cada fertirriego a cada casa de cultivo.

Por su parte el lisímetro consiste en un contenedor hermético (sin fuga del extracto acuoso) hecho con una manta de polietileno cuadrada de 1,60 m, donde se deposita el suelo de una sección del cantero que por lo general es de 1,00 m de largo, 0,80 m ancho y 0,25-0,30 m de alto, en uno de sus extremos tendrá un orificio por donde saldrá el tubo para coleccionar el drenaje del suelo que caerá en un recipiente con una capacidad de 5 a 10 L.

Para la construcción del lisímetro se utiliza un tubo de 1,50 m de largo de PVC o PEBD de 50 mm de diámetro. El tubo se dobla aplicándole calor a la altura de 0,90 –1,00 m, hasta lograr un ángulo de 90° o se pone en igual posición un codo de igual ángulo, de modo que 1,00 m de tubo quede a lo largo del lisímetro que estará provisto de múltiples orificios o ranuras de 4 mm para permitir la entrada del extracto acuoso y los 0,5 m restantes en dirección al pasillo. El orificio hecho al polietileno por donde sale el tubo de drenaje, debe estar herméticamente fijado para que no ocurran fugas. Es importante que sea correctamente construido, para que todo el extracto acuoso sea recolectado en el recipiente.

La cantidad de goteros que deben estar sobre del lisímetro serán en números múltiples de los situados en el riegómetro. Se plantarán las mejores plántulas en el lisímetro, ya que del correcto funcionamiento del mismo dependerá la gestión de fertirriego de las casas. El contenedor debe poseer un buen volumen de suelo del cantero, para que las mediciones realizadas sean correctas. El lisímetro debe ser suficientemente grande y espacioso para que su volumen sea similar al del cantero, al igual que el riegómetro debe ser hecho en los canteros centrales de la casa de cultivo.

La utilización de este método permite medir la CE de la solución nutritiva en el riegómetro y la CE del extracto acuoso en el lisímetro, donde la misma debe ser entre 0,3 a 0,5 mS/cm mayor en el lisímetro que en el riegómetro. Por otra parte se podrá conocer y manejar el porcentaje de la fracción de lavado, que varía a medida que el cultivo se va desarrollar y donde al alcanzar el pleno desarrollo éste porcentaje de fracción de lavado estará entre el 20 y el 25 %, este rango está dado fundamentalmente por las condiciones edafoclimáticas y la agrotecnia aplicada, entre otras causas.

Al respecto, debe cumplir con el análisis de la conductividad eléctrica en el riegómetro y en el lisímetro e identificar que exista un 0,5 mS/cm de diferencia de CE a favor de la medida en el lisímetro; unido con el porcentaje de la fracción de lavado, es lo que determina como fertirrigar, independientemente de la relación de la fórmula nutritiva que aplique y de la fase de desarrollo en que se encuentre el cultivo. A continuación se expone el fundamento de cómo proceder según la situación encontrada en la toma de datos, producto del chequeo diario, precisando que las soluciones a cada situación que se presenta, solo constituye una orientación. En cada módulo se debe encontrar las soluciones precisas a las situaciones creadas en esta actividad, acorde con la recogida y análisis regular de los datos.

Procedimiento

Tomar como base que el tiempo del turno de riego sea fijo, ya sea de 10 minutos como mínimo o de 15 minutos como máximo, de esta forma al querer incrementar la dosis diaria de riego, se aumentan los turnos de fertirriegos diarios, lo que facilita así, el trabajo de los "cabezaleros". Otro aspecto importante es la presión de trabajo del sistema de riego que debe ser constante. Para que este procedimiento sea útil, deben darse cuatro turnos de riego diarios como mínimo en pleno desarrollo del cultivo. Si se riega una sola vez al día por un tiempo muy largo o en días alternos, este procedimiento no ofrece ninguna utilidad.

La fracción de lavado es el porcentaje de la solución nutritiva que drena más allá del área de la rizosfera. Ésta se calcula al dividir el volumen de agua del extracto acuoso drenado del lisímetro entre dos (cuando en el lisímetro existe el doble de goteros que en el riegómetro) y este resultado se divide entre el volumen de agua de la solución nutritiva del riegómetro, multiplicado por 100. Este cálculo directo se realiza cuando el lisímetro tiene el doble de goteros que el riegómetro.

Ejemplo:

Base de datos

- Días después de trasplante (DDT): 40 días.
- Turnos de riegos de 10 minutos cada uno: 3 turnos.
- Cantidad de goteros sobre el lisímetro: 8 goteros.
- Cantidad de ramales sobre el lisímetro: 2 ramales.
- Cantidad de goteros en cada ramal: 4 goteros.
- Separación entre goteros: 0,25 m.
- Fracción de lavado en el tanque de drenaje: 0,76 L.
- Volumen de solución nutritiva colectada en el riegómetro: 3,99 L.
- Cantidad de goteros en el riegómetro: 4 goteros.
- Gasto de los goteros: 2,0 L/hora.
- Largo del lisímetro: 1 m.

Ejemplo: Para el cálculo se divide el volumen de agua de fracción de lavado que es de 0,76 L entre 2 (este valor es para igualar a la cantidad de goteros del riegómetro), como resultado da 0,38 L, este se divide entre el volumen de agua del riegómetro que es de 3,99 L, cuyo valor es igual a 0,0952 por 100 y se tiene como resultado 9,52 % de la fracción de lavado. El recipiente colector debe estar tarado para realizar las mediciones con rapidez y seguridad.

Cada turno de riego debe ser de un tiempo y presión constante, lo cual facilita establecer la fracción de lavado adecuada, según el estadio del cultivo.

A continuación se ofrece una guía de cómo manejar la fertirrigación con el auxilio del lisímetro y el riegómetro en el cultivo del tomate.

Con la casa lista para plantar se debe iniciar el riego el día antes del trasplante, con varios turnos de riego (3 o 4), buscando no regar en exceso y la humedad debe distribuirse uniformemente en el bulbo húmedo del suelo sin que este se compacta, en el horario de la tarde del siguiente día se trasplantan las plántulas, la recuperación de las mismas es más rápida cuando se realiza en la tarde y no sufren daños irreversibles (quemadura de hojas y tallos huecos) que en ocasiones sufren las plantadas en la mañana.

El riego antes del trasplante se hace con solución nutritiva, con una CE similar a la del cepellón, a una dosis de riego baja; este riego ligero debe ser entre 10 y 15 minutos, a partir de este momento siempre se fertirrigará. No es conveniente lavar las sales acumuladas en el suelo producto de los fertirriegos anteriores, a no ser que sea estrictamente necesario por problemas de salinización.

Los fertirriegos iniciales, algunos productores lo dan solo con sulfato de potasio (K_2SO_4), otros utilizan este portador más ácido fosfórico, no incluyen ningún portador de N con el objetivo de no excederse en la asimilación de este elemento por parte de la planta, ya que muchos no cuentan con análisis de suelo y prefieren quedar por debajo en este elemento que excederse, pues cuando esto ocurre es muy difícil después estabilizar la planta. El procedimiento admite que se utilice las conocidas soluciones madres con un balance de todos los elementos, según las fases de cultivos, siempre que se respete el porcentaje de la fracción de lavado y la diferencia de CE de 0,5 mS/cm más alta en el lisímetro que en el riegómetro.

El tomate como especie demanda una CE que oscile entre 2,5 a 5,0 mS/cm a través de su ciclo, en la época de la primavera y el verano, la CE debe ser menor que en el invierno. La CE es más alta al inicio del ciclo de los cultivos con el objetivo de regular su crecimiento, cuando ya están en pleno desarrollo se disminuye, por eso se debe iniciar la fertirrigación con una CE de 2,5 mS/cm en el gotero y en el suelo debe tener una CE de 2,8 – 3,0 mS/cm, conductividad adecuada para que el cultivo recién plantado (tomate) no crezca demasiado rápido en las etapas iniciales, no tenga un follaje exuberante, una floración débil con bajo porcentaje de fecundación (cuaje).

Esta conductividad puede ser manejada con fertirriegos sucesivos, pero nunca se debe poner por debajo de 1,0 mS/cm con riegos abundantes con agua sola, así se evita el lavado del suelo, no ocurre pérdida de solución nutritiva aplicada en el fertirriego, con el uso de fertilizantes solubles relativamente costosos. Algunos productores realizan varios riegos antes del trasplante para humedecer completamente el cantero, en ocasiones se humedece hasta parte del pasillo, con el objetivo de realizar el llamado estrés después del trasplante, este exceso de humedad es innecesario, pues con una dosis baja es suficiente para que las posturas logren mantenerse bien fisiológicamente y no crezcan demasiado en esta etapa, aspecto este último que va en contra de la productividad de las plantas.

Después del trasplante se debe chequear todos los días el estado de turgencia de las plantas, en el caso de aquellas que tienen un nivel de marchitez avanzada se riegan individualmente. Pasados 5–7 días, en algunos tipos de suelos muy pesados se puede llegar hasta los 10 días, se comienza con un turno de riego diario con una dosis de 0,3 a 0,5 L/planta, durante los primeros 30 días se mantendrá esta frecuencia y dosis de agua, en este periodo no debes existir drenaje en el lisímetro, si este drenaje ocurriera antes, alrededor de los 15–20 días, entonces debo regar en días alternos.

A partir de los 30 días se comienza con la obtención y análisis de la fracción de lavado, aplicando 2–4 “turnos” de riegos diarios y con un 5–12 % de fracción de lavado, en dependencia de las condiciones edafoclimáticas y tratando de mantener la humedad del suelo a capacidad de campo y la diferencia de CE entre 0,3 y 0,5 mS/cm más alta la medida en el lisímetro que la medida en el riegómetro. Esto debe continuar así hasta el cuaje del tercer racimo que debe ocurrir alrededor de los 45–50 días

De 45 a 65 días se debe subir la fracción de lavado a un 12,1–15,0 % y mantener la diferencia de CE en 0,5 mS/cm, entre las mediciones realizadas en el lisímetro y en el riegómetro. Siempre dando mayor en el lisímetro.

A partir de este momento (65 días) debo subir la fracción de lavado, por encima del 20 %, ésta puede llegar hasta 30 % en dependencia de las condiciones edafoclimáticas y sobre todo según la salinidad del suelo, en suelos salinos la fracción de lavado puede llegar a 35 %. Debe mantener siempre la diferencia entre los medios de medición (riegómetro y lisímetro) de 0,3–0,5 mS/cm, esta es siempre la medida en el lisímetro superior.

Con el cuaje del cuarto o quinto racimo se comienza a bajar la CE paulatinamente, hasta mantener alrededor de 1,5 mS/cm. Es decir la misma cantidad de agua con menos fertilizante, así hasta el final del ciclo y subir el aporte de nitrógeno, se debe mantener la fracción de lavado.

En lo referente a la nutrición, esta debe comenzar con sulfatos de potasio y de magnesio o solo sulfato de potasio, más ácido fosfórico. Cuando ocurra el cuaje del tercer racimo se comienza adicionar nitrógeno en la solución nutritiva, de esta forma se va disminuyendo la cantidad de sulfatos e incorporar los nitratos. De no realizar el cambio en la solución nutritiva y subir el N, se corre el riesgo que se queden pequeños los frutos y el follaje sea escaso para mantener una buena productividad.

La aplicación de nitratos a partir del tercer racimo debe ser de 70 PPM, ya cuando esté en el quinto racimo debe ser de 100 PPM. Desde el tercer racimo se debe conocer cómo se manifiesta la planta en cuanto a su contenido de N, esto se puede lograr por observación; si las plantas están muy amarillas y delgadas se comienza con 80 PPM y en el quinto se puede llegar a 110 PPM o más. Si se observa la planta equilibrada y el tallo grueso, se puede comenzar con 40–50 PPM y en el quinto racimo con 80 PPM. Las plantas de tomate no asimilan eficazmente más de 150 PPM de N.

¿Cómo manejar la fertirrigación auxiliado por el riegómetro y el lisímetro, ante diferentes situaciones?

CE en el Riegómetro (mS/cm)	CE en el Lisímetro (mS/cm)	Diferencia de CE (mS/cm)	Procedimiento
2,5	3,0	0,5	Fertilización correcta
2,5	2,5	0	Disminuir un turno de riego
2,5	4,0	1,5	Aumentar la FL (dar un turno más de riego)

Bajo determinadas circunstancias las plantas de tomate crecen demasiado rápido y vigorosas, por lo que es necesario detener esta situación, ello se logra dando un “golpe de conductividad”, que consiste en aumentar la CE a 5 – 6 mS/cm durante varios días (5–7 días) hasta que se observe que la planta ralentiza su crecimiento, a partir de ahí se comienza a bajar la con-

ductividad paulatinamente. Este procedimiento se hace principalmente en las fases tempranas de la planta, cuando tiene 2–3 racimos y se nota que está alargándose demasiado. Lo mismo puede hacerse con el pimiento pero con una CE de 4,0 – 4,5 mS/cm.

En los Cuadros del 7.9 al 7.13 se brindan valores en variables importantes, como una orientación para el fertirriego de siete cultivos hortícolas de interés (tomate, pimiento, berenjena, chile Habanero, pepino, melón y sandía), que facilitan al productor un uso más eficiente del riegómetro y el lisímetro.

Cuadro 7.9. Orientaciones para el manejo de la fertirrigación en el cultivo del tomate

Días después del trasplante	Dosis de riego (L/planta)	FL (%)	CE Riegómetro (mSm/m)	CE Lisímetro (mSm/m)	Concentración (PPM)	
					SO ₄	NO ₃
7–30	0,3–0,5	0	3,0–3,5	3,5–4,0	150	0
31–45	0,7–1,0	10–12	2,5–3,0	3,0–3,5	100	40–80
46–65	1,5–2,5	13–20	2,0–2,5	2,5–3,0	50	100–110
66 – resto del ciclo	1,5–3,0	21–25	1,0–1,5	1,5–2,0	50	110–130

Nota: en condiciones de verano en el cultivo del tomate se debe comenzar con 30 PMM de NO₃

Cuadro 7.10. Orientaciones para el manejo de la fertirrigación en el cultivo del pimiento y la berenjena

Días después del trasplante	Dosis de riego (L/planta)	FL (%)	CE Riegómetro (mSm/m)	CE Lisímetro (mSm/m)	Concentración (PPM)	
					SO ₄	NO ₃
7–30	0,3–0,5	0	1,5–2,5	2,0–3,0	50	30
31– 70	0,7–1,0	10–20	1,5–2,0	2,0–2,5	100	100–130
71– resto del ciclo	1,5–3,0	21–25	1,5–2,0	2,0–2,5	100	100–150

Cuadro 7.11. Orientaciones para el manejo de la fertirrigación en el cultivo del chile habanero

Días después del trasplante	Dosis de riego (L/planta)	FL (%)	CE Riegómetro (mSm/m)	CE Lisímetro (mSm/m)	Concentración (PPM)	
					SO ₄	NO ₃
7–30	0,3–0,5	0	1,5–2,5	2,0–3,0	50	100
31– 70	0,7–1,0	10–20	1,5–2,0	2,0–2,5	100	50
71- resto del ciclo	1,0–1,5	5–10	2,5–3,0	3,0–3,5	100	50

Cuadro 7.12. Orientaciones para el manejo de la fertirrigación en el cultivo del melón y sandía

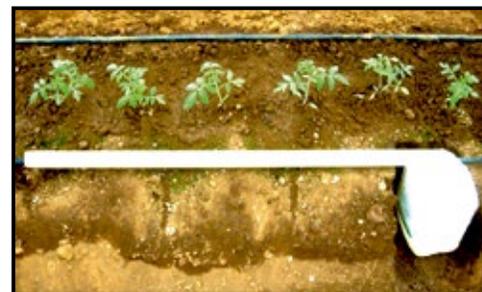
Días después del trasplante	Dosis de riego (L/planta)	FL (%)	CE Riegómetro (mSm/m)	CE Lisímetro (mSm/m)	Concentración (PPM)	
					SO ₄	NO ₃
5-20	0,3-0,5	0	1,5-2,5	2,0-3,0	50	100
21-60	0,7-1,0	10-25	1,5-2,0	2,0-2,5	100	100-130
61- resto del ciclo	1,5-3,0	5-15	3,0-4,5	3,5-5,0	100-150	50

Cuadro 7.13. Orientaciones para el manejo de la fertirrigación en el cultivo del pepino

Días después del trasplante	Dosis de riego (L/planta)	FL (%)	CE Riegómetro (mSm/m)	CE Lisímetro (mSm/m)	Concentración (PPM.)	
					SO ₄	NO ₃
5-15	0,3-0,5	0	1,5-2,5	2,0-3,0	50	30
16-35	0,7-1,0	10-20	1,5-2,0	2,0-2,5	100	100-130
36- resto del ciclo	1,5-3,0	21-25	1,5-2,0	2,0-2,5	100	100-150

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Domínguez, V.A. (1993). Fertirrigación. Madrid: Ediciones MundiPrensa.
- Giglio, P.L. (2012). Taller de nutrición de hortalizas en sistemas de cultivo protegido. Grupo Empresarial Frutícola. La Habana, Cuba.
- Giglio, P.L. (2014). Seminario taller de nutrición, riego de cultivos y semilleros hortícolas en sistemas de cultivo protegido: Empresa Agropecuaria "El Yabú", Villa Clara.
- Giglio, P.L. (2018). Seminario de nutrición y riego de cultivos hortícolas en unidades de cultivo protegido. Grupo Agrícola (GAG). La Habana.
- Igarza, A. (2014). Ajuste de la nutrición aportada por fertirriego en hortalizas en condiciones protegidas. IIHLD.
- Moreno, V. (2004). Procedimiento para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivos. Grupo Empresarial Frutícola, Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- Rincón, S. L. (1991). Fertirrigación en cultivos Hortícolas En El agua y los fertilizantes. Fertirrigación localizada: Murcia. Editora Caja-Murcia.
- Rincón, S.L. y M. J. Montesinos (2012). Fertirrigación por goteo. Edición. Centro Regional de Investigaciones Agrarias (CRIA). Murcia, España.



Vista del lisímetro en campo.



Riegómetro.



Lisímetro en el cultivo del tomate. Uno por casa de cultivo.



Lisímetro y riegómetro en el cultivo del tomate.



Moderno equipamiento para el fertirriego.



Sistema de fertirriego.



Instrumentos de medición: conductímetro y pHchímetro.

Capítulo VIII. INOCUIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Julia M. Salgado Pulido y Jany Fernández Delgado

Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

8.1. INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas y verduras está asociado a un estilo de vida saludable, de ahí que formen parte de las recomendaciones diarias para llevar una dieta adecuada. Los organismos de salud pública han observado que con el incremento del consumo de estos productos, también se ha dado un aumento en el número de brotes de enfermedades causadas por parásitos asociados con los alimentos. La frecuencia con que se han manifestado cuadros epidémicos ha puesto en entredicho la inocuidad de productos no sometidos a procesamientos para reducir o eliminar la carga microbiana.

Frutas y verduras están expuestas a la contaminación microbiana en cada etapa de producción (cultivo, transporte, envasado, almacenamiento y venta final). Uno de los riesgos está asociado al uso de agua en la producción agrícola, ya que ésta puede ser un vehículo de transmisión de microorganismos patógenos como *E. coli*, *Salmonella* o *Shigella*.

Como las hortalizas se consumen cocidas o crudas, esto conlleva cierto grado de riesgo, sobre todo si el producto no se ha manejado con buenas prácticas que aseguren que en ningún momento se contamine, pues esto puede ocurrir al cosechar con las manos sucias o por contacto con el suelo contaminado con excremento humano o animal, por cajas y agua contaminada. Igualmente los agroquímicos causan contaminación en el producto.

La mayor parte de estos problemas, se solucionan con el conocimiento amplio de los riesgos de contaminación física, química y microbiológica en cada una de las etapas de producción. Es preferible prevenir la contaminación de frutas y hortalizas, que encontrar un método efectivo de control por parte de los agricultores y empacadores para lo cual deben utilizarse buenas prácticas agrícolas en las áreas donde se pueda ejercer un control, siempre que éstas no favorezcan otros riesgos. El principio de estas prácticas lo constituye el conocimiento de que todo lo que se pone en contacto con las frutas y hortalizas, puede ocasionar su contaminación y que la mayoría de los microorganismos patógenos y residuos de plaguicidas, provienen del hombre, de los animales y del uso indiscriminado de productos químicos.

La inocuidad ayuda a incrementar la vida de anaquel del producto, hace que sea más saludable; se incrementa la eficiencia tanto del equipo, como de los trabajadores. Un buen programa de inocuidad protege la salud del trabajador y del consumidor.

Se considera que un programa de inocuidad es adecuado, cuando tanto la dirección, como los trabajadores realizan esfuerzos conjuntos, claros para todos y bien documentado, para mantener el área y atmósfera de la planta de beneficio limpia y saludable. Además, si está bien planeado, llegarán a ser parte natural e integral de las operaciones diarias en las actividades del campo y de la planta de beneficio.

8.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD, INOCUIDAD Y APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN EL CULTIVO PROTEGIDO DE HORTALIZAS

La calidad de los alimentos está constituida por el conjunto de características externas e internas predeterminadas, que diferencian las unidades individuales de éstos y tienen significado para definir la aceptabilidad por el consumidor. Este concepto tiene una gran amplitud en las condiciones del comercio de alimentos en mercados selectos a los que están destinadas las producciones de las casas de cultivo protegido, en el que deben armonizarse con las legislaciones nacionales e internacionales los intereses de los productores, comercializadores y consumidores.

La calidad de un producto es el resultado de su proceso de elaboración a lo largo de toda la cadena alimentaria, que incluye la secuencia de etapas y operaciones involucradas en la producción, procesamiento, distribución, almacenamiento y manipulación de las frutas y vegetales, desde la producción primaria y el consumo, en correspondencia con el modelo conocido como calidad e inocuidad de la granja a la mesa. En este análisis se distinguen las siguientes categorías:

La calidad como resguardo de la inocuidad. Significa que las frutas y vegetales no causarán daños al consumidor, cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso previsto, la inocuidad de los alimentos es relativa a la ocurrencia de peligros relacionados con agentes biológicos, químicos y físicos, que puedan ocasionar un efecto adverso a la salud del consumidor.

Este es el nivel básico imprescindible que debe ser cumplido por un producto alimenticio para ser comercializado y es controlado según la legislación sanitaria nacional, para resguardo de la salud pública de los ciudadanos de contraer enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs).

En el caso particular de las frutas y vegetales los principales peligros para la inocuidad son las contaminaciones por plaguicidas, microorganismos de origen fecal y agentes físicos como polvo y tierra.

La calidad nutricional. Se refiere a la aptitud de las frutas y los vegetales para satisfacer las necesidades del organismo en términos de energía y nutrientes. Este factor ha adquirido gran relevancia debido al conoci-

miento verificado de los efectos beneficiosos para el organismo de una dieta saludable o equilibrada.

La calidad definida por los atributos de valor. Estos atributos son factores adicionales a la calidad básica de inocuidad de un alimento y diferencian los productos de acuerdo con sus características organolépticas, composición nutricional y la satisfacción del acto de alimentarse, ligada a tradiciones socioculturales, educación y conveniencia, la trazabilidad a zonas o grupos de productores en condiciones naturales y/o culturales reconocidas por su calidad, el respeto al medio ambiente a lo largo de toda su cadena productiva, a las leyes sociales de los trabajadores encargados de la producción, a las tradiciones y el derecho al comercio justo y equitativo, entre las otras particularidades de este sistema productivo.

Para satisfacer estos requerimientos, en las casas de cultivo se recomienda implementar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), ya que constituyen un conjunto de procedimientos de trabajo certificables, que permiten a los productores mantener la confianza del consumidor sobre la base de los principios de:

- Calidad y seguridad del producto alimentario.
- Disminución del impacto y el deterioro ambiental, con la consecuente conservación de la naturaleza, fauna y flora.
- Reducción del uso de productos agroquímicos a través de la adopción de sistemas de producción integrada.
- Mejorar el uso eficiente y racional de los recursos naturales como el suelo, agua, aire y energía.
- Asegurar una actitud responsable frente a la salud y seguridad de los trabajadores, al igual que respecto a su bienestar y educación.

Especial significación tienen en la producción de frutas y vegetales frescos, la aplicación de las BPA para prevenir el incremento de la ocurrencia de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), asociadas con el consumo de estos productos, ya que los mismos se consumen en estado fresco y no son procesados para eliminar agentes patógenos.

8.3. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

“Conjunto de prácticas destinadas a prevenir, reducir o controlar los peligros de contaminación biológica, física y/o química durante la cadena de producción”

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

Además, son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el Manejo Integrado del Cultivo (MIC), cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad

con un mínimo impacto ambiental, con bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores y que permita proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable.

8.4. PRINCIPALES ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

La implementación de programas de BPA incluye los principios que se mencionan a continuación:

Trazabilidad y registro. Se debe mantener un sistema de documentación que permita conocer el historial de cada lote de producto comercializado, en el que deben incluir la procedencia (lote, sector de la casa de cultivo), especificaciones técnicas de los tratamientos recibidos (dosis, fecha, frecuencia, otros procedimientos), así como de cualquier información que permita conocer la calidad y la inocuidad de cada lote de producto.

Selección del área de producción (siembra o cultivo). Seleccionar áreas de producción en las que estén controlados los posibles riesgos de contaminación ambiental del suelo, el agua y el aire. Evitar el cultivo en áreas encharcadas y tomar medidas para prevenir la contaminación como: cercas, barreras, zanjas y otras, así como también delimitar el acceso a las áreas de cultivo de animales de trabajo, domésticos y de la fauna silvestre.

Variedades, híbridos y patrones. Las variedades o híbridos a cultivar se seleccionarán sobre la base de las exigencias del mercado, la experiencia de los productores, la época del año y otros factores.

Manejo del suelo y los sustratos. El suelo y los sustratos empleados deben ser manejados con prácticas sostenibles, incluida la rotación de cultivos.

Manejo del agua y la fertilización de las plantas. Para su crecimiento y desarrollo, la planta requiere de la aplicación de fertilizantes y de agua para obtener su máximo potencial de rendimiento, pero además estos componentes pueden estar asociados a peligros químicos, físicos y biológicos. Es importante que el agua usada en el riego y otras labores agrícolas cumpla con los requisitos de calidad microbiológica, física y química que permitan garantizar la calidad y la inocuidad de las frutas y vegetales. Cuando se emplea abono orgánico en la fertilización, la calidad química y microbiológica de ésta, debe estar controlada.

Protección fitosanitaria. La protección a las plantaciones se hará contra los efectos dañinos de plagas, a través de métodos de manejo integrado de plagas, incluyendo bioplaguicidas y variedades mejoradas genéticamente, así como el uso de plaguicidas sintéticos, según la legislación vigente.

Cosecha. Los diferentes productos se deben cosechar cuando alcancen los indicadores de calidad que cumplan con los estándares exigidos por el mercado, con la consiguiente aplicación de métodos que minimicen su deterioro posterior, prestándole especial atención a la hora de la co-

secha, la selección de los tamaños, formas, color o grado de maduración requeridos, así como los envases y métodos de manejo apropiados que garanticen que las frutas y hortalizas lleguen al consumidor con la calidad exigida.

Adicionalmente los productores controlarán los diferentes peligros asociados con las operaciones de producción agrícola, empaque, transporte y almacenaje, según las exigencias de los clientes que les aseguren la calidad de las frutas y hortalizas por períodos prolongados. Debe limitarse el ingreso de animales de trabajo y domésticos, así como de la fauna silvestre a las áreas de cultivo durante un lapso de tres a seis meses antes de la cosecha.

Higiene, salud y seguridad social. Debe prestarse especial atención a la higiene y salud del personal durante toda la cadena productiva y de comercialización, por el peligro potencial que tienen las ETAs y las contaminaciones con agentes físicos durante estas actividades. El personal no debe padecer de vómitos, diarreas, ictericia y otras enfermedades que puedan transmitirse a través de los alimentos. Para asegurar su higiene debe haber baños y lavamanos provistos de papel higiénico, agua suficiente, servilletas de papel, jabón y soluciones desinfectantes, en cantidades suficientes según el número de trabajadores, ubicados convenientemente en las unidades de producción a no menos de 500 metros o cinco minutos caminando del área de trabajo.

El personal no debe portar aretes, relojes, anillos u otras prendas, ni ingerir ningún tipo de alimentos, goma de mascar, ni fumar en el área de producción, para lo cual debe habilitarse un área para estos fines, deben contar con gorros para proteger sus cabellos, ropa de trabajo limpia, según sea el área o producto se pueden utilizar guantes de diferentes colores y botas de goma para su fácil limpieza y buena protección.

Se recomienda establecer cuartos de lavado y cambio de ropa fuera de las instalaciones y las áreas de empaque y almacenamiento, los que se habilitarán con agua, jabón y desinfectantes. Se ubicarán en lugares visibles a todo lo largo de la cadena, indicaciones escritas sobre las responsabilidades y las medidas higiénico-sanitarias a realizar en cada puesto de trabajo, para prevenir la contaminación de las frutas y vegetales. Está totalmente prohibido ingresar a las áreas de producción con recipientes de vidrio, por los peligros que las roturas de éstos pueden significar en la inocuidad de las frutas y hortalizas frescas.

Instalaciones. Antes de construir los centros de empaque y almacenamiento como vía de minimizar los riesgos, debe evaluarse la naturaleza de las operaciones de recepción, lavado, selección, envase, manipulación y conservación de las frutas y hortalizas, en forma tal que los edificios, equipos, flujo de producción e instalaciones se construyan para lograr este objetivo, permitiendo labores adecuadas de mantenimiento, limpieza y desinfección que reduzcan al mínimo la contaminación transmitida por el aire, las superficies y los materiales.

En particular los medios que vayan a estar en contacto con los alimentos, no deben ser tóxicos para el uso al que se destinan y en caso necesario, ser suficientemente duraderos y fáciles de mantener y limpiar, cuando proceda. Disponer de medios idóneos para el control de la temperatura, la humedad y otros factores, así como tener una protección eficaz contra el acceso y establecimiento de las plagas.

Las edificaciones de los centros de empaque deben ser construidos de modo tal que eviten la contaminación desde el exterior hacia el interior. Las puertas deben contar con cerraduras seguras previendo contactos excesivos que puedan conducir a posibles contaminaciones, especialmente en el área de procesamiento. Estas deben contar con suficiente iluminación, con el objetivo de detectar las posibles fuentes de contaminación. El piso debe ser de concreto y fácil de limpiar. Las paredes deben estar construidas con un material que posibilite su limpieza; es decir, de metal o plástico y con igual propósito el equipamiento debe ser de acero inoxidable.

Los centros de empaque deben estar construidos de manera que posibiliten el flujo libre de productos, para que se cumpla el principio de "primero en entrar, primero en salir". Al menos que el grado de madurez al llegar al centro u otra situación específica no aconseje realizar esta práctica.

Los productos limpios y listos para comercializar deben estar suficientemente separados de los sucios o recién llegados del campo, de forma tal que se puedan prevenir las contaminaciones por materias extrañas en los primeros.

Deberá disponer de suficiente agua potable para realizar los procesos de lavado, así como instalaciones adecuadas para su almacenamiento y distribución. El agua no potable debe canalizarse en tuberías independientes. El agua utilizada en postcosecha debe ser de calidad potable. Las áreas de trabajo se deben mantener limpias y libres de insumos y útiles personales.

Almacenamiento y transporte. Las frutas y vegetales frescos deberán manipularse, transportarse y almacenarse en condiciones que se minimicen las contaminaciones químicas, físicas y microbianas.

Educación y entrenamiento. Los trabajadores recibirán constantemente entrenamiento sobre actividades de cultivo, cosecha y empaque, que incluya la importancia de la higiene y de la salud del personal en la inocuidad de los alimentos. Importancia del empleo de técnicas apropiadas del lavado de las manos, utilización de instalaciones sanitarias para reducir el potencial de contaminación de las frutas y hortalizas.

Condiciones en las que se deben almacenar las frutas y hortalizas, incluidas las posibilidades de reducir la contaminación física, química y microbiana, tipo de frutas y hortalizas y su capacidad para favorecer el desarrollo de microorganismos patógenos, así como también otros temas relacionados con la seguridad y control de la calidad y la inocuidad de estos productos.

Esquema de limpieza y desinfección. Dependiendo del área de trabajo, se planificará la frecuencia para la limpieza y desinfección. Los agentes desinfectantes se emplearán en dependencia del tipo de producto a procesar, los utensilios y equipos existentes. Dando preferencia a la desinfección con agua caliente. Los productos utilizados para la desinfección se adquirirán de suministradores certificados.

Control de plagas. El centro de empaque debe contar con su propio sistema de control de plagas. Las frutas y hortalizas durante todo el proceso, deben estar a no menos de 30 cm de las paredes, lo cual permitirá inspeccionar con mejor facilidad y visibilidad la presencia de plagas en el área de almacenamiento. Pueden utilizarse repelentes para insectos. Por último, los servicios para el control de plagas pueden ser contratados a agencias externas.

Materiales de limpieza. Debe existir un local para el almacenamiento de los materiales de limpieza (detergentes y desinfectantes), de la materia prima o alimento, de utensilios y equipos que deben guardarse separados del local de almacenamiento.

Medio ambiente, gestión de residuos, agentes contaminantes, reciclaje y reutilización

Para la conservación del medio ambiente y reutilización de los residuos, se elaborará un plan para garantizar una producción sostenible.

Sistema de reclamaciones. Debe existir un sistema documentado que permita registrar y dar seguimiento a las reclamaciones, en el que se incluyan las acciones realizadas para corregir las deficiencias detectadas.

Auditoría interna. Todo sistema productivo contará con instrumentos de auditoría interna para detectar las deficiencias en las prácticas de producción y tomar las medidas correctivas correspondientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cañet, F.M., Gordillo, M. y Vega, M. (2003). Manual de manejo postcosecha de frutas y vegetales para mercados selectos y la exportación.
- Cañet, F.M., Gordillo, M., Vega, M. y Ramírez, M. (2003). Principios básicos del manejo postcosecha de frutas y vegetales.
- Cañet, F.M. y Chaves, S. M. (2002). Manual de manejo de frutas y vegetales en los servicios de nutrición y proveeduría de los hospitales. Costa Rica: Dirección Técnica de Servicios de Salud, Sección de Nutrición de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). Elaborado en respuesta a las exigencias del mercado globalizado de frutas y vegetales.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana , 138 p.

Chabarrías, M. (2013). Los tres principales riesgos de los vegetales. Fundación Eroski. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2013/02/21/215878.php>

Chabarrías, M. (2017). Infecciones alimentarias por el consumo de frutas y verduras. Seguridad alimentaria. Fundación Eroski. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2017/04/10/225176.php>

Inocuidad en la producción del tomate. Manual del Manejo del tomate. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-cap-VI-VIII-anexo.pdf

Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Colombia: Editora FAO, CORPOICA.

Siller Cepeda, J.H., Báez, M. A., Sañudo, A. y Báez R. (2002). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Guía para el agricultor. ISBN 970-18-7941-4.

Capítulo IX. SANIDAD VEGETAL

9.1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los objetivos fundamentales que se persigue en esta tecnología de cultivo protegido de hortalizas, está presente el concepto de que la protección fitosanitaria bajo un sistema de manejo que integre distintos métodos de control y manejo, desde donde se destaquen los procedimientos oportunos con los productos biológicos, desde la misma presencia de plagas. Se deben aplicar los productos según las estrategias establecidas, emplear químicos, solo cuando estén los índices establecidos de la presencia de plagas, cumplir invariablemente los términos de carencia y ejercer un manejo seguro de los plaguicidas.

En las presentes indicaciones técnicas fitosanitarias para las casas de cultivo protegido están contenidas las normas y procedimientos autorizados por el Dirección de Sanidad Vegetal, para conducir y garantizar con efectividad la fitosanidad de los cultivos contra plagas.

Acciones de carácter obligatorio

- Las áreas donde se ubicarán las casas de cultivo protegido, deben tener fuente segura de suministro de agua de baja conductividad eléctrica y libre de nematodos y patógenos. Suelos con buen drenaje superficial e interno y de ser necesario, se construirán sistemas de drenaje para evitar la penetración de aguas de escorrentías.
- Realizar análisis nematológico previo al suelo, para la selección adecuada del área donde se va establecer la casa de cultivo.
- Se prohíbe el uso de abonos orgánicos o sustratos orgánicos no certificados, para la producción de plántulas o su utilización dentro de las casas de cultivo. Es responsabilidad del expendedor de estos productos emitir un certificado de calidad y libre de plagas y del comprador exigir y conservar dicho certificado.
- Se garantizará que las casas de producción protegida de plántulas tengan doble puerta de acceso, para evitar la entrada de insectos, y tanto éstas como el resto de las casas de cultivo, permanecerán siempre cerradas para lograr este objetivo.
- A la entrada de la unidad de producción se ubicará un punto para la desinfección de los neumáticos de los vehículos, denominado badén o pediluvio. De no existir éste, la misma se puede realizar con la ayuda de una asperjadora manual. Adicionalmente, se ubicarán cajuelas para desinfectar el calzado y las manos del personal con acceso autorizado

a la unidad de producción, y otras cajuelas con agua limpia para el lavado de las manos. Para la desinfección de los neumáticos de vehículos y del calzado se utilizará una solución hipoclorito de sodio (lejía) al 1 % o sulfato de cobre ácido, y para las manos una solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 1 %. A la entrada de cada casa de cultivo también se situarán cajuelas de desinfección de calzado y manos.

- Se establecerá una rotación adecuada con cultivos no susceptibles a *Meloidogyne* spp., en caso de detectarse infestaciones, se realizarán aplicaciones de medios biológicos, cuando éstas sean inferiores a grado tres, se realizarán aplicaciones de bionematicidas (Klamic® o HerNem®, *Trichoderma* spp, entre otras) y se pondrán en práctica otras alternativas como el empleo del injerto herbáceo, la solarización o la biodesinfección del suelo para lograr disminuir las poblaciones por debajo de grado 2.
- A partir de infestaciones de nematodos superiores a grado 3 se recomienda realizar un laboreo del suelo más prolongado, que incluya la inversión inicial del prima, establecer un mayor intervalo de tiempo entre labores y poner en práctica alternativas como la solarización o la biodesinfección del suelo o aplicaciones de Agrocelhone-NE, en dosis de 330 a 440 kg/ha, incorporado con agua de riego, según lo establecido por el Dirección Nacional de Sanidad Vegetal.
- Para la realización de las actividades del deshije, deshoje y selección negativa deben desinfectarse los instrumentos de trabajo con una solución de hipoclorito de sodio (lejía al 1 %), durante cinco minutos, para evitar la transmisión de enfermedades entre plantas y entre casas de cultivo. Los residuos de las actividades antes mencionadas, se manipularán diariamente y con mucho cuidado dentro de la instalación, para evitar el roce con las plantas sanas, extrayéndolos de la casa de cultivo en bolsas o sacos de polietileno. Los implementos a utilizar en las labores también deben ser lavados y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (lejía al 1 %), antes de ser introducidos en la instalación.
- Se recomienda mantener los alrededores de la casas de cultivo cubiertas con césped y libres de plantas hospederas, para evitar la erosión de los suelos, la suciedad de los techos y las mallas de las instalaciones, lo cual afectaría un correcto manejo climático.
- De presentarse focos de enfermedades fungosas o bacterianas de fácil diseminación, se practicará la selección negativa y la desinfección de la plantación mediante aplicaciones de fungicidas cúpricos o hidróxido de calcio, entre otras.
- Se chequeará y dará mantenimiento sistemático a las mallas de las instalaciones para permitir el flujo de aire, luz y evitar la entrada de insectos.
- Se prohíbe la entrada de personal ajeno y no autorizado a las casas de cultivo y el movimiento de personas al lugar desde las plantaciones de

fenología más avanzada hacia las más jóvenes y de las casas de cultivo más afectadas por plagas hacia las sanas.

- El traslado de plántulas se realizará de acuerdo con lo establecido en la Resolución N° 3/2014. La unidad de producción deberá estar cercada perimetralmente y con un solo acceso. Únicamente entrará en la misma el personal y los vehículos autorizados.
- En cada casa de cultivo, se ubicarán trampas de colores blanco, amarillo y azul impregnadas con goma entomológica, grasa de copilla u otro material adherente, para la captura y monitoreo de insectos, las cuales deben limpiarse periódicamente y colocar nuevos adherentes para que cumplan su función.
- En cada casa de cultivo se llevará y mantendrá actualizado su historial fitosanitario, según el modelo establecido. Es responsabilidad del técnico de la casa de cultivo y del jefe de Sanidad Vegetal de la unidad, la realización de los muestreos diarios de plantas y aplicar la metodología de señalización dos veces por semana, si al realizar los muestreos se detectan síntomas desconocidos en las plantas, se aconseja no tomar muestras, sino avisar inmediatamente a la Estación Territorial de Protección de Plantas (ETPP). Está legalmente establecido que las posibles plagas cuarentenarias son manejadas por el Sistema Estatal de Sanidad Vegetal.
- Debe existir un punto alejado para la recepción y el procesamiento de los residuos vegetales producidos en las casas de cultivo.
- En cada instalación se garantizarán los medios de aplicación necesarios para una correcta y oportuna protección fitosanitaria de los cultivos, así como los instrumentos para pesar, medir y premezclar los productos fitosanitarios.
- Debe tenerse previamente identificada la calidad del agua que se utiliza para las aspersiones de productos químicos o biológicos. Usar adecuadamente los reguladores de pH y tensoactivos.
- Se utilizarán los medios de protección humana, según las normas y requisitos establecidos para cada producto químico. Es obligatorio mantener actualizados los chequeos periódicos de salud de los trabajadores vinculados al proceso productivo de las unidades de producción protegida, de acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Salud Pública. En todas las aplicaciones de agroquímicos se cumplirá con las medidas del manejo seguro de plaguicidas.
- Las ETPP son responsables de orientar y establecer el monitoreo y la señalización de plagas, así como de realizar la supervisión estatal. Se implementará la utilización de productos biológicos, insecticidas naturales y biorreguladores para la aplicación del Manejo Integrado de Plagas (MIP), como primera opción en la protección fitosanitaria de los cultivos.

9.2. PRINCIPALES PLAGAS: INSECTOS

Rafael Abreu Avila¹, Julia Almándo Parrado¹
y Blanca G. Bernal Areces² †

¹ Instituto de Investigaciones Sanidad Vegetal, MINAG.

² Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

9.2.1. Plagas comunes del tomate, pimiento, pepino, melón y sandía

Insectos

Mosca blanca. *Bemisia* spp.

Es un insecto picador–chupador del que existen muchas especies, *Bemisia tabaci* (Gennadius) es la más difundida y posiblemente la más dañina.

La metamorfosis del insecto pasa por los estados de huevo, ninfa, pupa y adulto, cuya duración varía de acuerdo a la temperatura y humedad relativa. Aproximadamente desde la incubación del huevo hasta la emergencia del adulto el ciclo de vida tiene una duración de 22 a 28 días.

Los huevos son de color blanco–amarillento, colocados verticalmente en las hojas e insertados mediante un corto pedúnculo. Las larvas presentan cuatro estadios, el primero es móvil y los restantes viven fijos, su cuerpo tiene forma ovalada. La pupa tiene el cuerpo en forma elíptica. Los adultos recién emergidos son de color blanco–amarillento, pero luego adquieren el color blanco. El macho es más pequeño que la hembra, la cual puede poner entre 81 y 161 huevos.

La distribución vertical de este fitófago en la planta resulta para los adultos y huevos en los niveles medio y superior; para las ninfas el nivel inferior y medio y para las pupas el nivel inferior.

En la dispersión de la plaga tiene una gran influencia el viento, el cual puede arrastrar un gran número de moscas blancas y ocurrir apariciones repentinas y abundancia de adultos en cultivos distantes del lugar de origen. Otro factor climático que influye son las precipitaciones y temperaturas resultando los períodos secos y calurosos más favorables.

Daños

Los daños producidos a las plantas por la mosca blanca pueden ser directos o indirectos. Los directos son causados por los adultos y las ninfas durante su alimentación al adsorber la savia de las hojas, que produce amarillamiento y debilitamiento de las plantas. Los indirectos ocurren como consecuencia de la actividad del insecto en los cultivos. Uno de estos daños es provocado por las ninfas al producir una sustancia azucarada donde se desarrolla un hongo que produce la "fumagina". Este hongo de color negro puede llegar a cubrir hojas y frutos y causar la reducción de la fotosíntesis y la transpiración de la planta.

El daño indirecto más importante es la transmisión de enfermedades virales producidas por Begomovirus como el Virus del encrespamiento ama-

rillo del tomate (TYLCV). En las variedades susceptibles las afectaciones en número y peso de los frutos de tomate de plantas infectadas son significativamente diferentes con respecto a las sanas, cuando la infección por TYLCV ocurre a partir de los 20 hasta los 50 días después del trasplante. Si el ataque ocurre posteriormente los daños no son de consideración, lo que indica que este período es crítico y es necesaria la protección fitosanitaria al cultivo.

Minador común (*Liriomyza* spp.)

En los cultivos del tomate, pimiento, pepino, melón y sandía se encuentran dos especies de Agromyzidos: *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza sativa* Blanchard, que por su similitudes resultan difíciles de diferenciar a simple vista.

Los huevos de estos insectos son blancos, pálidos, de forma oval y son colocados por la hembra dentro del tejido de las hojas con una duración de tres días hasta la emergencia de las larvas. Las larvas de color blanco al principio, tornándose amarillento según avanzan al tercer y último estadio con una duración de seis días de desarrollo.

Las prepupas que salen de las minas presentan una coloración amarillenta sobre la región de la cabeza con una duración de cinco horas, las que se tiran al suelo para formar la pupa. Las pupas son de forma oval y cuando son nuevas poseen color amarillo brillante, tornándose parduzca con el envejecimiento con una duración de ocho días.

El adulto es una mosca pequeña con la cabeza amarilla, el tórax y el abdomen de color negro grisáceo y con una mancha amarilla brillante en el extremo posterior del mesotórax. Las hembras realizan dos tipos de picaduras, las de alimentación y las de oviposición, ambas perjudiciales a las hojas.

Daños

Las larvas se alimentan del parénquima foliar en empalizada y avanzan en dirección indeterminada y dejan a su paso un túnel, perfectamente visible, que es lo que conocemos por "mina", la cual puede ser lineal o en forma de serpentina, al nutrirse del mesófilo foliar, reducen la capacidad fotosintética y afectar su rendimiento. Las infestaciones llegan a ocasionar desecación y caída prematura de las hojas y de forma indirecta a los frutos.

Trips (*Thrips* spp. y *Frankliniella* spp.)

Esta plaga pasa por las fases de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto. Los huevos son depositados en el interior del tejido vegetal mediante una incisión realizada con el ovopositor.

Las larvas se desarrollan comúnmente en el envés de las hojas medias y viejas (inferiores), hasta alcanzar el estado de prepupa, en el cual se dejan caer al suelo donde se desarrolla el estadio pupal.

Los adultos son hallados preferentemente en las hojas más jóvenes (superiores). Su tamaño es de 1 a 2 mm aproximadamente, por lo que es un insecto muy pequeño. Tienen el cuerpo alargado, cilíndrico y de coloración variable entre el negro y el amarillo pálido, pasan por las distintas tonalidades del castaño.

Daños

Se alimentan de la savia, la cual extraen por medio de su aparato bucal raspador chupador. Al romper las células, la savia se oxida con el aire dándole ese aspecto de quemado o tostado a la parte afectada. En hojas jóvenes normalmente produce una distorsión, que en casos extremos puede impedir el crecimiento de la planta o incluso provocar su defoliación. Las especies del género *Thrips* y *Frankliniella* son vectores de Orthotospovirus.

Ácaros

Bajo las condiciones de cultivo protegido en Cuba los ácaros fitófagos que se han registrado son *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), *Aculops lycopersici* (Massaee), *Tetranychus urticae* Koch y *Tetranychus* spp.

FITOÁCARO	CULTIVOS QUE AFECTAN
<i>P. latus</i>	Tomate, pimiento, pepino y melón
<i>A. lycopersici</i>	Tomate
<i>T. urticae</i>	Pepino, melón, sandía
<i>Tetranychus</i> spp.	Tomate

Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Bank)

Presenta el ciclo de vida más corto dentro del grupo de los ácaros fitófagos. Pasa por los estados de huevo, larva y adulto. Alcanza su desarrollo entre los tres y cinco días sobre el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Su reproducción generalmente es sexual, aunque puede ocurrir partenogénesis arrenotocas, donde de huevos fecundados se obtienen hembras y de los no fecundados, machos. En poblaciones normales se obtiene una relación baja macho/hembra que en pocos casos llega a 0,5.

Tanto la hembra como el macho son capaces de copular inmediatamente que emergen, el período de pre-oviposición es generalmente entre las 24 a 72 horas. El período de oviposición dura de 12 a 17 días como promedio en condiciones de laboratorio, aunque pueden llegar hasta 28 a 32 días, la hembra pone como promedio entre tres y cinco huevos diarios. El período de post-oviposición ocurre dentro de las 24 horas, por lo que muere inmediatamente después del período de oviposición. El ciclo de vida es entre 15 a 18 días y en casos excepcionales puede llegar entre los 30 a 35 días.

El umbral mínimo de desarrollo del ácaro blanco está entre 8 –11°C, el 94–97 % de los cambios ocurridos en la velocidad de desarrollo de este ácaro depende de la temperatura. Además de los factores señalados se ha observado un fuerte efecto denso dependiente a partir de 16 adultos/hoja, se manifiesta por disminución de la puesta y del número de hembras/hembras y un incremento de la mortalidad de los estadios inmaduros.

Las primeras poblaciones se observan a partir de los 20 días de la brotación del cultivo y las máximas entre 45–60 días, la intensidad del daño depende de la fenología de la planta, condiciones climáticas y fitotécnicas. En los sistemas de cultivo protegido, está considerada una de las principales plagas en el cultivo del pimiento.

Daños

El ácaro vive, se desarrolla y produce daños en todas las hojas de las plantas, pero su preferencia es por los puntos de crecimiento. Los brotes de plantas sanas se diferencian de los dañados, ya que presentan diferentes estados de infestaciones, brillo en el envés del área foliar como síntoma inicial, bronceado y hasta necrosis y deformación de las yemas terminales, se presentan deformaciones, endurecimiento y raquitismo a los órganos afectados. La floración es pobre y se reduce el ciclo del cultivo. Gran número de botones florales abortan. Si el daño es severo, la planta no se desarrolla, queda enana y con apariencia raquílica.

9.2.2. Plagas del tomate

Minador gigante o gusano de alfiler (*Keiferia lycopersicella* Walsh)

Los huevos tienen forma de elipse, de color amarillo y posteriormente se tornan anaranjados, de tamaño menor a 1 mm, que eclosionan entre los cuatro ó cinco días de la plántula y son depositados sobre las hojas preferiblemente en el haz, dentro de las ranuras que bordean las nervaduras y en forma dispersa.

Las larvas tienen una coloración verde pálido al principio y después se tornan grisáceo-violeta con manchas púrpuras, en los primeros estadios minan las hojas dentro del mesófilo de éstas, forman galerías, a medida que la larva crece, ensancha la mina en forma irregular, depositan los excrementos en el extremo inicial de la misma y posteriormente enrollan las hojas para formar un refugio. Su duración es de 9 a 13 días.

El empupamiento se da en el suelo, luego que la larva madura se deja caer a éste, teje un capullo cubierto por una capa superficial de suelo. Su color es verde claro al formarse, toman más tarde color pardo claro a pardo oscuro y pueden apreciarse en esta fase biológica las características de las antenas, alas, ocelos y segmentos abdominales. Su duración es de seis a nueve días.

El adulto es una polilla de 9 a 12 mm, de color gris plateado, de alas estrechas con flecos, el abdomen es oscuro moteado, con profundos surcos. Reposa en sitios sombreados de la planta durante el día. Es muy activo durante la noche.

Daños

Esta plaga causa serias afectaciones en las hojas y provoca en ellas minas o galerías. También puede abandonar la hoja y penetrar en el fruto y dejar un agujero del tamaño de un "alfiler" pequeño, que trae como consecuencia que las plantas se infecten por patógenos y se produzcan putrefacciones en los frutos.

Falso medidor (*Trichoplusia ni* Hübner)

Los huevos son redondeados y achatados en su base, de color blanco perlado o blanco verdoso y son puestos de forma aislada o en pequeños grupos, normalmente en el envés de las hojas. Estos eclosionan en dos o tres días después de las puestas de las hembras las que pueden llegar a poner hasta 300 huevos.

Las larvas son de coloración verde pálido con una línea blanca y delgada, distinguible a cada lado del cuerpo y otras dos cerca de la línea media del dorso. La duración del ciclo larval es de 15 a 20 días y presenta normalmente cinco estadios, aunque pueden variar entre cuatro y siete. Éstas poseen tres pares de patas delgadas cerca de la cabeza y tres pares de falsas patas después de la mitad del cuerpo, presenta en su forma de caminar un carácter distintivo pues hacen una ondulación con el cuerpo y dan impresión de realizar medidas, de ahí su nombre vulgar de falso medidor.

Durante su última fase la larva teje, en el envés de las hojas o en los residuos vegetales, un capullo frágil de hilos blancos que protegerá la crisálida. Ésta es de un color verde amarillento que se torna castaño cuando envejece. Su duración es de de cuatro a siete días.

Los adultos son de color grisáceo, los que miden alrededor de 3 cm de largo. Sus alas delanteras tienen dos pequeñas manchas plateadas cerca de la parte media, una redonda y la otra en forma de U. Las alas posteriores son de color pardo claro en su base y más oscuras en su parte terminal. Un mechón de pelos se levanta de la parte trasera del tórax. Los machos tienen los mechones de color castaño, cerca del final del abdomen, algunos con las puntas negras. Poseen hábitos nocturnos.

Daños

Las larvas se alimentan del follaje, tienen aparato bucal masticador, que provoca la reducción del área foliar de la planta. Los tres primeros estadios lo hacen normalmente de la epidermis superior de la hoja, al contrario de los estadios siguientes que por lo general hacen grandes orificios en el centro. Al alcanzar su máximo desarrollo, las larvas son muy voraces, usualmente consumen hasta tres veces su peso diariamente. Su presencia se puede detectar también al acumularse, en los sitios de alimentación, grandes cantidades de material fecal húmedo y pegajoso.

Thrips spp. (ver acápite 9.1.1 Plagas comunes, del presente capítulo)

Spodoptera spp.

Diversas especies del género *Spodoptera* pueden constituir plagas de los cultivos de tomate y pimiento, encontrándose dentro de ellas: *S. frugiperda*, *S. latifascia*, *S. sunia*, *S. ornithogalli*, *S. eridania* y *S. exigua*.

Los huevos son de color blanquecino amarillento con estrías, son aplanados en su base, el color de los mismos va oscureciéndose a los dos ó tres días después de la puesta, cuando ya están a punto de eclosionar (emergencia de la larva). Éstos son colocados sueltos o en grupos, formando masas de capas superpuestas, cubiertas por unos hilos finos de color crema pálido, los cuales son producto de segregación por otra parte del adulto y también escamas de su cuerpo, las hembras pueden poner de 50 a 500 huevos en varias puestas.

Las larvas son de color variado, están en relación con la especie y el hospedante que toma para alimentarse, este color, es desde verde olivo, gris oscuro, hasta negro. La duración de este estado es de 15 días. Desde que

emergen hasta el estado de prepupa pasan seis o siete estadios, los cuales dependen de la cantidad de alimentos y del tipo de hospedantes que habitan.

Las pupas son de color marrón con el tórax y abdomen visibles. Posee además, dos estructuras o espinas conspicuas en el último segmento abdominal. También pueden observarse los apéndices de las alas. La duración del estado pupal es de ocho días. La larva realiza la pupación en el suelo.

Los adultos presentan diferenciación sexual. La hembra posee un color abdominal gris claro, cabeza pequeña, ojos prominentes y antenas filiformes. Las alas anteriores son de color gris oscuro, pero no intenso, con algunos arabescos blancos. Las alas posteriores son más pequeñas, de color blanco y con un borde más oscuro, extenso y anterior. Los machos poseen las alas anteriores de gris oscuro, con unos arabescos más visibles y en la margen costal de cada ala y una franja en la parte anterior del borde extremo; tórax y abdomen pubescentes de color gris ceniza, la parte anterior más oscura que la inferior.

Daños

Las larvas desde que emergen hasta los primeros estadios se alimentan del parénquima de las hojas sin que se produzcan daños a la planta. Al entrar en el tercer estadio éstas prefieren alimentarse del fruto, los que perforan de forma característica y se introducen en su masa, donde pueden provocar varias perforaciones y atacarlo desde que este inicia su desarrollo hasta el final.

Cuando el ataque es muy intenso y las larvas comen numerosas hojas o partes de ellas, las plantas disminuyen su rendimiento. Las larvas desarrolladas también atacan los frutos, los perforan de forma característica y se introducen en su masa, pueden provocar varias perforaciones y atacarlo desde que éste inicia su desarrollo hasta el final. Los frutos atacados no sirven para el consumo porque las perforaciones que presentan son invadidas por hongos que provocan la descomposición. Según la especie pueden afectar a los cultivos de tomate o pimiento.

Ácaro del bronceado (*Aculops lycopersici*, Masee = *Vasates desructor*, Keifer)

Su cuerpo es alargado y puntiagudo, de pequeño tamaño. Su ciclo biológico pasa por los estadios de huevo, ninfa I, II y adulto; completa su ciclo entre los seis a siete días en condiciones óptimas, y el período de incubación el más largo. La hembra pone más de 50 huevos en su vida adulta y los deposita en los lugares más protegidos del órgano atacado.

Las temperaturas y la humedad relativa son factores climáticos favorables para el desarrollo de esta plaga. Se encuentra en todos los órganos de la planta. Aparecen inicialmente sobre los tallos y especialmente alrededor de los brotes axilares, con posterioridad se distribuyen hacia todas las hojas.

Daños

Puede causar la destrucción completa del cultivo, se considera que es el ácaro que provoca mayores daños. Las altas temperaturas favorecen su re-

producción. Los tallos afectados adquieren una consistencia granulosa que posteriormente se torna de color bronceado, las hojas se secan y pueden caer. También se trasladan en los equipos e implementos de trabajo. Los daños comienzan por la parte inferior de la planta y se trasladan posteriormente. Debido a su pequeño tamaño, generalmente se observan los síntomas del daño cuando la población en la planta es alta hacia la parte superior, en la medida que las partes dañadas se secan.

Aparecen inicialmente sobre los tallos y especialmente alrededor de los brotes axilares, con posterioridad se distribuyen hacia todas las hojas. En condiciones de tiempo cálido y seco los síntomas se desarrollan rápidamente y los ácaros pueden causar severos daños a las plantas, incluso su muerte en pocos días.

El ácaro afecta todos los órganos de la planta, produce clorosis y bronceado como síntoma inicial, secado y caída de las hojas en estado final, además puede producir aborto, deformaciones y necrosis de las flores y frutos; estos últimos pueden presentar la superficie cuarteada. Los daños dependen del momento fenológico y la intensidad del ataque, en el caso de cultivos protegidos son muy fuertes. La plaga provoca reducción en la calidad del fruto y el rendimientos en general.

Araña roja (*Tetranychus* sp.)

Es polífago. Los huevos son amarillo naranja, tornándose rojizo a medida que se acerca la eclosión y próxima a estas se observa un par de puntos rojos (ojos) y el corium se cuarteo; la larva al emerger es pequeña con tres pares de patas, poco móvil, de color amarillo claro, paulatinamente crece y toma un color verde rojizo, durante la muda da lugar a la protoninfa, con cuatro pares de patas, muy activas de color verde rojizo que cambia a pardo rojizo en la muda a deutoninfa, semejantes a los adultos jóvenes en el color y la talla. La hembra es rojo carmín ovoide y convexa dorsalmente, mientras que el macho es rojo naranja, de cuerpo triangular más pequeño y patas más largas que las hembras. El umbral mínimo de desarrollo es de 12,9 °C para el adulto y 14 °C para el período de incubación. La duración del ciclo de vida es de 10 –11 días. Estos ácaros son de pequeño tamaño y sólo pueden ser detectados si se observa la planta minuciosamente. Tienen gran movilidad cubren sus colonias con una telaraña producto de sus secreciones. Están determinados por la fase del cultivo, momento de aparición, condiciones climáticas y agrotécnicas.

Daños

Los daños se manifiestan como clorosis típica (tetránicos) que evoluciona hasta formar tejidos necrosados de color pardo, que puede abarcar toda la hoja y parte importante de la planta, en casos severos se observa la plantación con aspecto de quemada. Cuando hay modificación de las condiciones fitoclimáticas y la estabilización de la fauna benéfica, disminuyen las poblaciones del ácaro. Su ataque lo dirigen fundamentalmente al envés de las hojas con una gran actividad raspadora chupadora; son capaces de ocasionar grandes afectaciones en épocas de prolongada sequía y calor.

9.2.3. Plagas del pimiento

Thrips spp. (ver acápite 9.1.1 Plagas comunes, del presente capítulo)

Pulgones o áfidos

El pulgón puede tener color negro, amarillo, verde, naranja entre otros, con un tamaño aproximado de 1 a 6 mm, lo podemos ver a simple vista, y se encuentran principalmente en zonas cálidas y con poca humedad, y su momento de mayor actividad es en primavera-verano. También el terreno con exceso de fertilizantes favorece su propagación. Es una de las plagas más comunes. Forman colonias y su aparato bucal es picador-chupador, se alimentan de la savia de las plantas.

Pulgón (*Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Glover))

Generalmente estos pulgones se reproducen por partenogénesis con ciertas particularidades, de acuerdo con las características biológicas de la especie. Toleran muy bien las altas temperaturas y proliferan con facilidad en los cultivos bajo cubierta. La duración de un ciclo completo puede estimarse en unos siete días, con temperatura de 21 a 24 °C, con una fecundidad de 30 a 40 descendientes por semana, según la especie. Los adultos de *M. persicae* y de *A. gossypii* pueden ser alados o ápteros. La aparición de las formas aladas va a depender de las necesidades de dispersión de la población, ya sea por limitación de alimentos o por condiciones ambientales.

Ambas especies de áfidos presentan tanto individuos adultos ápteros como alados, entre los cuales pueden notarse ciertas diferencias. El cuerpo de los alados presenta una placa esclerosada central en el dorso del abdomen, la cual se extiende desde el segmento III hasta el V o VI, en tanto los ápteros carecen de esclerotizaciones en sus segmentos abdominales.

En las condiciones de regiones tropicales y subtropicales, como las de nuestro país, se desarrollan numerosas generaciones de hembras aladas y ápteras que se reproducen partenogenéticamente. No se efectúa reproducción sexual.

Estos insectos son de desarrollo hemimetábolo, en el que todos los estadios de desarrollo (ninfas) se parecen a la forma adulta. Posee cuatro estadios ninfales y el imago emerge después de la cuarta muda.

Daños

Los daños pueden ser directos o indirectos. Los directos son los ocasionados por los pulgones al clavar sus estiletes en los tejidos vegetales para alimentarse de los órganos jóvenes tiernos y en desarrollo de las plantas, cuando las colonias son numerosas se pueden producir amarillamientos, brotes retorcidos y deformaciones. También excretan melazas que atraen a las hormigas y hacen que desarrolle la fumagina (*Capnodium* spp.). Esta cubre las hojas, por lo que reduce la fotosíntesis y las hojas se defolian y caen; la otra causa indirecta y más grave se debe a la transmisión de virus, del Género: *Potyvirus* (Virus del grabado del tabaco) *Tobacco etch virus* (TEV), que en el cultivo del tomate da lugar a plantas de menor tamaño y con hojas

reducidas y en el cultivo del pimiento a hojas con los nervios de un color verde más acentuado.

9.2.4. Plagas del pepino, melón y sandía

Thrips spp. (ver acápite 9.1.1 Plagas comunes, del presente capítulo)

Gusano de los melones *Diaphania hyalinata* (L.) y *Diaphania nitidalis* (Stoll.)

Las hembras ovopositan los huevos aisladamente o en grupos de tres a cuatro donde prefieren ovopositar en los brotes y protegerse de los productos químicos y biológicos que se emplean para su control o manejo. Tienen forma ovalada y coloración de verde pálido a amarillento y brillante.

Diaphania hyalinata posee un total de cinco instares larvales. El color de las larvas es una consecuencia del modo de alimentarse, pues en los dos primeros instares toman el alimento en forma de daño en ventana de los brotes tiernos de calabaza, pepino o melón, cuya coloración es amarillo-verdosa. Del tercer instar larval al quinto se alimentan de secciones de hojas completas, se acentúa un verde más intenso y las franjas longitudinales subdorsales del cuerpo empiezan a hacerse cada vez más nítidas. Las larvas de los instares I y II se localizan en los brotes y hojas jóvenes y la de los instares III al V se localizan en hojas completamente desarrolladas.

Las larvas al completar su desarrollo, doblan el borde de las hojas, pegándolas y se protege con ellas para comenzar su transformación en pupa o crisálida. La pupa es inicialmente de color verde, para después tornarse pardo claro hasta llegar a oscuro en la madurez. Esta etapa transcurre en el interior de las hojas dobladas, protegidas por unos hilos sedosos hasta que emerge el adulto. Los adultos poseen las alas de color blanco perlado iridiscente con reflejos morados. Los márgenes costal y apical están bordeados por una franja angosta de color marrón oscuro, la cual falta en el margen anal de las posteriores. En el último segmento abdominal poseen un mechón.

Daños

Varían según su desarrollo. Cuando en las hojas de los cultivos calabaza, pepino o melón aparecen daños en forma de ventana o de hojas raspadas, se trata de los instares I y II, en estos instares las larvas son muy pequeñas y su aparato bucal no ha alcanzado el total desarrollo en su tamaño. Los instares del IV al V sí consumen secciones de hojas completas y generalmente las poblaciones son elevadas, entonces se trasladan a flores y frutos; en las flores evitan su desarrollo y los frutos afectados se pudren por la acción de hongos y bacterias que penetran por las lesiones producidas.

El instar más peligroso de esta plaga es el IV, que consume casi el total de los afectados en el I y II instar, por lo que siempre es fundamental el control de los primeros instares para evitar que las larvas lleguen a ese instar.

Ácaro común o ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* (Koch)

Los huevos de esta especie tienen forma redondeada, recién puestos son vidriosos e incoloros y luego adquieren un color blanco amarillento. Las larvas son redondeadas y recién eclosionadas son casi incoloras, luego adquieren un color amarillento cuando comienzan a alimentarse. Se observan poco las manchas oscuras sobre la parte dorsal. Poseen tres pares de patas. Son de pequeño tamaño, miden aproximadamente 0,2 mm de largo y 0,15 mm de ancho.

La hembra tiene el cuerpo redondeado, ligeramente alargado y achatado ventralmente; presenta una coloración amarillo verdosa. A ambos lados del cuerpo se observan dos manchas oscuras típicas en esta especie. Los ojos son rojos. En ocasiones, en las poblaciones se encuentran ejemplares aislados de color más oscuro. Miden alrededor de 0,40 mm de largo y 0,21 mm de ancho.

El macho tiene una forma más alargada, con el extremo posterior vuelto hacia arriba. El color del cuerpo varía de amarillo-verdoso a rojo-verdoso. Las manchas oscuras no son tan acentuadas. El largo aproximado es de 0,33 mm y 0,18 mm de ancho.

Daños

El ácaro en su alimentación inserta sus partes bucales a través de la epidermis de la hoja hasta el interior del tejido celular; próximo a las punteaduras se provoca una ruptura de las células parenquimatosas y una contracción de las células en empalizada. Esto ocasiona destrucción de la clorofila con la consiguiente reducción de la actividad fotosintética de las hojas afectadas.

Este arácnido tiene el hábito de tejer hilos de seda (telarañas) en el envés de las hojas, en todos sus estadios. Estos hilos son dispuestos horizontalmente y unidos por hilos verticales, lo que asegura una excelente protección para los huevos y demás fases biológicas. Entre los ácaros, es uno de los enemigos más destructivos para la agricultura. Los períodos calurosos y secos favorecen su multiplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Sifontes, J.L. y Pérez González, Y. (2015). La prodenia verde, *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) por primera vez en cultivos protegidos en Cuba. *Centro Agrícola*, 42(3): 91-93.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Murguido, C. (1990). Metodología de señalización de *Diaphania hyalinata* (L.) y *Diaphania nitidalis* Stol. C.N.S.V. La Habana.
- Pozo Velázquez, E., Valdés Herrera, R., Cárdenas Morales, M., Mora Pérez, E. (2005) Consumo de alimento por *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidop-

tera: Pyralidae) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Fitosanidad*, 9 (3): 13-15.

- Pozo Velázquez, E., Grillo Ravelo, H., Domínguez Hurtado, I., Díaz Sánchez, J. (2004). Niveles de daño, umbral económico y señalización de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera; Pyralidae) en calabaza *Cucurbita moschata* (Duchesne), variedades Cuba-Cueto 8574 y RG-2000. *Centro Agrícola*, 31, (1-2): 89-93.
- Sierra, A., Machado, I., Primus, K., Pozo Velázquez, E. (2012). Biología de *Keiferia lycopersicella* (Walshingam) en tomate en producción protegida. *Centro Agrícola*, 39(4): 63-68.

9.3. PRINCIPALES PLAGAS: FITONEMATODOS

Mayra G. Rodríguez Hernández¹, Emilio Fernández González², Katherine Casanueva Medina², Hortensia Gandarilla Bastarrechea³ y Farah M. González Userralde⁴

¹ Laboratorio de Nematología Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Mayabeque

² Laboratorio de Nematología. Departamento de Fitopatología. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana.

³ Laboratorio de Nematología. Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal. Unidad de Laboratorios Centrales de Sanidad Agropecuaria (ULCSA), La Habana.

⁴ Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", GAG, MINAG.

9.3.1. Introducción

Existen varios géneros y especies de fitonematodos asociados a los cultivos protegidos, no obstante los más importantes, por sus daños o patogenicidad potencial, se encuentran dentro los géneros *Meloidogyne*, *Rotylenchulus* y *Xiphinema*.

Meloidogyne (nematodos agalleros)

El género *Meloidogyne* representa un grupo económicamente importante para los cultivos que se desarrollan en casas de producción protegida, constituye una plaga clave en los cultivos de tomate y cucurbitáceas.

Estos nematodos son parásitos obligados altamente especializados, cuyas comunidades son, en numerosas ocasiones, poliespecíficas, lo que significa que están compuestas por varias especies y se encuentran distribuidos en todo el país. Posee especies polífagas que parasitan numerosas plantas. Algunas especies presentan razas y poblaciones virulentas (que parasitan y se desarrollan en cultivares con genes de resistencia). Poseen una alta tasa de reproducción, con varias generaciones por año y ciclos de vida cortos, dependen de las temperaturas. Se alimentan y reproducen en células modificadas donde inducen agallas de diferentes dimensiones de ahí el nombre de nematodos de agallas. El sistema de producción protegida ofrece condiciones favorables para el desarrollo de altas poblaciones de nematodos agalleros.

Se diseminan de forma pasiva, a través de los aperos de labranza, maquinarias, zapatos, plántulas infestadas, aguas contaminadas que llegan a las casas a través del riego o por inundaciones, bandejas infestadas, abonos y substratos contaminados, raíces infestadas que quedan en los suelos luego de hacer la "preparación" y otros. También son capaces de diseminarse de forma activa, pues pueden moverse o desplazarse pequeñas distancias (0,5–1 m) y colonizar nuevas áreas en la casa de cultivo. Ellos se mueven con movimientos ondulatorios sobre el plano dorso-ventral, a través de los poros del suelo, atraídos por las secreciones de las raíces. Las mayores poblaciones de nematodos, en cultivos anuales como las hortalizas, se ubican en los primeros 30 cm del perfil de suelo, pero se pueden mover a horizontes más profundos, hasta los 60 a 70 cm. Las afectaciones se producen en forma de "parches" o "focos" en las casas.

El ciclo biológico de los nematodos agalleros, de manera general, es simple. El juvenil infestivo o de segundo estadio (J_2) (Figura 9.1), se encuentra en el suelo cuando el cultivo se trasplanta, se orienta y se mueve hacia las raíces, donde penetra por sus extremos y se mueve, intercelularmente, hacia el cilindro vascular, donde comienza a alimentarse y muda para convertirse en estadios juveniles J_3 y J_4 y luego se convierten en adultos. La duración del ciclo de vida depende de factores como la temperatura del suelo, a mayores temperaturas el ciclo se acorta y viceversa.

En estudio reciente se determinó que *Meloidogyne incognita* completó su ciclo en solo 24 días, a partir de ese momento las hembras tenían huevos. Cada hembra de nematodo agallero puede producir de 30 a 80 huevos por día, en dependencia de las condiciones ambientales y el hospedante, pueden llegar a producir unos 400 o más por hembra. Las plantas "trampa", cuando se usen, deben ser retiradas entre los 21–22 días posteriores al trasplante, para evitar el aumento de poblaciones de nematodos agalleros.



Fig. 9.1. Juveniles infestivos de *M. incognita*, este es el estadio que se encuentra en el suelo e infesta las raíces de las plantas.

Síntomas

Las plantas infestadas por nematodos agalleros muestran síntomas aéreos como lento crecimiento, o la detención de este, amarillamiento, senescencia temprana y marchitamiento, incluso en momentos en que los suelos están húmedos, síntomas que se pueden asociar a problemas de adsorción de nutrientes y agua (Figura 9.2). Cuando el ataque se produce en edades muy tempranas, debido a la presencia de una alta población, las plantas pueden morir.

En las raíces, el tamaño de las agallas es variable, en dependencia de la especie de planta parasitada y la densidad poblacional o cantidad de individuos del nematodo que penetren la raíz. Las agallas pueden ser individuales y escasas, cuando son parasitadas por pocos nematodos y cada una, generalmente, contiene una o pocas hembras cuyas ootecas, generalmente, que se presentan en la superficie de las raíces, lo que facilita la acción de los medios biológicos como KlamiC®, *Trichoderma* spp., otros que actúen sobre los huevos.



Fig. 9.2. Plantas de pimienta y pepino con altas infestaciones de *Meloidogyne* spp.

Las agallas grandes son provocadas (Figura 9.3), generalmente, por altas densidades de nematodos. Las raíces se deforman, el tamaño de la agalla se incrementa y las ootecas son mayormente internas. Las plantas afectadas por nematodos agalleros pueden predisponerse y ser atacadas por patógenos fungosos y bacterianos como *Fusarium* sp. y *Ralstonia solanacearum*, respectivamente.



Fig. 9.3. Raíces de tomate severamente agalladas por el ataque de *Meloidogyne incognita*.

Los estudios desarrollados en los últimos años en Cuba en diversos sistemas y provincias, dieron a conocer la presencia en la producción protegida de hortalizas de tres especies de nematodos agalleros: *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne arenaria* y *Meloidogyne enterolobii*; esta última ubicada en la Lista de Plagas Cuarentenarias del grupo A-2.

Meloidogyne incognita fue la especie de mayor abundancia relativa en el país y apareció en nueve provincias, destacándose el hecho de aparecer, como única especie, en las instalaciones visitadas de La Habana, Matanzas, Ciego de Ávila y Granma.

Por su parte, *Meloidogyne enterolobii*, plaga emergente y virulenta apareció en zonas de Holguín y Villa Clara. Esta especie afecta varias especies de ornamentales y árboles de sombra, Piña (*Anana comosus*), romerillo (*Bidens pilosus*), chile (*Capsicum annuum* var. longum), pimienta (*Capsicum annuum*), papaya (*Carica papaya*), cactus (*Cereus fernambucensis*), ortiga (*Cnidioscolus urens*), café (*Coffea* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.), clavel chino (*Emilia sonchifolia*), achicoria de cabra (*Erechtites hieraciifolius*), tomate (*Solanum lycopersicum*), acerola o semeruco (*Malpighia puniceifolia*, *Malpighia glabra*), albahaca (*Ocimum* sp.), guayaba (*Psidium guajava*), higuera (*Ricinus communis*), berenjena (*Solanum melongena*) y ñame (*Dioscorea* spp.), entre otras.

En estudios en condiciones semicontroladas, fueron inoculadas diversas plantas artificialmente, y en esos estudios fueron parasitadas también por este nematodo, entre ellas: berenjena (cv. F1-100; cv. Black Bell.; cv. Black Beauty), Brócoli (*Brassica oleracea* var. botrytis cv. Waltham), canavalia (*Canavalia ensiformis*), caupi (*Vigna unguiculata*), col de repollo (*Brassica oleracea* var. *esculenta*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), frijol común (*Phaseolus vulgaris* cv. Icapijao e IPA-9), portainjertos de toronja (*Citrus* sp.) y pimienta (*C. annuum*), frijol lima o caballero (*Phaseolus lunatus*), banana (*Musa* sp.), melón de agua o sandía (*Citrullus lunatus* cv. Grimson Sweet), melón (*Cucumis melo*), papa (*Solanum tuberosum* var. Desiree), perejil (*Petroselinum crispum* cv. Plain), remolacha (*Beta vulgaris* cv. Detroit), tomate (*S. lycopersicum*) y tabaco (*Nicotiana tabacum* var. Paraguay x Claro; *N. tabacum* H-92; *Nicotiana tabacum* cv. Virginia; *Nicotiana tabacum* cv. Criollo), entre otras. Esta especie debe ser objeto de mucha atención en aquellas instalaciones donde sea detectada y por ser una plaga reglamentada deberá comunicarse para su confirmación al Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal.

Debe tenerse en cuenta que, en el caso de tomate, en la literatura internacional se refiere que son parasitadas por *Meloidogyne enterolobii* los cultivares 'Santa Cruz', 'Viradouro' (Portador de gen *Mi*, que confiere resistencia a *Meloidogyne* spp.); Guadadajira (resistente a poblaciones de *M. incognita* y *M. arenaria*); Campbell 28; Rossol (posee diferentes grados de resistencia a *Meloidogyne* spp.); INCA 17; Solar Set; Florida 47 y Roma, entre otras y portainjertos utilizados en Brasil como Guardiã, Helper-M, Anchor-T, Dr. K, Kagemuscha, TMA 809, Magnet y He-man.

En el caso de *Meloidogyne arenaria*, presente en Villa Clara y Holguín, se debe señalar que parasita a la col, una planta que los agricultores utilizaron en instalaciones de producción protegida de ciertas zonas del país para "disminuir" las poblaciones de *Meloidogyne*, y que, en presencia de esta especie, se debe obtener el efecto contrario. Los productores deben saber la composición de especies de sus instalaciones, debiéndose auxiliar del trabajo de las ETPP y LAPROSAV.

Los productores deben tener en cuenta que:

- El cultivo de plantas de familias botánicas semejantes o de diferentes familias pero que sean susceptibles a plagas comunes de solanáceas y cucurbitáceas susceptibles a *Meloidogyne* spp. no constituye una eficaz rotación de cultivos.

- No se puede rotar con col de repollo en las instalaciones infestadas con *M. arenaria*. Se debe tener en cuenta que, hay que determinar la composición por especies de la población de *Meloidogyne* spp., en el sitio, si en sus casas de cultivo está presente *M. enterolobii* o *M. arenaria* deben consultar al personal de LAPROSAV para buscar información de las plantas que pueden ser utilizadas en rotaciones, en el caso de *M. enterolobii* hay que consultar a la Estación Territorial de Protección de Plantas del territorio las medidas indicadas a tomar.
- Los medios biológicos deben utilizarse cuando en sus instalaciones el índice de infestación es $IA \leq 2$. En presencia de altos niveles poblacionales la eficacia de ciertos biorreguladores es menor.

***Rotylenchulus reniformis* (Nematodos ariñonados)**

R. reniformis es una especie ampliamente distribuida en los países tropicales y subtropicales, afectan un gran número de plantas cultivadas. Este nematodo presenta forma arriñonada y es un semiendoparásito sedentario. Las hembras adultas tienen la forma de riñón y los machos la típica disposición tubular de gusanos cilíndricos; son microscópicos, tienen el esófago reducido y el estilete corto y desarrollado. Los juveniles y hembras jóvenes son alargadas y su cola redondeada, mientras que la de los machos es afilada. Se reproducen sexualmente, son ovíparos y tienen un ciclo biológico relativamente corto.

La hembra pone aproximadamente 120 huevos en una sustancia gelatinosa que secreta a través de la vulva y que cubre gradualmente todo el cuerpo. De los huevos emergen los estadios juveniles, que penetran en las raíces y al llegar al cilindro central, se fijan y la parte posterior queda fuera de la raíz; los juveniles en reposo adoptan la forma de una letra C.

El nematodo se alimenta de la raíz y crece progresivamente hasta adoptar la forma de riñón característica, a la vez que madura sexualmente. Los daños se producen cuando los juveniles se alimentan de la raíz, se debilita la planta y se produce la necrosis de las células radicales que están alrededor de la cabeza del nematodo. También pueden producirse lesiones en el xilema y el floema de las raíces y en ocasiones, en el cilindro central, a la vez pueden producirse células gigantes por las sustancias fitotóxicas que inoculan los nematodos. Cuando las lesiones se intensifican por la acción fitotóxica de estas sustancias, las manchas necróticas se extienden y se unen hasta que se produce la necrosis total de las raíces secundarias, por lo que se disminuye el poder de absorción de los nutrientes por la planta.

Las plantas pueden mostrar síntomas de marchitez, decaimiento, principalmente cuando los suelos son pobres y están sometidas a estrés nutricional e hídrico. Esta especie aparece sola o en poblaciones concomitantes con nematodos formadores de agallas en las hortalizas de cultivo protegido, y son más frecuentes en el tomate y pepino.

***Xiphinema basiri* (Nematodos daga)**

El género *Xiphinema* comprende más de 250 especies de nematodos ectoparásitos migratorios de naturaleza polífaga y una variada distribución

geográfica. Poseen un amplio rango de hospederos como árboles frutales y hortalizas. Varias especies de este género son consideradas de gran importancia por el daño indirecto que generan al transmitir diversos virus, especialmente nepovirus. *Xiphinema* se encuentra de preferencia en suelos sueltos con texturas livianas o medias, con ciclos de vida que pueden alcanzar los tres años.

La especie *Xiphinema basiri* está caracterizada por la presencia de un odontoestilete (estilete muy largo) (Figura 9.4) y un anillo guía localizado cerca de la base del odontoestilete, justo antes de la unión con el odontóforo (extensión del estilete). El odontoestilete penetra profundamente dentro de la región meristemática donde las secreciones de las glándulas esofágicas provocan hipertrofia celular y engrosamientos en los ápices radicales. Las hembras son relativamente grandes, de 2 a 3 mm de longitud y presentan dos ovarios. El cuerpo tiene forma de C o J, la cola es corta, cónica y digitada. La forma de la cola de los juveniles es similar a la de la hembra adulta. Esta especie se caracteriza por la ausencia de machos. Su ciclo de vida considera los siguientes estadios: Huevo, Juvenil (J_1), Juvenil (J_2), Juvenil (J_3), Juvenil (J_4) y Adulto. Se alimentan a lo largo de la raíz, incluso en las puntas.

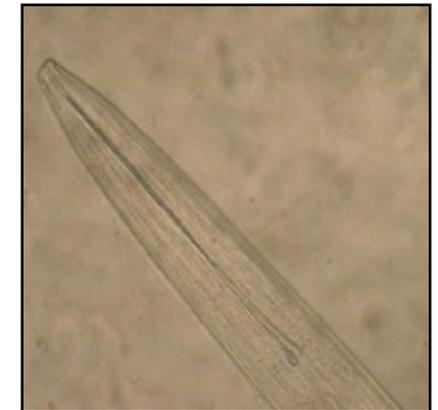


Fig. 9.4. Parte anterior de *X. basiri*, plaga potencial en la producción protegida de hortalizas.

Su alimentación, a lo largo de la raíz, produce síntomas similares a los causados por otros nematodos de alimentación cortical (desintegración de la corteza radicular). Algunos individuos pueden quedar inmóviles por un día entero, alimentándose intermitentemente de la misma zona radicular.

Su acción parasitaria se manifiesta como una extensa malformación, distorsión, necrosis y abultamiento en raíces y raicillas finas de absorción, causan reducción en la elongación de la punta de la raíz y el engrosamiento de las mismas. *Xiphinema basiri* puede causar agallas similares a las de *Meloidogyne*, que muchas veces suelen confundirse a simple vista. Estas agallas tienen el tamaño y la forma de un garbanzo, se distribuyen de forma regular a lo largo de las raíces, formándose casi siempre en un solo lado; la parte interior presenta una estructura parecida a los nódulos de las bacterias fijadoras de nitrógeno y los cortes longitudinales muestran sectores con células destruidas, sin modificaciones en el cilindro central. No se cuenta con información sobre las manifestaciones externas en las plantas, pero se considera un peligro potencial dada la posible confusión mencionada con anterioridad.

9.3.2. Alternativas de manejo

El injerto herbáceo, alternativa ecológica para el manejo de nematodos agalleros y otras plagas del suelo, tiene como finalidad cultivar una planta y utilizan el sistema radicular de otra. Se emplea, como método de prevención, para imposibilitar el contacto de una planta sensible con las plagas edáficas. En Cuba, se seleccionaron genotipos de solanáceas resistentes a *Meloidoyne incognita* raza 2, para ser utilizados como potenciales portainjertos del cultivo del tomate.

El principal portainjerto validado y recomendado en Cuba es el cultivar de tomate 'Rossol', que posee resistencia a *M. incognita* raza 2. El IIHLD dispone de semilla categorizada de este portainjerto para su generalización en la producción. Otros atributos de importancia son:

- Adecuada afinidad botánica con la especie a injertar.
- Adecuada compatibilidad F₁ foráneos y nacionales.
- Induce vigor a la planta injertada e incrementos de rendimientos y la calidad de la producción (ver Capítulo IV epígrafe 4.8).

Alternativas biológicas para el manejo de nematodos

Producto biológico: HeberNem®

Dosis por aplicación: 10 L/ha o 1 mL/m².

- La primera aplicación se realizará de tres a siete días antes del trasplante o siembra directa a la dosis de 40 a 70 mL de solución final por planta.
- Se recomienda no aplicar la solución después de una hora de preparada.
- La segunda aplicación se efectuará a los 14 días después del trasplante o de la siembra directa a una dosis entre 50 a 90 mL/planta de solución final.
- La tercera aplicación se hará 21 días después de la segunda aplicación, a través del sistema de riego.
- Se requiere agitar el producto de manera constante.

Producto químico: Agrocelhone-NE (no mezclar con otros plaguicidas)

Dosis por aplicación: 330 a 440 kg/ha (aplicados sobre el área a tratar)

- Eliminar cultivo anterior y los restos de cosechas.
- Suelo con profundidad de preparación adecuada (> de 0,30 m) y superficie final mullida.
- Realizar riegos hasta la capacidad de campo, previos a la aplicación del producto y mantenerlo a capacidad de campo después de aplicado el producto.
- Tapar herméticamente con polietileno la superficie total tratada.
- Aplicar el producto mediante el riego y calcular la dosis según la superficie a tratar (procedimiento operativo).
- Retirar el polietileno de 10 a 12 días después de la aplicación, según el tipo de suelo y la temperatura ambiental.
- Airear el área tratada durante tres a cuatro días después de retirado el polietileno realizando una labor de escarificación de suelo con rastrillo.

- Abrir la instalación y levantar las mallas laterales.
- Para comprobar si el suelo se encuentra libre de productos residuales de la aplicación, debe realizarse una prueba previa de germinación de semillas o rabanitos, como cultivo indicador.
- Proceder a la siembra directa o trasplante del cultivo en rotación.
- Aplicar alternativas biológicas a partir de la cosecha del cultivo que se propongan.
- No se justifican nuevas aplicaciones con este producto, con menos de grado tres de presencia de nematodos.

Producto biológico: KlamiC® (formulación: sustrato colonizado)
Miguel A. Hernández, CENSA (comunicación personal), 2018

MOMENTO DE APLICACIÓN	DOSIS	FORMA DE APLICACIÓN
Producción de plátulas en cepellón (muy recomendable, por su aporte a la salud de las plantas y menor cantidad de productos (nota de autora)	1 kg/m³ de sustrato	En la preparación del sustrato para cepellones, mezclar bien 1 kg con el sustrato y llenar las bandejas.
Preparación de suelo en las casas	2 kg/cantero (40 m x 1,20 m x 0,30 m)	Aplicación "inundativa", aplicar a los canteros antes del hoyado, mezclado con algún abono orgánico.
Al momento de plantar	2-3 g / hoyo o nicho	Después del hoyado, antes de plantar, se aplica al fondo del hoyo.
Plantación: 30 días de plantado el cultivo	2 kg por casa de 4 a 6 canteros	Aplicar con asperjadora manual o por el fertirriego.
Plantación: 60 días de plantado el cultivo	2 kg por casa de 4 a 6 canteros	Aplicar con asperjadora manual o por el fertirriego.

Representación esquemática y resumida de Programa de Manejo Integrado de Nematodos en la Producción Protegida (Resumen del curso MIP-CENSA. Rodríguez *et al.*, 2007)

PRODUCCIÓN EN CASA DE CULTIVO

ANTES: ubicación de instalaciones; ver uso anterior de área, nivelación, drenaje, calidad sanitaria, fuente de agua. Valorar de ser posible, condiciones socio-económicas y mercado.

Muestreo del suelo inicial y determinar el índice de agallamiento (nematodos) a través de la evaluación de plantas que se extrajeron. Llenar registros. Sacar los restos e incinerar fuera. Estudio del agua (los nematodos pueden ser diseminados por la fuente de agua contaminada) pH, conductividad, etc.

SI **POSEE CALIDAD EL SUELO Y AGUA**

- Preparación adecuada de los suelos.
- Aplicación de abonos orgánicos que debe ser certificado (NO UTILIZAR ABONO SIN CERTIFICAR). El abono orgánico que se almacena en las unidades debe ser cuidadosamente manipulado para evitar su contaminación. No depositar sobre suelos agrícolas o en áreas cercanas a esas zonas donde se puede contaminar.
- Uso de plántulas sanas Si el IA \geq 2 NO USE híbridos susceptibles (Tomate FA 572, LMT 12, HA 3019, T-1x14, T-1x15, T-2x16, Aro 8484, HA 3063 y Caramba).

TRASPLANTE: USO DE PLANTAS SANAS
Desarrollo de los cultivos

- Chequeo sistemático de la plantación (monitoreo de poblaciones de plagas).
- Tácticas agronómicas (deshije, extracción de hojas viejas, saneamiento).
- Uso responsable de plaguicidas.
- Uso de agentes de control biológico.
- Evitar encharcamientos, estrés hídrico, exceso o defecto de nutrientes.
- Manejo de plantas de borde (refugio de biorreguladores, etc.).
- Movimiento de áreas jóvenes y sanas hacia viejas o enfermas.
- Desinfección de equipos y calzado, uso adecuado de la ropa.
- Capacitación continua del personal a cargo de las casas y directivos.
- Tratamiento de residuos orgánicos y no orgánicos.

Representación esquemática y resumida de Programa de Manejo Integrado de Nematodos en la Producción Protegida (Resumen del curso MIP-CENSA. Rodríguez *et al.*, 2007)

PRODUCCIÓN EN CASA DE CULTIVO

Muestreo del suelo inicial y determinar el índice de agallamiento (nematodos) a través de la evaluación de plantas que se extrajeron. Llenar registros. Sacar los restos e incinerar fuera. Estudio del agua (los nematodos pueden ser diseminados por la fuente de agua contaminada) pH, conductividad, etc.

SI **POSEE CALIDAD EL SUELO Y AGUA** **NO** ¿PLAGA?

- Preparación adecuada de los suelos.
- Aplicación de abonos orgánicos que debe ser certificado (NO UTILIZAR ABONO SIN CERTIFICAR). El abono orgánico que se almacena en las unidades debe ser cuidadosamente manipulado para evitar su contaminación. No depositar sobre suelos agrícolas o en áreas cercanas a esas zonas donde se puede contaminar.
- Uso de plántulas sanas Si el IA \geq 2 NO USE híbridos susceptibles (Tomate FA 572, LMT 12, HA 3019, T-1x14, T-1x15, T-2x16, Aro 8484, HA 3063 y Caramba).

Nematodos

Nivel no detectable | Grado 1 | Grado 2 | Grado 3 | Grado 4 | Grado 5

- Uso de plantas "trampas" sembradas en todo el cantero. Lechuga de trasplante y se dejan hasta 21-22 días (en las condiciones de Cuba).
- Rotaciones de cultivos (ver especies de nematodos). No use col de repollo si posee *M. areanni*.
- Uso de agentes de control biológico.
- Aplicar solarización con mantas de polietileno transparente.
- Biorremediación con restos de crucíferas, estiércoles, cachaza, neem y/o tagetes (7 a 10 kg. m⁻²) durante 21 días con uso o no de polietileno y suelo con riego a CC.
- Aplicación de químicos; generalmente se ejecutan bajo condiciones especiales; humedad del suelo, uso de mantas, otras condiciones.

Si el IA disminuyó, proceder al trasplante. NO efectuar esta operación en suelos con IA \geq 2

TRASPLANTE: USO DE PLANTAS SANAS

- Tratamientos autorizados.
- Mantenimiento de la disciplina tecnológica.
- Capacitación continua del personal vinculado a la actividad.

Cultivo en desarrollo: cumplimiento de medidas establecidas.

Cosecha: extracción de restos (determinar IA, uso de escala establecida para producción protegida hortalizas y tratar).

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Bello, A., López-Pérez, J.A., García Álvarez, A., Díaz-Viruliche, L. (2003). Biofumigación y control de los patógenos de las plantas (pp. 343–369). En Biofumigación en Agricultura Extensiva de Regadío. Bello, A., J. A. López-Pérez, A. García Álvarez (Eds.). España: Coedición de Fundación Ruralcaja Alicante y Ediciones Multiprensa.
- Casanueva Medina, K., Fernández González, E. y Gandarilla Basterrechea, H. (2015). *Xiphinema basiri* Siddiqi un peligro potencial para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas de cultivos protegidos. Fitosanidad, 19 (1): 65–68.
- Fernández González, E., Casanueva Medina, K., Gandarilla Basterrechea, H., Márquez Gutiérrez, M. E., Despaine, F., Almandó Parrado, J. y García Albuquerque, M. (2015). Nematodos en cultivos protegidos de hortalizas y su manejo en tres localidades de La Habana. Fitosanidad, 19 (1):13 – 22.
- González, F. M. (2016). Selección de portainjertos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo protegido (Tesis de Doctorado)/Farah María González Userralde. La Habana: Editorial Universitaria. 2016. <http://bdigital.reduniv.edu.cu/fetch.php?data=1437&type=pdf&id=1438&db=2>.
- González, F. M., Gómez, L., Rodríguez, M. G., Piñón, M., Casanova, A., Gómez, O., Rodríguez, Y. (2010). Respuesta de genotipos de solanáceas frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2 y *M. arenaria* (Neal) Chitwood. Rev. Protección Vegetal, 25 (1): 51.
- Rodríguez, M.G., Sánchez, L., Gómez, L., Hidalgo, L., González, E., Gómez, M., Díaz Viruliche, L., et al. (2005). *Meloidogyne* spp., plaga de las hortalizas: Alternativas para su manejo en sistemas de cultivos protegidos. Rev. Protección Vegetal, 20 (1): 1–10.
- Rodríguez, M.G. (2007). Manejo de nematodos en Sistemas de Producción Protegida. Curso a Venezolanos del Proyecto NUDE San José de las Lajas. CD editado por CENSA-UNAH.
- Rodríguez, M.G., Gómez L., González F.M., Carrillo, Y., Piñón, M., Gómez, O., Casanova, A. et al. (2009). Comportamiento de genotipos de la familia solanaceae frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Rev. Protección Vegetal, 24 (3): 137–145.
- Rodríguez, M. G., Gómez, L., Hernández, D., Enrique, R., Peteira, B., González, E., Pino, O., et al. (2014). Perfeccionamiento del manejo de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas. Documento para optar por Premio MINAG. 70 p.

9.4. ENFERMEDADES FUNGOSAS Y BACTERIANAS

Julia E. Almándo Parrado¹ y Blanca Bernal Areces² †

¹Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (NISAV), MINAG, La Habana
Grupo Manejo de los cultivos. Dirección de Ciencia y Tecnología

² Instituto de Investigaciones Hortícolas
“Liliana Dimitrova”, GAG, MINAG.

9.4.1. Plagas comunes en los cultivos de tomate, pimiento, pepino, melón y sandía

Podredumbre de las raíces *damping off*. (*Pythium* spp, *Phytophthora parasitica* Dastur, *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn).

El *damping off* de postemergencia ocurre cerca de la superficie del suelo y causa la muerte de la plántula. La acción es tan rápida que los cotiledones u hojas permanecen verdes. Generalmente, el tejido del tallo en la línea del suelo se vuelve blando y acuoso y la planta se marchita. Después que la planta alcanza cierta altura, la parte interna del tallo es más leñoso; por esta causa los agentes del *damping off* pueden solamente destruir las capas más externas del tallo, al producir áreas hundidas de color pardo oscuro o negras cerca de la superficie del suelo. Las raíces afectadas pueden ocasionar la muerte de la plántula.

Las condiciones que propician la enfermedad son: sobrepoblación, suelos con drenaje deficiente, ambiente nublado. Las plántulas, durante las dos primeras semanas después de la emergencia son susceptibles.

***Pythium* spp.**

Pythium es un oomiceto clasificado dentro de la familia *Pythiaceae*. Es la causa más común del marchitamiento fúngico (*damping off*).

Síntomas

Esta enfermedad es la causa del ahogamiento de las plántulas, la pudrición de la semilla, raíz y frutos carnosos. Los síntomas normalmente incluyen lesiones pardo oscuras a negras y acuosas que se propagan rápidamente a toda la plántula. Las lesiones empiezan en la raíz y se extienden hacia el hipocótilo. Finalmente ocasiona marchitez y muerte. Numerosas especies del género *Pythium*, son patógenos causantes de podredumbres de las raíces, que atacan también a los frutos de pepino y melón, así como a otros órganos vegetativos. Constituyen unos de los grupos más dañinos entre los organismos patógenos de las hortalizas.

Phytophthora parasitica* Dastur*Síntomas**

La infección se produce por lo general inmediatamente por debajo del nivel del suelo o en la porción alta de la raíz principal. Es atacado el sistema radicular fibroso y las raicillas se reblandecen y mueren. Sobre las partes aéreas de las plantas se manifiestan por retraso en el crecimiento, marchitez o muerte.

Rhizoctonia solani J. G. Kühn

En la naturaleza *R. solani* se reproduce asexualmente y existe como micelio vegetativo, el cual forma estructuras de resistencia o esclerocios, que son masas de hifas estrechamente entretejidas con superficies duras y resistentes. El estado sexual se conoce como *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.

Síntomas

Puede aparecer sobre raíces, tallos, semilleros, hojas y frutos. Se presenta clorosis del follaje y las plantas pueden marchitarse e incluso morir rápidamente. Por lo general la enfermedad se manifiesta localizada y en sus últimas fases. Pueden observarse fácilmente pequeños focos en los que han muerto las plantas. Al arrancar las plantas atacadas, las partes subterráneas están recubiertas por un hongo de color pálido a violáceo en las primeras fases, luego pasa a rojo violeta o violeta pardo al avanzar la infección un micelio algodonoso sobre la superficie de los tejidos en descomposición. Los síntomas de preaparición incluyen lesiones pardas rojizas oscuras en los hipocótilos y la muerte de las puntas que brotan. Los hipocótilos colapsan y las plántulas se marchitan y mueren.

Cultivo: Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**Marchitez (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hansen**

La enfermedad es transmitida por las esporas de los hongos que viven en el suelo y son arrastrados por el agua de riego y los implementos agrícolas. *Fusarium* es un género de hongo filamentoso ampliamente distribuido en el suelo y en asociaciones con plantas.

Síntomas

El primer indicio aparece al inicio de la floración o formación de primeros frutos y es un amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales gradualmente se marchitan, mueren adheridas a la planta y posteriormente caen al suelo. Los síntomas pueden aparecer en un solo lado de la planta, mientras que el resto permanece sano, aunque pueden manifestarse en toda la plantación. Al hacer un corte transversal en la parte baja del tallo se observa una coloración café oscura del tejido vascular (xilema). Si el corte es longitudinal se puede ver la tonalidad parda del tejido vascular a lo largo de todas las ramas, tallos y raíces. Las plantas en estas condiciones presentan achaparramiento, finalmente puede morir la planta y producir solo algunos frutos de baja calidad.

Moho de las hojas (*Cladosporium fulvum* Cooke), (*Fulvia fulva*. (Cooke) Ciferri)

Para la germinación de las esporas sólo es suficiente una humedad ambiental elevada y la ausencia total de las corrientes de aire, condiciones que son óptimas y favorables para el desarrollo del hongo, y que en ocasiones se encuentran en las casas de cultivo, por lo que esta enfermedad aparece con frecuencia.

Síntomas

Inicialmente se manifiestan en forma foliar, como manchas cloróticas con márgenes indefinidos en el haz de las hojas inferiores, por el envés coincidente con la sintomatología anterior se visualiza un desarrollo de masas de conidios del hongo color verde olivo o pardo oliváceo. En ocasiones las manchas se unen, las hojas mueren y se provoca una defoliación. Las hojas más infectadas toman coloraciones amarillentas y caen, el síntoma continúa hacia la parte superior de la planta en dependencia de las condiciones de humedad en el cultivo.

Mancha gris (*Stemphylium* spp.)

En tomate es considerada una de las enfermedades defoliantes más severas que se puedan presentar en materiales susceptibles. Se reproduce a través de conidios en conidióforos y puede propagarse mediante el agua, y el manejo del cultivo.

Síntomas

Aparece en cualquier estado del desarrollo de la planta. Los primeros síntomas se presentan en las hojas más viejas. Puede ocurrir defoliación, en ocasiones en los tallos, peciolo y son muy raros en los frutos, provocan la reducción de los rendimientos. Aparece en las hojas como motas abundantes o esparcidas, circulares o alargadas de color pardo o negro, ligeramente hundidos, con los contornos irregulares y frecuentemente rodeadas por un halo amarillo; a medida que las manchas aumentan, el centro se vuelve gris parduzco brillante y los márgenes oscurecen. Las manchas pueden alcanzar hasta 2 mm de diámetro y los centros pueden desprenderse y dejan un orificio semejante a un tiro de munición.

Tizón temprano (*Alternaria solani* Sorauer)

Las esporas que aparecen en las plantas de tomate germinan e infectan las hojas cuando éstas permanecen húmedas, también en tallos o frutos. El hongo es más activo cuando ocurren temperaturas cálidas favorables y el ambiente es húmedo (15 y 22 °C y humedad relativa mayor al 80 % respectivamente).

El tizón temprano es más severo cuando las plantas están estresadas por mucha fructificación y ataque de nematodos. El hongo puede sobrevivir en semillas, en el suelo, en residuos de cultivos infectados plantas arvenses, entre otras

Síntomas

Afecta las hojas, tallos y frutos. Este hongo ocasiona síntomas en forma de manchas circulares, con anillos concéntricos de color pardo oscuro en las hojas y tallos. En ocasiones alrededor de las manchas se observa una zona estrecha clorótica. Cuando el ataque es intenso las hojas mueren. Los ataques de *Alternaria solani* pueden llegar a producir defoliación. En los frutos el daño comienza con manchas hundidas de color pardo negruzco, que pueden extenderse cubren la casi totalidad del fruto. El hongo se mantiene en los restos de cosecha de plantas enfermas.

Tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary)

El desarrollo de la enfermedad está favorecido por temperaturas y humedad relativa alta. Es un hongo fitopatógeno del suelo, que se transmite a través de semillas. Puede sobrevivir en forma de micelio en otras plantas cultivadas de la familia de las solanáceas o arvenses y en residuos de cosecha, que permanecen en el campo.

Síntomas

Afecta las hojas, los frutos y los tallos. Esta enfermedad puede aparecer en el follaje en cualquier estadio de su desarrollo. Los síntomas incluyen la aparición de manchas oscuras de color pardo a negro que avanzan rápidamente en las hojas y tallos de las plantas. Cuando las condiciones son favorables (bajas temperaturas y alta humedad), produce atizonamiento. Las lesiones se detienen si la humedad es baja, mientras que se extienden en ambiente húmedo y cálido. Aparece en el envés de la hoja un moho blancuzco muy fino formado por la esporulación del hongo. En los frutos los síntomas pueden aparecer en cualquier estadio de desarrollo, con frecuencia cerca del extremo del tallo. Las manchas son de un color gris verdoso y apariencia acuosa, a veces cubre todo el tallo.

Mancha foliar por Septoria (*Septoria lycopersici* var. *lycopersici* Speg)

Los conidios en la superficie de la lámina foliar germinan y el micelio penetra a través de los estomas, luego invaden rápidamente los tejidos, durante los períodos húmedos, en presencia de agua libre, en las hojas. Las semillas contaminadas podrían contribuir a la conservación y difusión de la enfermedad.

Síntomas

Aparece en las hojas y tallos en cualquier estado del desarrollo de la planta. Sin embargo, los primeros síntomas se presentan en las hojas más viejas. Las manchas son pequeñas, acuosas, circulares y aumentan hasta 2 mm de diámetro. Los márgenes son oscuros y el centro es gris. Las hojas más afectadas caen prematuramente. Las lesiones también aparecen en los tallos y son muy raras en los frutos.

Mancha anillada o tizón foliar (*Corynespora cassiicola* (Berk & Curt) C.T. Wei)

La enfermedad mancha anillada o tizón foliar causada por *C. cassiicola*, se considera una enfermedad fundamental en condiciones de clima con alta humedad atmosférica en invernaderos. El hongo tiene la particularidad de desarrollar estructuras de dispersión por conidios

Síntomas

El fitopatógeno puede afectar hojas, tallos y frutos. El síntoma foliar consiste en pequeñas manchas puntiformes acuosas, que gradualmente aumentan de tamaño. Son de color pardo. El agrandamiento de las lesiones acuosas induce un rápido colapso de las hojas, con apariencia grasienta. Estas hojas una vez secas permanecen unidas al pecíolo. Cuando el ataque es intenso puede producir atizonamiento en la planta.

La infección en frutos aparece igualmente en forma de manchas puntiformes, color pardo, que incrementan gradualmente de tamaño, con hundimiento posterior de la lesión, cuyo centro toma color blanco. El tejido adyacente del fruto y cerca de la zona hundida se descompone rápidamente y provoca maduración prematura de los frutos y además esporulación sobre la mancha.

Mildiu pulverulento (*Oidium neolycopersici* (Jones et al.)

El hongo es parásito obligado, presenta un micelio blanquecino visible a simple vista, se conserva en los restos de vegetación afectada de cultivos precedentes y sobre otras plantas huéspedes cultivadas o arvenses. La reproducción es mediante conidios.

Síntomas

En el haz de las hojas, se caracteriza por manchas blancas pulverulentas que se tornan de color amarillo, detrás de las cuales puede verse un polvillo blanquecino en el envés, que son las acumulaciones de conidios del hongo. Bajo condiciones de alta humedad la enfermedad puede cubrir toda la hoja y generalizarse en toda la planta con presencia de amarillamiento, secamiento y defoliación.

Mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria* (ex Doidge) Vauterin. (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye)

Es un patógeno de semilla, gram-negativo. La enfermedad afecta a los cultivos de tomate y pimiento. Para su diseminación y penetración la bacteria es favorecida por diversos factores como: altas temperaturas (óptimo 25 °C) y alta humedad, heridas de insectos entre otras. Sobrevive como inóculo sobre los restos de cosecha. Cuando la intensidad de la infección es alta, ocasiona defoliación. En los cultivos protegidos la única vía importante, es la infección transmitida por semilla.

Síntomas

Se observan en hojas, tallos, ramilletes florales y frutos, ocasiona manchas grasientas oscuras que miradas a trasluz da la impresión de una mancha producida por una gota de aceite y se caracterizan por pequeñas lesiones de forma algo redondeadas en los folíolos de las hojas principalmente en el envés, El síntoma en los frutos verdes son daños de aspecto escamoso que aparece en forma de pústulas de escasos milímetros, los que al crecer presentan deformaciones.

Pudrición húmeda (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. (Jones Bergey et al.) (*Erwinia carotovora* var. *carotovora* (Smith) (Yabuuchi et al.)

Su nombre vulgar proviene del tipo de descomposición de los tejidos carnosos que se reblandecen, su consistencia se hace acuosa o mucilaginosa.

Síntomas

Las bacterias se introducen en el tejido del cuello de la raíz a través de hojas muertas y por las heridas producidas. Cuando la podredumbre ha pro-

gresado, el cuello se ablanda y expulsa un fluido acuoso, que desprende un fétido olor sulfuroso. El primer síntoma de la enfermedad es una mancha acuosa en la superficie del fruto verde, volviéndose rápidamente opaco el tejido, la lesión externa se agrieta, a menudo se rompe mientras el patógeno continúa la transformación del tejido interno en una masa blanda, acuosa e incolora; el fruto podrido cuelga como una bolsa llena de agua hasta que se rompe. La penetración se realiza por las heridas; la enfermedad avanza más rápido en los frutos verdes que en los maduros.

El organismo causante de esta enfermedad vive en el suelo y sobre desechos descompuestos; es imprescindible para que se produzca la invasión, abundante humedad en la superficie del tejido donde se presentan las heridas, así como después que se produzcan, para que la enfermedad continúe su desarrollo.

Enfermedades del pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Mancha ocular (*Passalora capsicola* (Vassiljevsky) U. Braun & F.O. (= *Cercospora capsici* Heal y Wolf.)

Los climas húmedos y cálidos (humedad relativa alta, superior al 95 % y temperaturas superiores a 25 °C). Favorecen el desarrollo de la enfermedad. Las esporas se propagan mecánicamente a través de los equipos de cultivo o personas. El hongo puede sobrevivir en semillas, en cultivos infectados en abandono y altas densidades de siembra.

Síntomas

La enfermedad puede ocasionar síntomas en hojas, los pecíolos, los tallos y los pedúnculos de los frutos. Los primeros síntomas se presentan como lesiones pequeñas, en formas circulares o alargadas y cloróticas. Posteriormente, las lesiones se vuelven necróticas con una esporulación color gris claro en el centro rodeado de una banda oscura de color pardo rojizo, después se agrietan y se caen. Cuando la enfermedad es severa, se presenta defoliación y disminuye el tamaño del fruto.

Oidiopsis (*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud.

Puede atacar al cultivo en cualquier momento de su desarrollo, pero lo hace con mayor intensidad en las hojas maduras. Las condiciones óptimas de desarrollo son una temperatura de 20–25 °C y 50–70 % de humedad relativa.

Los conidios germinan con un corto tubo germinativo que penetra por los estomas, luego crece intercelularmente en el mesófilo de la planta; las fructificaciones emergen por los estomas. Es un parásito obligado. El hongo se conserva en los restos de vegetación afectada de cultivos precedentes y sobre otras plantas huéspedes cultivados o arvenses.

Síntomas

Los síntomas se observan como una mancha amarillenta difusa en el haz de la hoja, con proliferación de micelio en el envés. Generalmente las hojas

más viejas son las primeras en enfermarse. Las hojas severamente afectadas se vuelven cloróticas luego marrones y caen. Si la enfermedad avanza puede producir una severa defoliación.

Marchitez del pimiento. Pudrición del cuello y la raíz (*Phytophthora capsici* Leonian)

Puede provocar daños en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo.

Síntomas

La podredumbre del cuello y la subsiguiente marchitez brusca son los síntomas más característicos. En el cuello de la planta enferma puede observarse una zona anular deprimida de color pardo negruzco que afecta primero a los tejidos corticales y posteriormente a los vasculares. Esta lesión se desarrolla tanto en sentido ascendente como descendente, a partir del punto de infección, y termina al producir la asfixia y muerte de la planta.

Este proceso se realiza de una forma tan rápida que las hojas se muestran colgantes, pero conservan inicialmente su color verde. En estos casos la infección se produce por salpicaduras de gotas de agua portadoras de las típicas zoosporas del parásito, que pueden germinar sobre tallos, hojas y frutos, a través de la inserción pedúncular o de heridas.

Mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria* (ex Doidge) Vauterin. (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye.)

Ver cultivo del tomate, del presente capítulo

Cucurbitáceas: pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* Thunb).

Mildiu velloso (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & M.A. Curtis) Rostovzev

Es un parásito obligado incapaz de desarrollarse en su huésped (cucurbitáceas). Su micelio se extiende por el interior del parénquima de las hojas por entre las células, dentro de las cuales introduce los haustorios. Requiere de altas humedades relativas; así como temperaturas entre 8–30 °C con óptimas de 15–27 °C.

Síntomas

Empiezan en las hojas y luego pueden pasar al tallo y fruto. Aparecen con manchas amarillentas en el haz de la hoja, de forma angulosa, rodeadas de un halo clorótico y limitadas por los nervios que se necrosan. En el envés aparecen manchas aceitosas, a veces se observan unas pelusillas blanquecinas o grisáceas. Las hojas atacadas llegan a secarse por completo y caen, en condiciones de humedad elevada, se puede observar un polvillo gris oscuro tiran a negro. Si no es atendido el cultivo, en muy poco tiempo compromete significativamente el rendimiento.

Mildiu pulverulento (*Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V.P. Heluta): (= *Erysiphe cichoracearum* D. C)

El hongo es parásito obligado que forma un micelio sobre los tallos y hojas, tanto en el haz como en el envés, efuso o formado por parches, irregular

de forma alterna. El desarrollo de este hongo es favorecido por un clima cálido y una humedad del aire relativamente elevada.

Síntomas

Los primeros síntomas son manchas blancas redondas, que por lo general aparecen primeramente en el haz de las hojas más viejas y tallos, y a medida que aumentan se vuelven pulverulentas. En el transcurso de la enfermedad, estas capas pulverulentas aumentan y cubren finalmente el haz y el envés de todas las hojas, por lo que su tejido se amarillea y al final muere. Cuando la enfermedad encuentra condiciones climáticas favorables produce defoliaciones prematuras. La infección puede alcanzar tejidos más profundos y llegar a tal intensidad que las hojas tomen una coloración amarilla, luego pardo oscura y finalmente secarse.

Antracnosis (*Colletotrichum orbiculare* (Damm,P.F.Cannon & Crous). (*Colletotrichum lagenarium* (Chup.)

La aparición de este hongo varía de acuerdo a los diferentes hospederos. Se encuentra ampliamente distribuido en la mayoría de las regiones donde se cultivan cucurbitáceas.

Síntomas

Puede atacar las hojas, tallos, pecíolos y frutos. Su desarrollo está determinado por factores climáticos como son la humedad relativa y las altas temperaturas. Sus síntomas más característicos son manchas pardas angulares o circulares, más o menos de 1 cm de diámetro, cuando la enfermedad avanza puede provocar un retorcimiento en la zona de crecimiento y defoliación. En los frutos, las lesiones no aparecen hasta que no alcanzan la madurez, son de consistencia acuosa y hundida.

Mancha anillada o tizón foliar (*Corynespora cassiicola* (Berk & Curt) C.T. Wei)
Ver cultivo del tomate del presente capítulo.

Tizón gomoso del tallo (*Didymella bryoniae*. (Auerw.) Rehm)

Afecta a todas las cucurbitáceas, pero especialmente a pepino, melón y sandía. Puede desarrollarse en un amplio margen de temperaturas por encima de 29 °C con una humedad relativa más allá del 95 %. Además puede permanecer más de un año en el suelo y en los restos vegetales.

Síntomas

Se puede observar la enfermedad en todas las partes de la planta, pero típicamente en hojas y tallos. Se extiende desde el centro de la planta hacia los extremos o guías. Las manchas al inicio se muestran como pequeñas áreas cloróticas o puntos que crecen rápidamente, cambian a pardo oscuro, momento en que pueden ser confundidas con los síntomas de antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*).

La enfermedad también puede mantenerse en semillas infectadas y surgir un año después de establecido el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, A., Díaz, M., Huerres, C., Cabrera, D., González, M., Pérez, G. (2003). Incidencia de enfermedades fúngicas en híbridos de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) bajo condiciones de cultivo protegido. Comunicaciones Breves. Centro Agrícola, 30 (3): 91–93.
- Bernal, B. (2005). Registro y descripción de plagas en híbridos de tomate bajo condiciones de cultivo protegido en dos localidades de Ciudad de La Habana. IV Encuentro provincial de agricultores urbanos. La Habana, INIFAT.
- Bernal, B., Piñon, M. y Hernández, L. (2007). Registro y descripción de plagas en el híbrido de tomate F1 -12 bajo cubierta en la localidad de Quivicán Provincia La Habana, XI Jornada Científica "Juan Tomás Roig In Memoriam". Rev. Agrotecnia de Cuba, 31(1, 2, 3): 2–4.
- Bernal, B., Hernández, L. y Cabrera, F. (2010). Registro de plagas en el híbrido de tomate HA-3057 bajo condiciones protegidas. Fitosanidad, 14 (3): 185-187.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., Hernández, J.C., Moreno, V., León, M., Igarza, A. *et al.*, (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. (2da. Ed). Impreso en los talleres del INIA, Venezuela. Editorial Liliana, 138 p.
- Castellanos, J.J., Ortiz, L., Fraga, S. y Meléndez, O. (2009). Evaluación de híbridos de tomate frente a *Stemphyllium solani* bajo condiciones de cultivo protegido. Fitosanidad, 13 (1): 51.
- Holliday, P. and Mullder, J. L. (1972). *Fulvia fulva* (Cooke) Ciferri. CMI. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 487. England: Commonwealth Mycological Institute Surrey.
- IIHLD (2010). Lineamientos y metodología para evaluar el Sistema de Cultivos Protegidos. Grupo Técnico Asesor de Cultivos Protegidos. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova".

9.5. ENFERMEDADES VIRALES

Gloria González Arias¹ y Yamila Martínez Zubiaur²

¹Laboratorio de Virología. Departamento de Fitopatología. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), MINAG. La Habana

²Laboratorio de Virología Vegetal. Dirección de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Mayabeque.

9.5.1. Cultivos: tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.)

9.5.1.1. Género: Begomovirus

Actualmente en Cuba, se han determinado diferentes especies, que están incluidas en este género:

- Virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate. *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV).
- Virus mosaico Havana del tomate. *Tomato mosaic Havana virus* (ToMHV).
- Virus del moteado Taino del tomate. *Tomato mottle Taino virus* (ToMoTV).
- Virus de la hoja amarilla deformada del tomate. *Tomato yellow leaf distortion virus* (ToYLDV).
- Virus *Tobacco yellow crinkle virus* (TbYCV). Infecta solamente al cultivo del pimiento.

La identificación de estos virus, no es posible mediante observación visual y se requiere la aplicación de técnicas moleculares para la detección de ADN. Estudios realizados por diferentes investigadores, demostraron que el TYLCV, es la especie más distribuida y provoca las mayores pérdidas en el cultivo del tomate y el de mayor distribución en el país. Debido a este aspecto, nos referiremos al mismo.

Aislados cubano del Virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate. *Tomato yellow leaf curl virus* aislado israelita (TYLCV-IL (CU)).

Síntomas

Las plantas de tomate presentan moteado clorótico, mosaico amarillo, encrespamiento, deformación de las hojas y los nervios de éstas, toman un color verde más intenso. Posteriormente las hojas se encorvan en forma de cuchara, los entrenudos se acortan y cuando el daño es intenso, el encrespamiento es severo y provoca el enanismo. Afecta también al cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y a la calabaza (*Cucurbita pepo* L.) con síntomas de mosaico leve, pero la mayor incidencia y severidad se presenta en el cultivo del tomate (Figura 9.5).

Transmisión

Son transmitidos por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.), de forma persistente y solamente mediante moscas en estado adulto. Se muestra el ciclo de la mosca blanca (Figura 9.6) y como se aprecia su tiempo varía de acuerdo a las temperaturas lo que explica los períodos de mayor incidencia

del vector.



Fig. 9.5. Síntomas en plantas de tomate infectadas con (TYLCV-IL (CU)): a) Hojas deformadas y con los nervios de un color verde intenso. b) Encrespamiento severo y reducción del tamaño. c) Mosaico en hojas de pimiento.

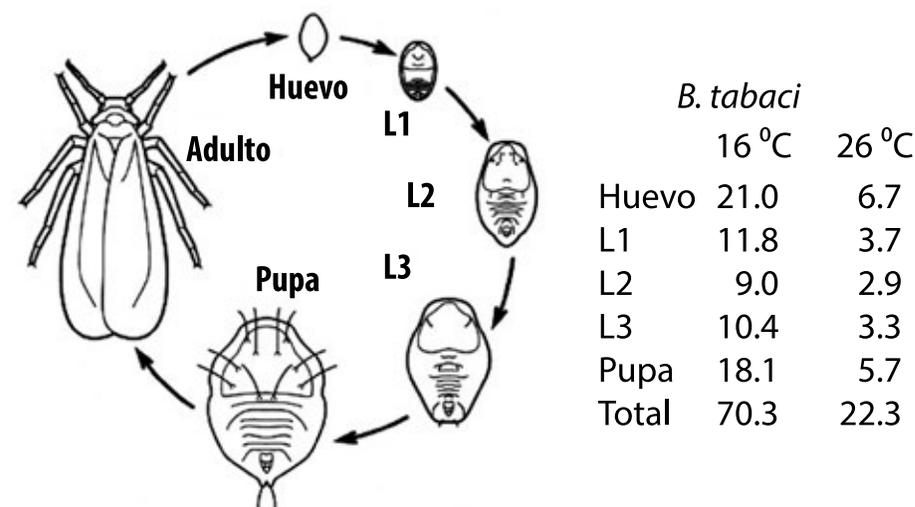


Fig. 9.6. Ciclo de vida de *B. tabaci*.

Hospedantes intermediarios de Begomovirus

Se han identificado hospedantes intermediarios de este género de virus, los que en su mayoría son asintomáticos. (Cuadro 9.1)

Cuadro 9.1. Plantas hospedantes intermediarios del TYLCV

ESPECIES	NOMBRE VULGAR	TYLCV	SÍNTOMAS
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	Bledo	+	Negativo
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo espinoso	+	Negativo
<i>Boerhaavia erecta</i> L.	Tostón	+	Negativo
<i>Datura stramonium</i> L.	Chamico morado	+	Mosaico y clorosis internervial
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) D.C	Clavel chino	+	Negativo
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Lechoza	+	Negativo
<i>Rhynchosia minima</i> L.	Bejuco culebra	+	Negativo
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malva de cochino	+	Negativo
<i>Malvastrum coromandelianum</i> L.	Malva prieta	+	Negativo

9.5.1.2. Género: Orthotospovirus

Existen varias especies del género, sin embargo las más importantes que afectan cultivos hortícolas son:

- Virus del bronceado del tomate. *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) Es la especie de mayor distribución mundial. No ha sido identificada en Cuba.
- Virus de la mancha en forma de anillo del maní. *Groundnut ringspot virus* (GRSV). No ha sido identificada en Cuba.
- Virus de la mancha clorótica del tomate. *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV). Presente en Cuba en los cultivos de tomate y pimiento, tanto en campo abierto, como en cultivo protegido.

Síntomas

TCSV causa en las hojas de tomate, síntomas de color violáceo, con zonas necróticas y cloróticas, y en ocasiones anillos con bordes necróticos. Los frutos presentan zonas necróticas y cloróticas, coloración desigual, reducción en el tamaño y anillos concéntricos (Figura 9.7).

En plantas de pimiento, se observan anillos y formas irregulares en las hojas y frutos con anillos concéntricos (Figura 9.8).

Transmisión

TCSV se transmite por diferentes especies de trips presentes en Cuba, como *Frankliniella schultzei*, *F. cephalica*, *Thrips palmi* y *T. tabaci*. El estadio más importante es la primera larva, ya que si la misma se infecta, el adulto emerge infectado (Figura 9.9).

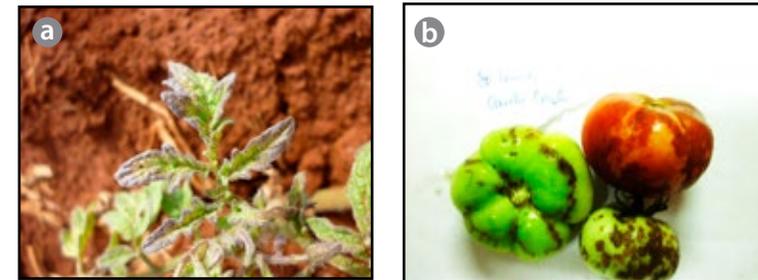


Fig. 9.7. Síntomas causados por TCSV en el cultivo del tomate. a) Plantas con hojas de color violáceo. b) Frutos de tomate con manchas necróticas.

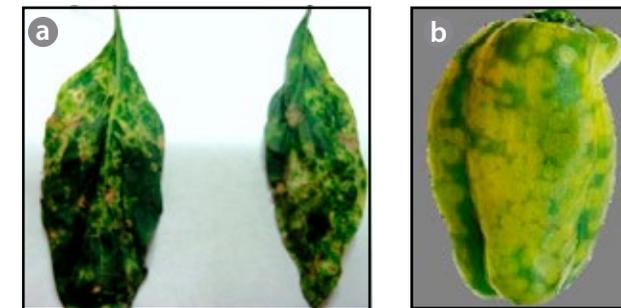


Fig. 9.8. Síntomas causados por TCSV en el cultivo del pimiento. a) Hojas de pimiento con anillos y formas irregulares en las hojas. b) Frutos de pimiento con anillos concéntricos.

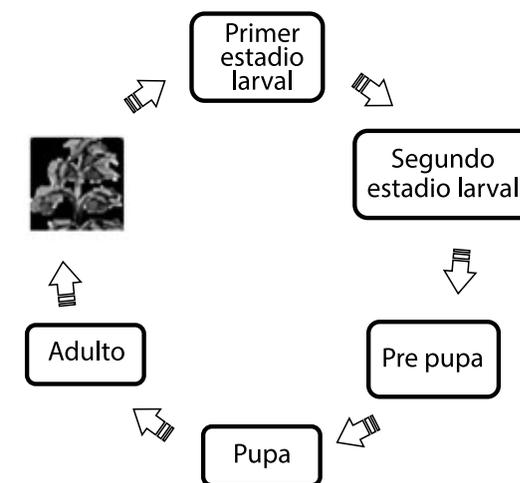


Fig. 9.9. Ciclo de transmisión de TCSV mediante trips.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González Arias, G., Echemendía Gómez, A. L., Font Díaz, C., Quiala Rodríguez, I., Javer Higginson, E., Reyes Garriga, M.L., Arencibia Gámez, A., *et al.* (2010). Información primaria de la presencia del género *Tospovirus* en Cuba. *Fitosanidad*, 14, (4): 209 – 213.
- Martínez, Y., Fonseca, D., Palenzuela, I., y Quiñones, M. (2003). Presence of *Tomato Yellow Leaf Curl* in squash (*Curcubita pepo*) in Cuba. *Plant Dis.* 88 (5) 572.
- Martínez Zubiaur, Y., Chang Sidorchuk, L., González Álvarez, H., Barbosa Vargas, L. and González Arias, G. (2016). First molecular evidence of *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV) infecting tomatoes in Cuba. *Plant Disease Note* PDIS-01-16-0082-PDN. R1 EE. UU.

9.6. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Mayra G. Rodríguez Hernández¹, Blanca Bernal Areces^{2†},
Julia Almándo Parrado³ y Katlys Barroso Planas⁴

¹Laboratorio de Nematología Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Mayabeque

² Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, GAG, MINAG.

³ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), MINAG.

⁴ Dirección Nacional de Sanidad Vegetal MINAG.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es la integración de todas las prácticas posibles para prevenir o suprimir las pérdidas por plagas, al tratar de mantener a las mismas, en niveles por debajo del umbral económico. Es un enfoque sistémico, flexible y apegado a las características socio-económicas y medioambientales locales.

Los principios generales para el MIP consideran todos los métodos de protección de plantas disponibles (incluido el uso responsable de plaguicidas químicos) y la subsecuente integración de medidas apropiadas, que afecten el desarrollo de poblaciones de organismos dañinos y mantenga el uso de productos de protección de plantas y otras formas de intervención, a niveles que sean económica y ecológicamente justificables y que reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el ambiente.

El concepto surge en los años 50 – 60 del siglo pasado, cuando los insecticidas comenzaron a utilizarse a gran escala, como parte de “paquetes tecnológicos”, donde los químicos se aplicaron periódicamente en las producciones agrícolas para eliminar los organismos nocivos; al inicio los insectos y luego plagas en general. Sin embargo, las aplicaciones eran programadas, fueran o no necesarias.

El MIP sugirió que esas aplicaciones, primero de los insecticidas y luego de los productos químicos en general, se hicieran de acuerdo a datos obtenidos en los muestreos o el monitoreo periódico de las poblaciones de plagas y de sus enemigos naturales.

En el MIP existen principios que no deben ser violados, pues ello conduciría a no obtener el objetivo final para el cual se diseñó la estrategia. Ellos son:

- Realizar prácticas agronómicas con enfoque fitosanitario.
- Aprovechar al máximo la biodiversidad funcional.
- Incorporar prácticas y métodos tradicionales.
- Enfoque conservacionista sobre el medioambiente y la biodiversidad.
- Lograr **buenas prácticas fitosanitarias**.
- Maximizar tácticas preventivas.

- Capacitación constante de técnicos y agricultores.
- Utilización de métodos participativos en la validación y adopción de tecnologías.
- Lograr procedimientos de rápida comprensión por parte de los agricultores.

Los componentes del MIP son:

- Capacitación.
- Coordinaciones territoriales.
- Servicios técnicos.
- Prácticas agronómicas.
- Manejo del agroecosistema.
- Regulaciones legales.
- Seguimiento para decisiones.
- Control físico–mecánico.
- Control etológico
- Control o regulación biológica.
- Control químico.

En este texto, que se presenta a los especialistas, técnicos, agricultores y otros actores sociales vinculados a la producción protegida de hortalizas en Cuba, se exponen diversas tácticas que se presentan en el esquema que deben ser nucleadas en el MIP (Fig 9.10), en dependencia de las condiciones socio–económicas, tecnológicas y ambientales de cada módulo de producción, teniendo en consideración que se pretende regular los organismos nocivos (mantenerlos en niveles aceptables) no eliminarlos.

Para ello, deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

Daño: es el valor de las pérdidas (en unidades monetarias) en el cultivo, como resultado de las lesiones de los organismos nocivos (que ya son plaga).

Daño económico: es la menor cantidad de individuos o población de la plaga (o lesiones) que causen pérdidas económicas y es igual al costo de manejar la plaga.

Umbral económico: es la densidad de la plaga o nivel de lesiones, donde las medidas de manejo y control deben ser iniciadas para prevenir el incremento de la población y que éste no alcance el nivel de lesión económica.

El **monitoreo** (muestreos) permitirá a los productores determinar, de conjunto con los técnicos de sanidad vegetal que los atienden, cuando hay que establecer tácticas para evitar el daño económico, o lo que es lo mismo, mantener al organismo (plaga) por debajo del umbral económico. Los organismos dañinos deben ser monitoreados por métodos adecuados y las herramientas disponibles; incluyendo las observaciones en campo y los estudios científicos de alerta, diagnóstico temprano y el uso de personal profesionalmente calificado de la Estación Territorial de Protección de Plantas (ETPP) y el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV), para las



Fig 9.10. Esquema del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en cultivo protegido.

recomendaciones al trabajo de los módulos del cultivo protegido de hortalizas.

Las tácticas, encaminadas a la prevención y/o manejo de la plaga, se sugirieron en los Capítulos III, IV, V, VI y IX, donde se insiste acerca del uso de cultivares resistentes a plagas, de la sanidad de sustratos, semillas, instalaciones y su manejo climático, prácticas culturales y otras.

En las instalaciones de cultivo protegido, las plantas están resguardadas de la acción directa de la radiación solar y de la lluvia, requieren escaso laboreo una vez que se establecen, poseen ciclos de cultivo de hasta seis meses, se emplean híbridos muy productivos y costosos, hay aplicación de fertilizantes, plaguicidas químicos y sobre todo, resulta imprescindible que el personal que las opere, esté capacitado y sea muy riguroso en el cumplimiento de las normas de trabajo (disciplina tecnológica). Las condiciones ambientales que se ofrecen a los cultivos en estas instalaciones, son también idóneas para el desarrollo de nuevas plagas y la elevación de las poblaciones de otras, a niveles que pueden ser incompatibles con la obtención de rendimientos aceptables, es por ello que **resulta imprescindible respetar la disciplina tecnológica** establecida por el MINAG para el trabajo de estas instalaciones.

Aún cuando se desprende de los planteamientos anteriores que el MIP no es una "receta", se sugiere un esquema general en este manual que puede constituirse en referente para que, posteriormente, sobre la base de la experiencia y condiciones en cada módulo de cultivo protegido, se construya y perfeccione sistemáticamente, la estrategia de manejo de plagas. Todo el trabajo debe estar fundamentado en la constante capacitación, coordinaciones territoriales y asistencia técnica entre actores sociales involucrados en la producción protegida de hortalizas, importantes componentes del MIP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hunt, TE; Wright, RJ; Hein, GL. (2009). Economic thresholds for today's commodity values (en línea). Adapted from Proceedings of the UNL Crop Production Clinics 2009. p. 93-96. Consultado 6 jul. 2016. Disponible en <https://cropwatch.unl.edu/documents/Economic%20Thresholds.pdf>

Morales P., Rosales, L. C., Rodríguez, M. G. (2019). Toma de decisiones para el control de plagas en la agricultura del nuevo milenio: ¿manejo integrado, manejo agroecológico o manejo orgánico? Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – INIA. Maracay, Venezuela. 60 p. ISBN: 978-980-318-341-7.

Pollard, G. (1994). Manejo Integrado de Plagas (MIP): concepto, definiciones, filosofía y restricciones. En Taller sobre Implementación del MIP en América Central y Caribe. Memorias. San José, Costa Rica, IPMGW. The University of Greenwich. : 9-16.

Vázquez, L. (2003). Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas para extensionistas y agricultores. Editora CIDISAV. La Habana, Cuba, Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. 566 p. ISBN; 959-246-069-8.

Vázquez, L. (2005). El manejo agroecológico de la finca. Una estrategia para la prevención y disminución de las afectaciones por plagas agrarias. La Habana, Cuba, Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. 121 p.



Mosca blanca (*Bemisia* spp).



Daños por ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*).



Tizón de fuego de las cucurbitáceas (*Corynespora cassiicola*).



Mildiu velludo o veloso (*Pseudoperonospora cubensis*).



Daños por minador común (*Liriomyza trifolii*).



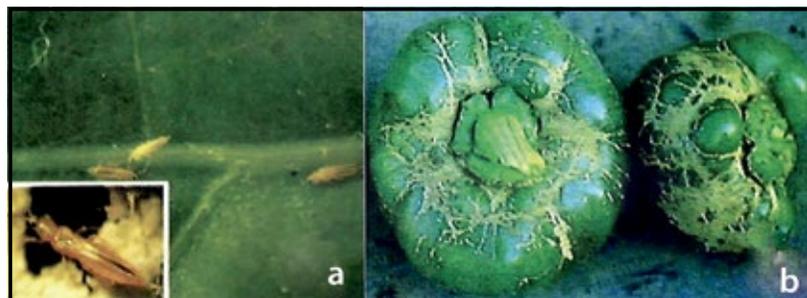
Mildiu pulverulento en cucurbitáceas (*Erysiphe cichoracearum*).



Moho de las hojas (*Fulvia fulva*).



Moho de las hojas.



Thrips spp. a) Adulto b) Daños.



Daños causado por Margaronia o gusano de los melones *Diaphania* spp.



Adulto de Margaronia o gusano de los melones *Diaphania* spp.



Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).



Marchitez por Fusarium (*Fusarium* spp.)



Tizón temprano (*Alternari solani*).

ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL



Capacitación y asistencia técnica en la preparación de sustrato para la producción de plántulas.



Asesor y especialistas en un análisis inicial de la capacitación en fertirriego.



Capacitación participativa en áreas de producción.



Asistencia técnica en la actividad de fertirriego.



Práctica de campo en el manejo del cultivo de pimienta.



Intercambio de experiencias entre productores e investigadores.



Capacitación a productores venezolanos en Nueva Paz.



Práctica demostrativa de nuevas alternativas de manejo agronómico.



Evaluación participativa final de la visita a una unidad de producción.



Intercambio y evaluación final de una actividad práctica en la producción.

El presente Manual es una obra de carácter científico-técnico actualizada, destinada a especialistas, técnicos, productores, decisores y estudiantes, vinculados a la tecnología de cultivo protegido de hortalizas en Cuba y otros países de clima tropical. Consta de nueve capítulos, redactados por un competente colectivo de autores, sobre temas de interés de la tecnología, que se resumen a continuación:

I. Instalaciones y manejo climático. Aborda las condiciones climáticas de Cuba, describe las principales tipologías de instalaciones que dispone el país, y sus efectos buscados, la importancia del manejo climático de las mismas en condiciones tropicales, para favorecer una máxima ventilación en su interior. **II. Proceso inversionista en la tecnología de cultivo protegido.** Informa los elementos a tener en cuenta desde la fase preparatoria de la inversión y la importancia de realizar un Estudio de Factibilidad Económica, para la toma de decisiones. **III. El suelo y su preparación.** Trata sobre las características y exigencias de los suelos empleados, alternativas para su laboreo y su desinfección con productos y técnicas menos agresivas al ambiente. **IV. Producción protegida de plántulas hortícolas en cepellones.** Refiere las características, exigencias y ubicación de las instalaciones, los sustratos orgánicos y bandejas a emplear y su desinfección, Enfatiza la importancia del manejo cultural en la obtención de plántulas de calidad y mayor tiempo en esta fase. Aborda el tema del injerto herbáceo. **V. Cultivares y manejo agronómico.** Principales híbridos comerciales de tomate, pimiento, chile Habanero, berenjena, pepino, melón y sandía. Brinda alternativas para disminuir el número de canteros por instalación, un mayor ancho de los pasillos y la siembra o trasplante a una hilera sobre el cantero. Aborda la polinización, las prácticas culturales, la cosecha y postcosecha. **VI y VII. Riego y Fertirriego.** Medios sencillos de medición (riegómetro y lisímetro), para el control de indicadores del riego y la nutrición. Fertilización con alta frecuencia. **VIII. Inocuidad y Buenas Prácticas Agrícolas.** Trata de la importancia de la calidad, inocuidad y las Buenas Prácticas Agrícolas en esta tecnología. **IX. Sanidad Vegetal.** Informa la problemática de los nematodos, insectos plagas, enfermedades y virus en la producción hortícola bajo cultivo protegido en Cuba. Aplicación de productos biológicos nacionales, prácticas agroecológicas menos agresivas y costosas y el Manejo Integrado de plagas (MIP).

ISBN: 978-959-711-171-9

