Modelo Productivo del Cultivo de Pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño

Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Antioquia la más educada

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Modelo Productivo del Cultivo de Pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño

Gobernador
SERGIO FAJARDO VALDERRAMA

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural
JAIRO HUMBERTO PATIÑO GÓMEZ

Directora Desarrollo Rural
ÁNGELA MARÍA ÁLVAREZ ÁLVAREZ

Directora Unidad Regional de Planificación Agropecuaria
DIANA PATRICIA TABORDA DÍAZ

Director de Comercialización
SERGIO VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ

Textos y fotografías:
JORGE ELIÉCER JARAMILLO NOREÑA
PAULA ANDREA AGUILAR AGUILAR
EDUARDO MARÍA ESPITIA MALAGÓN
PABLO JULIÁN TAMAYO MOLANO
MIRYAM GUZMÁN ARROYAVE
CORPOICA

Modelo Productivo del Cultivo de Pimentón bajo
Condiciones Protegidas en el Oriente Antioqueño

ISBN: 978-958-8711-72-0

Fotografías:
CORPOICA

Diseño y Diagramación:
Andrés Felipe Ríos Montoya

Impresión:
Fotomontajes S.A.S.
Medellín, Colombia
2014

CONTENIDO

1 GENERALIDADES DEL CULTIVO 11

1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PIMENTÓN 11
1.2. ORIGEN DEL PIMENTÓN 15
1.3. TIPOS DE PIMENTÓN 19
1.4. VARIEDADES DE PIMENTÓN SEMBRADAS EN ANTIOQUIA 20
1.5. PRODUCCION BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS 23

2 MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE PIMENTÓN 44

2.1. ECOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS 44
2.2. SISTEMAS DE SIEMBRA Y MANEJO AGRONÓMICO 48
2.3. PREPARACIÓN DE TERRENO 50
2.4. TRASPLANTE 51
2.5 PODAS 53
2.6 TUTORADO 54
2.7 RIEGO Y DRENAJE 55
2.8. FERTILIZACIÓN 57
2.9. PREVENCIÓN Y MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE PIMENTÓN BAJO INVERNADERO EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO 80
2.10. PROBLEMAS QUE OCASIONAN LAS ARVENSES O MALEZAS EN EL CULTIVO 123

3 CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE 137

3.1. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE 137

4 ÁREAS E INSTALACIONES 140

5 SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR LABORAL PARA LOS PRODUCTORES Y TRABAJADORES 151

6 BIBLIOGRAFÍA 155

PRESENTACIÓN

A nivel mundial se vienen estudiando los problemas creados por el uso de plaguicidas y herbicidas, no solo por los residuos tóxicos que pueden afectar un cultivo, sino también por los que pueden contaminar el ambiente en perjuicio del recurso humano. Lo anterior ha influido en la prohibición de varios plaguicidas por parte de diferentes países, en donde se vienen generando normas para evitar su aplicación y la intervención en este proceso de los consumidores que están prefiriendo y exigiendo productos inocuos.

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, en su Plan de Desarrollo "Antioquia la más Educada", en la Línea Estratégica 2. "La Educación como motor de transformación en Antioquia", Programa 2.2. Generación de conocimiento científico e innovación y la Línea 5 "Antioquia verde y sostenible", Programa 5.2. Fomento a la producción agropecuaria sostenible; en las que plantea el apoyo y promoción de prácticas responsables y ejemplares con el medio ambiente, apoyando proyectos que involucren los conceptos de Buenas Prácticas Agrícolas - BPA y Buenas Prácticas de Manufactura - BPM. Es así como se han venido realizando alianzas con entidades y profesionales independientes de gran experiencia en diferentes cultivos, para el desarrollo de Manuales de Actualización Tecnológica, para este caso de pimentón, bajo conceptos de Buenas Prácticas Agrícolas - BPA.

Este manual dirigido a técnicos y productores del cultivo del pimentón y se constituye en un instrumento orientador, que se apoya en datos obtenidos en diferentes regiones, producto de investigaciones realizadas por Corpoica en sus diferentes centros de investigación principalmente en Bogotá y Rionegro. Así mismo, una gran parte de los datos fueron el resultado de las investigaciones realizadas en el oriente antioqueño, donde se encuentra el clima ideal para este cultivo bajo condiciones protegidas.

INTRODUCCIÓN

Los factores tecnológicos de la producción de hortalizas a campo abierto presentan características comunes en las distintas zonas productoras del país reflejadas en una baja sostenibilidad y competitividad que se relaciona principalmente con: una compleja problemática sanitaria y de manejo deficiente de recursos, y cultivos sembrados en zonas marginales sin las condiciones agroecológicas óptimas para su desarrollo; la agricultura protegida es, hoy en día, un componente esencial de la actividad agrícola moderna en el mundo, que permite una aplicación de estrategias para asegurar la inocuidad del producto. Este aseguramiento facilita el proceso de certificación con Buenas Prácticas Agrícolas y el incremento en los rendimientos ante las consecuencias del cambio climático.

La producción bajo condiciones protegidas permite obtener una alta calidad de los cultivos, así como el buen rendimiento en la producción, pero la problemática que se viene presentando por siembras continuas del tomate como monocultivo bajo condiciones protegidas ha llevado a que los productores requieran otras alternativas de producción bajo invernadero, dentro de programas de rotación de cultivos, que permitan una diversificación de la producción. Esa rotación permitiría romper el ciclo de plagas y enfermedades y mejorar la productividad del suelo.

CORPOICA en el Centro de Investigación La Selva, ubicado en el municipio de Rionegro, Oriente antioqueño, a través de un proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, venía trabajando en la búsqueda de nuevas alternativas hortícolas para la siembra bajo condiciones protegidas, en donde se seleccionaron algunas especies hortícolas de importancia como: maíz dulce, cebolla de rama, pimentón, ajíes jalapeños y lechugas gourmet; de éste proyecto se obtuvieron preliminarmente indicadores de productividad e información tecnológica parcial para el manejo agronómico de los cultivos y manejo integrado de plagas y enfermedades con esquemas de producción más limpia, que fueron compiladas en este manual técnico para el cultivo de pimentón.

El consumo de pimentón se ha incrementado por ser una fuente de vitaminas para la población mundial, su valor nutritivo lo constituye el alto contenido de vitaminas antioxidantes A, C y E. El pimentón es una de las hortalizas priorizadas dentro del recién iniciado Tratado de Libre Comercio, existe una oportunidad de incentivar el cultivo de ésta especie y colonizar mercados que se abren para el país. En el departamento de Antioquia se siembra principalmente en la región del Oriente antioqueño, municipios de Marinilla, Carmen de Viboral, Peñol y Guatapé, por su cercanía al gran centro de consumo que es la ciudad de Medellín. Para el año 2013 el anuario Estadístico del Sector Agropecuario reporta 308 ha en Antioquia de las cuales esta región contribuyó

con el 88% del área sembrada. Antioquia es el segundo departamento en área y el primero en productividad para este cultivo.

El desarrollo de este manual para la producción de pimentón bajo condiciones protegidas, como un modelo de producción alternativo para la región del Oriente antioqueño y en general para zonas con condiciones similares para el departamento de Antioquia; se constituye como una opción tecnológica para el cambio climático, para la siembra del cultivo en zonas marginales, para incrementar los rendimientos, mejorar la calidad del producto y facilitar la obtención de productos con mayor inocuidad y certificación en Buenas Prácticas Agrícolas.

Se espera que este manual pueda sirva de herramienta al productor y asistente técnico para diversificar su producción bajo invernadero, especialmente con pimentón.

1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

1.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PIMENTÓN

Colombia es considerado como uno de los centros de origen del complejo silvestre *Capsicum L*. (*C. annuum, C. chinense, C. frutescens* (Pickersgill, 1984), al cual corresponde el pimentón. En contraste, para el año 2010, el área cosechada en pimentón fue de sólo 1.138 ha representadas principalmente por los departamentos del Valle del Cauca (255 ha), Antioquia (190 ha), Huila (147 ha) Cundinamarca (168 ha), Santander (63 ha), Norte de Santander (111 ha) y Tolima (80 ha). (Agronet, 2012). La producción nacional para el mismo año llegó a 21.221 toneladas, siendo los departamentos de mayor producción Antioquia (6.419 t, con la mayor productividad del país), Valle del Cauca (4.364 t), Santander (1.308 t), Cundinamarca (3.268 t), Norte de Santander (1.936 t), Huila (1.089 t) y Tolima (1.600 t). El rendimiento nacional promedio fue de 18,6 t/ha siendo los departamentos con mayor rendimiento Antioquia (33,8 t/ha), Cauca (31,7 t/ha) Santander (20,8 t/ha), Tolima (20 t/ha) y Cundinamarca (19,5 t/ha) (Agronet, 2012). Antioquia, Valle y Cundinamarca contribuyen en conjunto con cerca del 70% de la producción nacional (Figura 1).

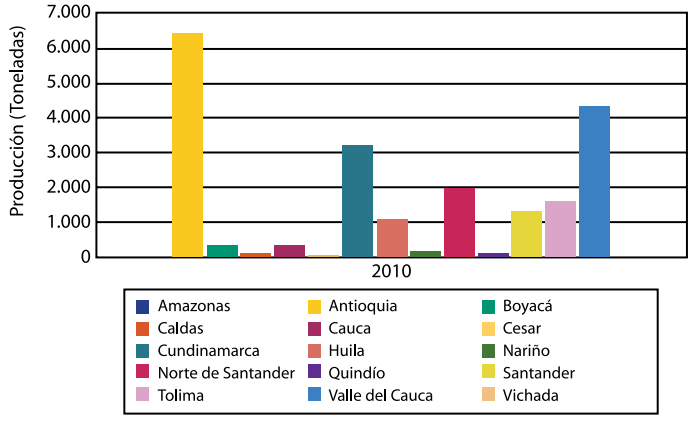


Figura 1. Producción de pimentón en Colombia por departamentos en 2010. (Agronet, 2012)

El pimentón en Antioquia, es un cultivo desarrollado tanto a campo abierto como bajo cubierta. Las recientemente reportadas 6.400 toneladas producidas en Antioquia se dan después de casi tres lustros de producción variable en el Departamento. La Figura 2, destaca el descenso en el área de cultivo y producción en 2010 probablemente asociado al fenómeno climático de La Niña.

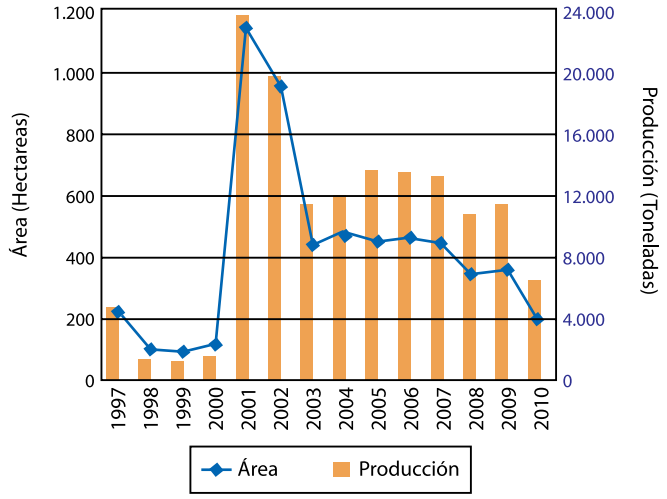


Figura 2. Producción de pimentón en Antioquia entre 1997 y 2010 (Agronet, 2012)

El Oriente antioqueño es la zona más importante para la producción de esta hortaliza en Antioquia y participa en la producción departamental (según datos del Acuerdo de Competitividad de la Cadena de Hortalizas de Antioquia en 2008), con más del 95%.

Para el año 2011 el anuario Estadístico del Sector Agropecuario reportó 360 ha en Antioquia de las cuales el Oriente antioqueño (municipios de Marinilla y El Peñol) cosechó 330 ha. En el Departamento, según la misma fuente, se reportaron 11.856 toneladas mostrando un repunte marcado de las cifras reportadas en Agronet para 2010.

La importancia del pimentón en la nutrición

El tejido comestible del fruto de pimentón tiene como principales componentes el agua, seguido de los hidratos de carbono, lo que hace que sea una hortaliza con un bajo aporte calórico, y una buena fuente de fibra. Al igual que el resto de hortalizas, su contenido proteico es muy bajo; aporta grasas y son muy ricos en vitaminas, sobre todo los de color rojo. De hecho, llega a contener más del doble de la que se encuentra en frutas como la naranja o las fresas. Es una buena fuente de carotenos, entre los que se encuentra la capsaicina, pigmento con propiedades antioxidantes que aporta el característico color rojo. Se destaca su contenido de provitamina A (Beta caroteno

y criptoxantina) de folatos, también de vitaminas C, E y del grupo B. Estos contenidos (Tablas 1 y 2), junto con los carotenos, convierten al pimentón en una importante fuente de antioxidantes, con los beneficios que estas sustancias aportan a la salud humana.

La parte comestible del fruto equivale al 82% del volumen. Sobre esa parte comestible la composición nutricional del fruto (sin precisar la variedad) se ilustra en la Tabla 3, según *Tabla de Composición de Alimentos CAN.* A su vez la FAO reporta (sin precisar la variedad) un contenido nutricional destacado.

Tabla 1. Composición de macronutrientes (100 gramos de porción comestible)

MACRONUTRIENTES (g)									
Kcal	Agua	Proteínas	Grasa total	Ácidos Grasos	Ácidos Grasos polisaturados	Carbo-hidratos	Fibra cruda	Fibra dieta insoluble	Ceniza
25	92,5	0,9	0,5	0,1	0,2	5,3	1,2	1,1	0,6

(Jaramillo y Quintero, 2008)

Tabla 2. Composición de micronutrientes (100 gramos de porción comestible)

MACRONUTRIENTES (g)															
Minerales (mg)									Vitaminas (mg)*						
Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Zn	Cu	Mn	A (U.I.)	B1	B2	B3	B6	B9	C
6	22	1,3	3	195	14	0,2	0,1	0,1	5700	0,1	0,1	0,6	0,2	17	190

Tabla 3. Contenido nutricional de pimentón

Agua	Calorías	Carbohidratos	Grasas	Proteínas	Fibra	Cenizas
92,19 g	27	6,43 g	0,19 g	0,89 g	2,0 g	0,3 g

Calcio	Potasio	Fósforo	Hierro	Vitamina A	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Ácido ascórbico
9 mg	177 mg	19 mg	0,46 mg	5700 U.I.	0,066 g	0,030 g	0,509 g	190 mg

FAO online 5 diciembre 2012 http://www.fao.org/inpho_archive /content/ documents/vlibrary/ AE620s/ Pfrescos/PIMIENTO.HTM

Estos contenidos se han reportado variables, según el material genético, para pimentones amarillos, verdes y rojos, con mayores contenidos de vitamina A, betacarotenos y vitamina E en los rojos y mayores contenidos de vitamina C para los amarillos y verdes (da C. Ribeiro, C. *et al.* 2008).

La capsaicina por su parte, es el principio picante del pimentón y otros frutos de las especies de ***Capsicum,*** que tiene muy baja concentración en los pimentones. El contenido de capsaicina depende también de la variedad y de los cambios en los factores ambientales, la formación de la capsaicina es mayor a temperaturas elevadas (30°C) que a temperaturas suaves (21-24°C) (Vallejo y Estrada 2004).

En cuanto a su aprovechamiento, el pimentón se utiliza para el consumo en fresco o para condimentar alimentos, para ésto se aprovechan sus cualidades de dar a las comidas un toque exótico y colorido y además despertar el apetito al consumirlo. Es una hortaliza especialmente importante en la cocina tradicional en el Oriente antioqueño (Jaramillo y Quintero, 2008).

El pimentón se proyecta como una hortaliza de demanda creciente en mercados colombianos e internacionales. El consumo interno se ha estimulado en diversos estratos de la población. Además de sus características nutricionales y nutraceúticas, proporciona características apetecidas en la preparación de platos de alta culinaria (Agronegocios, no. 67. 2d. quincena octubre 2012).

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PIMENTÓN COMO ALTERNATIVA DE ROTACIÓN PARA SEMBRAR BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Para los cultivos de tomate, de flores, y de hortalizas de alto valor, el pimentón se constituye en una alternativa para la rotación dentro de esas unidades productivas. La producción estacional de las hortalizas hace que en algunas épocas del año los precios se depriman siendo las alternativas de rotación la opción para los productores. El pimentón es una alternativa de exportación habiendo sido escogido recientemente dentro del grupo de especies de hortalizas clave para la comercialización dentro del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos y con alto potencial para los tratados con Canadá y Corea del Sur.

POTENCIAL DE LA REGIÓN PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE PIMENTÓN

La proximidad con el segundo centro urbano del país, con el aeropuerto internacional José María Córdova y la conectividad creciente con el mundo hacen de la región un

emporio potencial para la producción del cultivo por la reciente firma de los TLC y para el mercado nacional hacia la Costa Atlántica. La producción bajo condiciones protegidas se constituye en una alternativa tecnológica viable, rentable y de alta productividad.

1.2. ORIGEN DEL PIMENTÓN

El pimentón es una forma poco picante de *Capsicum annuum* L. Esta especie es la más importante desde el punto de vista comercial e incluye los pimentones (dulces) y la mayoría de ajíes picantes. El pimentón se constituye en la principal forma cultivada del género *Capsicum*. Este género tuvo su origen en el continente americano, probablemente en lo que hoy comprende la parte sur de Brasil, pero es probable que la especie ***C. annuum*** haya sido domesticada en México.

El centro de origen del pimentón se ha localizado en el Amazonas, zona desde la cual se difundió a través de América, fue una de las primeras plantas encontradas por Colón quien la describió con los siguientes términos: “Violentamente fuerte, crece como un arbusto, no mayor que un grosellero”. Humbolt citado por Jaramillo y Lobo (1983), más tarde indicó que para los nativos era tan indispensable como la sal para los europeos.

El nombre de pimentón o pimiento fue dado erróneamente a la planta debido a que los ajíes o chiles, recordaban el sabor de la pimienta (*Pipper nigrum*); especie propia del Asia y sin ningún parentesco botánico con el *Capsicum annuum*.

Se usa tradicionalmente el término “Ají” para designar los frutos con alto contenido de capsaicina y generalmente pequeños; la palabra pimentón o pimiento, describe frutos dulces, grandes y blocosos. (Jaramillo y Lobo. 1983).

En la región centroamericana existe una gran diversidad de cultivares que varían entre dulces a muy picantes y formas silvestres o semidomesticadas que comparten algunas características con especies como *C. chinense* y *C. frutescens.*

Taxonomía del pimentón

Botánicamente el pimentón pertenece al orden Solanales, siendo una planta herbácea autótrofa, de hojas alternas y espiraladas o subopuestas, sin estípulas y con margen entero o lobulado, de flores perfectas actinomorfas, solitarias, con cáliz y corola pentámeras, estambres usualmente en igual número que los pétalos, dispuestos en la base de la corola y alternando con los lóbulos de la misma.

Dentro de este orden pertenece a la familia Solanaceae con una marcada susceptibilidad a daño por heladas y por enfriamiento. En las flores los pétalos forman una corola

tubular en la base. Los frutos son unas bayas huecas, semicartilaginosas y deprimidas.

A su vez, dentro de esa familia, hace parte del género *Solanum,* que tiene flores hermafroditas, actinomorfas formadas por cuatro ciclos de piezas de cinco miembros. El cáliz es acampanado. La corola es estrellada. Los estambres pueden ser iguales o desiguales, los filamentos son en general cortos e insertos en la base de la corola. El fruto es una baya seca, con muchas semillas chatas. Las semillas se hallan rodeadas de una sustancia mucilaginosa que impide la germinación. El ovario es bi-carpelar, con numerosos óvulos. La ubicación taxonómica es:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Subfamilia: Solanoideae
Tribu: Capsiceae
Género: *Capsicum*
Especie: *C. annuum*

La planta de pimentón es herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable que puede ser de 0,5 m (en variedades de crecimiento determinado cultivadas a libre exposición) hasta 2 m y más en híbridos cultivados bajo condiciones protegidas.

Raíz

La raíz es pivotante y profunda; aunque la profundidad varía según la textura y profundidad del suelo. Tiene raíces adventicias que longitudinalmente pueden alcanzar entre 0,5 y 1 metro.

Hoja

La hoja es entera, glabra y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. (Figura 3).El haz es liso y suave al tacto y de color verde brillante que varía de intensidad con la variedad. La nervadura principal parte de la base de la hoja, proyectándose desde el pecíolo, las nervaduras secundarias son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. Las hojas se insertan en el tallo de forma

alternada y su tamaño varía según la variedad. Se presenta alguna relación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

Figura 3. Hoja del pimentón

Flor

Las flores aparecen insertadas en las axilas de las hojas. (Figura 4), son pequeñas y tienen corola blanca. (Figura 5). La polinización es autógama aunque puede haber alogamia de no más del 10%.

Figura 4. Flores insertas en las axilas

Figura 5. Flor de pimentón

Fruto

El fruto del pimentón es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color que varía entre verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco.(Figuras 6, 7,8 y 9). La variación en color se dá incluso a través de la maduración pasando del verde al amarillo, anaranjado o rojo, a medida que van madurando. El tamaño de fruto es variable, entre pocos gramos hasta más de 500.

Figuras 6, 7, 8 y 9.
Frutos de pimentón rojo, amarillo, naranja y morado

Semillas

Las semillas están insertas en una placenta cónica de disposición central. (Figura 10). Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 mm.

Figura 10. Semillas de pimentón insertadas en la placenta
http://www.ecoagricultor.com/2013/02/el-cultivo-del-pimiento/ en línea 25 de abril de 2014

1.3 TIPOS DE PIMENTÓN

En Colombia, los cultivares se clasifican en tres tipos, dependiendo del formato del fruto:

- Tipo cuadrado o blocoso (Blocky): los frutos tienen paredes rectangulares o cuadradas, ligeramente redondeadas o en forma de barril (Figura 11), con una tasa de inserción peduncular profunda. Son de alto peso y calibre (mayor a 100g/fruto), alto número de semillas (100-180 por fruto). Este tipo es el que predomina en el mercado internacional por su presentación y firmeza (Vallejo y Estrada, 2004).

El pimentón California Wonder, es el tipo de pimentón mas comercializado en el mercado colombiano, se caracteriza por su perfil cuadrado y buena cavidad central, se presenta en color verde, rojo y amarillo, corto de longitud con tres cuatro cascos bien marcados.

Figura 11. Fruto tipo cuadrado (blocky)

- Tipo lamuyo o tres puntas: corresponde a frutos con tendencia cónica, pero que el extremo distal termina en tres puntas (Figura 12). Los hay de alto y medio peso promedio. (Vallejo y Estrada, 2004).

La característica principal es su sabor dulzón, baja acidez, carne gruesa y turgente (permite pelarlo si se desea) y su tamaño grande y llamativo. En este cultivo se valoran extraordinariamente los calibres más grandes (Aguado, *et al.* 2007)

Figura 12. Fruto tipo lamuyo

- Tipo dulce italiano: los frutos de éste tipo son delgados, alargados, entre 18 y 35 cm y el espesor de la pulpa es muy variable. se colorean de rojo o amarillo al madurar (Figura 13) (Milla, 2006).

Figura 13. Fruto tipo Lamuyo

1.4. VARIEDADES DE PIMENTÓN SEMBRADAS EN ANTIOQUIA

California Wonder (casa comercial: Impulsemillas): variedad de buena adaptación, vigorosa, frutos de sección longitudinal cuadrada, paredes gruesas, cuatro lóbulos en forma de campana, tamaño grande, pesado (300 g) y firmes (Figura 14). Las paredes del fruto son muy gruesas y de textura lisa. Al madurar presenta un atractivo color rojo. Se adapta a altitudes de 0 – 2.000 m.s.n.m. en diversidad de suelos con buen drenaje y preparación que tengan pH de 5,5 – 6,5.

Figura14. Pimentón California Wonder.
Tomada de: http://www.infojardin.com/foro/showthread .php?t=243829

Híbrido Nathalie (casa comercial: Semillas Rogers): planta de crecimiento indeterminado, el fruto es alargado, con paredes gruesas, terminando en punta, sin hombros, con maduración de verde a rojo (Figura 15). Peso promedio del fruto de 170g, tiene un tiempo a cosecha de 90 días aproximadamente después de trasplante, dependiendo de la temperatura y la radiación.

Tiene tolerancia a enfermedades como *Phytopthora*, TMV (Virus del mosaico del tabaco), PVY (Virus Y de la papa), TVE (Virus del jaspeado del tabaco) y Mancha bacteriana (*Xanthomonas*, razas 1,2 y 3) (Ficha Técnica Semillas Rogers).

Figura 15. Fruto de pimentón Nathalie

Híbrido Quetzal (casa comercial Semillas Arroyave): planta de crecimiento semi-indeterminado y erecto, a partir de cierta altura emite dos o tres ramificaciones y continúa ramificándose de manera dicotómica hasta el final de su ciclo. Planta vigorosa de buen porte, buen aguante en campo, tiene un rango de adaptación de los 300 a los 2.200 m.s.n.m.

El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color externo verde oscuro al momento de la cosecha a rojo al madurar, de paredes gruesas de 3,5 mm, fruto alargado tipo agronómico, tamaño variable, pudiendo pesar entre 230 y 250 g (Figura 16).

Presenta tolerancias a PMMV (Pepper mild motle virus, virus del abigarrado suave del pimentón), TEV (Virus del jaspeado del tabaco) y PVY (Virus Y de la papa) (Ficha técnica, Semillas Arroyave)

Figura 16. Fruto de pimentón Quetzal

Pimentón amarillo - Kerala (RS): variedad de buen comportamiento bajo condiciones de clima frío moderado. Este material por su color amarillo es una excelente alternativa para el agricultor. Días a cosecha: 130. Es importante el fomento de su cultivo, toda vez que algunos almacenes lo importan a un alto costo. (Figura 17).

Figura 17. Pimenton Kerala

Pimentón amarillo - Golden Summer: excelente comportamiento, de mayor producción que el anterior, fruto más grande, de forma alargada semicuadrada, fruto de color amarillo intenso. Al igual que el anterior, se comporta bien en zona fría en especial en la época de mayor temperatura, ideal para zona media o cálida.

La calidad de los frutos fue bien aceptada en los supermercados. (Figura 18).

Figura 18. Pimenton Golden Summer

1.5. PRODUCCIÓN BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Las plantas cultivadas a campo abierto están expuestas a una serie de riesgos al afrontar estrés calórico por altas o bajas temperaturas y factores meteorológicos, entre ellos lluvia, granizo y heladas. Estas condiciones adversas son especialmente perjudiciales en cultivos de alto valor como flores y hortalizas y en aquellos que en condiciones climáticas adversas se ven sometidas a daños, retrasos de crecimiento, disminuciones de su producción, ataque de plagas y enfermedades, desórdenes fisiológicos y mortandad de plantas. Estos riesgos hacen de los cultivos un negocio con alto grado de incertidumbre, que pueden no permitir la rentabilidad esperada. Para tratar de minimizar este riesgo y maximizar los beneficios, los agricultores pueden hacer uso de la tecnología de invernaderos, que ha sido creada precisamente con este fin y que en los últimos años ha tenido un avance significativo impulsado por desarrollos tecnológicos en otros campos, como la informática, la electrónica y la industria química, entre otras (Shany, 2007).

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

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

Tipo de cultivo

Cuando un cultivo no está adaptado a las condiciones naturales locales y se debe cultivar fuera de la estación o en zonas marginales se acude a la producción bajo condiciones protegidas. Para el caso del Oriente antioqueño, cuando el cultivo es sembrado en zonas frías a alturas mayores a aquellas en las que éste se desarrolla bien a libre exposición.

Mejoramiento de la calidad de los frutos

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

Protección contra plagas

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

Incremento de rendimientos

Optimización del aprovechamiento de área de la finca. Los rendimientos que se logran en invernaderos en general duplican o triplican aquellos obtenidos en un cultivo a campo abierto. Todo depende del adecuado manejo agronómico que se aplique al cultivo y no únicamente de la variedad. El agricultor mediano o pequeño debe considerar la posibilidad de producir en condiciones protegidas, para lograr el mejor rendimiento de su terreno.

INVERNADERO

Según varios autores mencionados por Jaramillo, *et al.* (2007), el invernadero es una estructura cubierta con algún material que permite el paso de la luz desde el exterior (Figura 19) y que tiene la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente en el que se puedan controlar variables tales como la temperatura y la humedad relativa, entre otras. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo; o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros.

El microclima bajo invernadero debe propiciar las condiciones biológicas óptimas para la variedad cultivada, que maximice el proceso de fotosíntesis y de esta manera obtener más producción por metro cuadrado. Desde el punto de vista de la competitividad, permite incrementar la productividad, minimizar costos de producción, ser eficientes en el manejo de recursos, generar empleo y poder reinvertir en más tecnología para alcanzar cultivos de alto rendimiento.

Figura 19. Invernadero tradicional Oriente antioqueño

Clasificación de los invernaderos

Según el control de los factores meteorológicos:

Climatizados: son los que poseen todos los mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático necesarios para el control de temperatura, humedad relativa, contenido de CO_2 y luz (Figura 20 y 21). En estos invernaderos, para todas las actividades de mantenimiento y control climático, se hace uso de energía externa. Su empleo depende de una explotación agrícola económicamente muy rentable (Barbosa, 2000).

Figura 20 y 21. Invernaderos climatizados

Semiclimatizados: tienen sólo algunos equipos de climatización, y aunque se acercan a obtener condiciones ideales de clima, no las alcanzan. Tales equipos pueden estar dotados o no de automatización (Figura 22). Se instalan así, básicamente por costos o porque no se considera necesario controlar el clima de una manera rigurosa, debido a la relación costo/beneficio. Se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables (Barbosa, 2000).

Figura 22. Invernadero semiclimatizado

No climatizados: generalmente denominados cubiertas, solo incluyen la estructura y algún tipo de cobertura traslúcida en el techo o en los laterales, sin ningún equipamiento de control climático. Son estructuras diseñadas con base en criterios técnicos, tales como conservación de la energía, captación de luz y resistencia a los vientos (Figura 23), (Barbosa, 2000). Actualmente, este tipo de invernadero es el que más viabilidad económica tiene para el pequeño y mediano productor (de acuerdo con sus condiciones económicas), está dirigido a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional, no posee ningún tipo de equipo que utilice energía transformada para el manejo del clima. El manejo de las cortinas laterales, sirve para controlar los flujos de aire y regular parcialmente la temperatura.

Los invernaderos no climatizados se construyen en materiales poco durables y poco resistentes, como la guadua y la madera. Estos sólo proveen un resguardo contra la intemperie, protegiendo al cultivo de la lluvia o el granizo; además, en los momentos calurosos del día aumenta mucho su temperatura interior, lo que puede afectar algunos procesos internos de las plantas (Jaramillo J. ***et al***., 2007).

Figura 23. Invernadero no climatizado

Tipos de invernadero según su estructura

Los diferentes tipos de invernaderos emergen a través del tiempo, conforme a las adaptaciones que van surgiendo gracias a los productores o fabricantes, teniendo en cuenta diversos factores de acuerdo con las condiciones de clima y topografía de cada región (Figura 24).

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

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

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

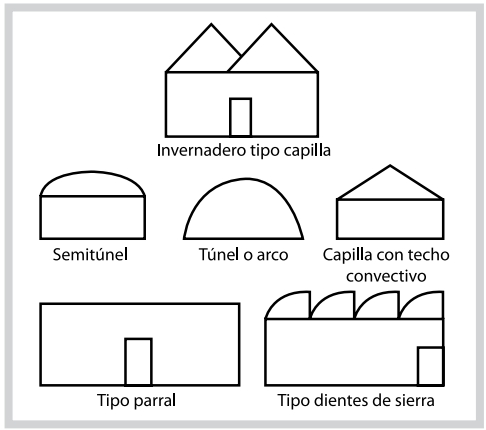


Figura 24. Tipos de estructura de invernaderos
(Tomado de la circular técnica da Embrapa hortaliças).

Tipo túnel o arco

Por su forma ofrece gran resistencia a los vientos, es recomendable para regiones con velocidades de viento superiores a 60 km/ hora. Se trata de invernaderos que tienen una altura y anchura variables (Figura 25).

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

Figura 25. Invernadero tipo túnel o arco

Invernadero tipo semitúnel o cilíndrico

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de éste tipo de invernadero se está extendiendo a causa de su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Figura 26. Invernadero multitúnel

Son invernaderos con pocos obstáculos en su estructura, tienen buena ventilación, buena estanqueidad a la lluvia y al aire, permiten la instalación de ventilación cenital o sotavento y facilitan su accionamiento mecanizado, tienen buena distribución de la luminosidad en el interior del invernadero y fácil instalación. La unión de varias naves se conoce como multitúnel. (Figura 26) (Jaramillo, ***et al.***2012).

Invernadero tipo capilla

Los invernaderos tipo capilla simple tienen el techo formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o dos aguas (Figura 27). (Jaramillo, *et al*. 2012). La ventilación de éstos invernaderos en unidades sueltas o individuales, no ofrece dificultades, tornándose más difícil la renovación del aire cuando varios de éstos invernaderos se agrupan formando baterías.

Figura 27. Invernadero tipo capilla

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

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

Invernadero plano o tipo parral

Se utiliza en zonas poco lluviosas, su estructura se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una vertical y otra horizontal (Figura 28). La estructura vertical son los soportes y los paneles de plástico (tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino, eucalipto o tubos de acero galvanizado); la estructura horizontal constituye el techo con su estructura y lamina de plástico. (Jaramillo, ***et al.*** 2012)

Las ventajas que presenta esta estructura son: gran volumen de aire encerrado, mínima incidencia de los elementos del techo en la intercepción de la luz, aún tratándose de una estructura que ofrece alta resistencia a los vientos, es poco vulnerable por el eficiente sistema de anclaje. (Bouzo y Gariglio, 2000).La estructura es relativamente económica, posee gran adaptabilidad a la geometría del terreno. (Jaramillo, *et al.*2012)

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

Figura 28. Invernadero plano o tipo parral

Invernadero tipo dientes de sierra

La característica principal que distingue este modelo es el diseño de la cubierta, semejante a los dientes de una sierra (Figura 29), siendo una de las más eficientes en cuanto a ventilación. La instalación debe ser en el sentido de los vientos predominantes. Es un poco deficiente en cuanto al aprovechamiento de la luz del sol. Dependiendo de la región, su utilización está limitada a cultivos no muy exigentes en luz. Dentro de las ventajas de éstos invernaderos se encuentran que la construcción es de mediana

complejidad, tienen una excelente ventilación y se emplean materiales de bajo costo. (Bouzo y Gariglio, 2000).

Las desventajas que tienen son: un mayor sombreo que el tipo capilla (debido al mayor número de elementos estructurales de sostén) y menor volumen de aire encerrado (para igual altura de cenit) que el tipo capilla.

Figura 29. Invernadero tipo dientes de sierra

Ventajas y desventajas de la producción bajo condiciones protegidas

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

Ventajas

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

- **Sembrar en condiciones marginales.** La producción de especies, cuyos requerimientos climáticos requieren de altas temperaturas, se puede realizar bajo condiciones protegidas en zonas con alturas superiores a las requeridas por el cultivo. Caso tomate y pimentón sembrados bajo invernadero en regiones de clima frio y moderado.

- **Obtención de cosechas fuera de época.** Cultivando bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. De igual modo, hay una adaptación de la producción a los requerimientos

del mercado local y de exportación, extendiendo los períodos de producción y mercadeo, logrando así un aprovisionamiento continuo del producto.

- **Mejor calidad de la cosecha.** Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación; características que estimulan sensiblemente el consumo.

- **Preservación de la estructura del suelo.** En ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento; así mismo, se disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por lo que las plantas adquieren mayor disponibilidad de ellos, reflejándose en mayor productividad por unidad de área.

- **Aumento considerable de la producción.** Es lo que estimula a los productores a aplicar esta técnica de producción. Una planta bajo invernadero, en diferentes factores favorables, produce de tres a cuatro veces más, aún en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales.

- **Disminución en la utilización de plaguicidas.** Al tener mejor control de organismos nocivos, se previene el ataque de enfermedades e introducción de insectos plaga; además, dentro del invernadero es posible la utilización de mallas y cubiertas para evitar la entrada de éstos.

- **Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo.** El cultivo al estar protegido permite incrementos en la densidad de siembra por m^2. Al tener altos rendimientos, no se requiere mucha área sembrada.

- **Uso racional de agua y de nutrientes.** El ahorro de agua es importante, puesto que la producción bajo cubierta va acompañada de sistemas eficientes como el riego por goteo y en el caso de los nutrientes, éstos se agregan a diario en fertirriego, lo que permite suministrar a la planta agua y nutrientes de acuerdo con sus requerimientos nutricionales, según el estado fenológico de la planta, evitando pérdidas por lixiviación.

- **Mayor eficiencia en la utilización de mano de obra en épocas de lluvias.** Esto sucede debido a que los operarios no requieren suspender sus labores, porque están protegidos de las precipitaciones dentro del invernadero en estas temporadas.

- Establecimiento de procesos de producción más limpia con énfasis en Buenas Prácticas Agrícolas.

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

Desventajas

- **Alta inversión inicial.** Para iniciar con el invernadero se requiere necesariamente de una infraestructura, cuyo costo depende de los materiales con que se construya, en el Oriente antioqueño, generalmente es guadua o madera inmunizada; además, es necesaria una inversión para el sistema de fertirrigación, en éste caso, el más utilizado es cinta de riego por goteo.

- **Requiere de personal especializado.** Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación. Sin embargo, tener personal capacitado hoy en día es más una necesidad y una ventaja para cualquier empresa; para el caso de los pequeños productores que no tienen fácil acceso a la asistencia técnica, el no tener personal especializado puede llevarlos a cometer errores en el manejo del invernadero y los cultivos.

- **Alta supervisión.** Requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un desarrollo productivo del cultivo y un mejor control de plagas y enfermedades.

PARÁMETROS IMPORTANTES PARA LA ELECCIÓN, UBICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Elección

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

- **Tipo de suelo.** Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.

- **Topografía.** Preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.

- **Vientos.** tener en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.

- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.

- Características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.

- Disponibilidad de mano de obra (factor humano).

- Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

Para la zona del Oriente antioqueño no son tomados en cuenta todos los parámetros, ya que el agricultor no contrata quién le diseñe y construya el invernadero, él mismo lo realiza, de acuerdo a observaciones que haya hecho en otras fincas.

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

- **Sanidad del terreno.** Verificar el historial del terreno, evitar terrenos que hayan sido basureros u otras actividades que puedan haber causado contaminación al suelo.

- **Fertilidad del terreno.** Realizar un análisis del suelo, para evaluar su condición física, química y microbiológica, que permita saber si reúne todas las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

- **Drenaje del terreno.** Seleccionar el mejor suelo con un buen drenaje y fertilidad.

- **Disponibilidad y calidad de agua de riego.** El invernadero debe estar cerca de fuentes de agua de excelente calidad, libre de contaminantes químicos y microbiológicos. Debe existir un tanque de reserva para emergencias o épocas de sequía.

- **Cercano a la vivienda del productor, con buenas vías de acceso, para ejercer una supervisión constante del cultivo por cualquier anormalidad que se produzca.**

- **Historial de la información climática de la zona.** En lo posible tener información del componente climático de la región.

- **Alejado de caminos o zonas polvorientas.** La acumulación de polvo o residuos contaminantes puede afectar la calidad del plástico y como consecuencia la luminosidad al interior del invernadero, afectando la calidad del producto y la productividad del cultivo, además, las partículas de polvo, pueden causar heridas a las plántulas o bloquear la transpiración al depositarse en las hojas.

- **Adecuada ventilación.** Ubicar el invernadero en zonas donde exista suficiente ventilación para favorecer la remoción del aire húmedo o caliente desde el interior del invernadero y de esta manera evitar la alta o baja humedad relativa que favorece el desarrollo de enfermedades, plagas, desórdenes fisiológicos y problemas de calidad y productividad en la planta.

- **Luminosidad.** Evitar ubicar el invernadero cerca de árboles altos, construcciones o barreras geográficas, como montañas, que impidan la entrada de luz al invernadero, ya que ésto afecta el proceso de fotosíntesis de la planta y en su defecto la producción de la misma.

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

Construcción

Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados

En la forma y modelo del invernadero lo aconsejable es tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo: funcional y de fácil operación, que permita el cultivo de otras especies; lo suficientemente fuerte como para soportar tanto condiciones climáticas extremas como el peso de las plantas y de los sistemas internos y que tenga una máxima duración y una cobertura fácil de cambiar y de sencillo mantenimiento. (Jaramillo, *et al.* 2007)

Con frecuencia los agricultores en el Oriente antioqueño replican construcciones que han visto en otras regiones con condiciones edafoclimáticas totalmente diferentes, y que no favorecen el cultivo en la región. Con el apoyo de instituciones como Corpoica, la Secretaría de Agricultura del Departamento de Antioquia, las Unidades de Asistencia Municipal y otras entidades encargadas de velar por el progreso agropecuario, se ha ido tomando conciencia en pro de mejorar las condiciones de éstas estructuras, para adecuarlas a la zona y además, capacitar a los agricultores en el manejo de los mismos.

Tipo y peso de la cubierta

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

Luminosidad

Cuando se planea la construcción, es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas. La estructura debe estar orientada con su eje longitudinal en dirección norte-sur, de manera que el recorrido del sol sea paralelo a la curvatura o caras del techo (Figura 30).

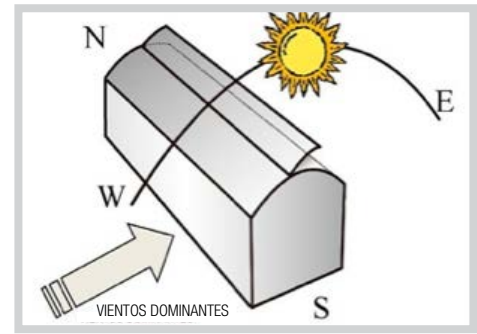


Figura 30. Orientación del invernadero de acuerdo al sol y los vientos dominantes

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

Dimensión

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

Las instalaciones deben tener la altura necesaria para mejorar la inercia térmica y la ventilación. Las alturas promedio para el invernadero son 3,5 m para la fachada debajo de la canal y para el centro del invernadero de 5,5 a 6 m. Es importante ubicar ventanas móviles en la fachada frontal y laterales para el control de la ventilación y la temperatura (Figura 31).

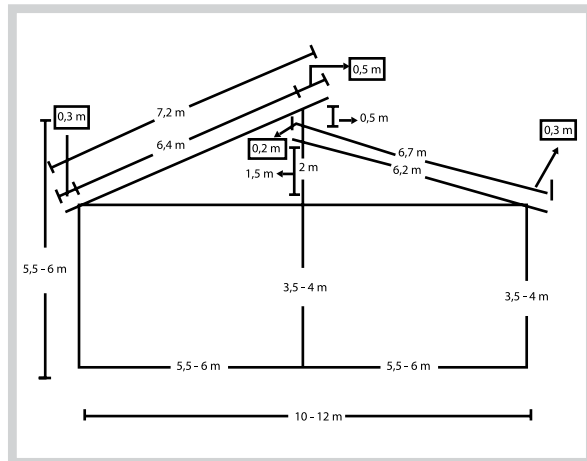


Figura 31. Dimensiones de un invernadero tipo capilla

Dirección de los vientos

En la construcción de un invernadero, se debe tener en cuenta la dirección e intensidad de los vientos, ya que en algunos casos se podrán utilizar para ventilación natural y en otros será necesario disminuir la intensidad por medio de cortinas rompe vientos. Para la construcción del invernadero los vientos predominantes deben entrar a través de él, procurando que los surcos tengan la misma dirección para que cuando las plantas logren su máximo crecimiento, no sean una barrera de entrada para éstos (Figura 32).

El invernadero debe frenar lo menos posible la velocidad del viento, con el fin de que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños. Sin embargo, cuando los vientos son demasiado fuertes se deben ubicar barreras rompe vientos naturales (hileras de árboles) o cortinas artificiales (mallas) que disminuyan la velocidad. La apertura cenital debe estar en dirección contraria al viento para evitar daños a la estructura y facilitar la salida del aire caliente.

Orientación

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

La orientación de las líneas de cultivo (surcos) también deben estar en dirección norte-sur para mejorar la distribución de la luz en las plantas a lo largo del día, pero si la dirección del viento es contraria y los surcos impiden la circulación del viento con esta disposición, se prefiere cambiar la orientación de los surcos (Figura 32).

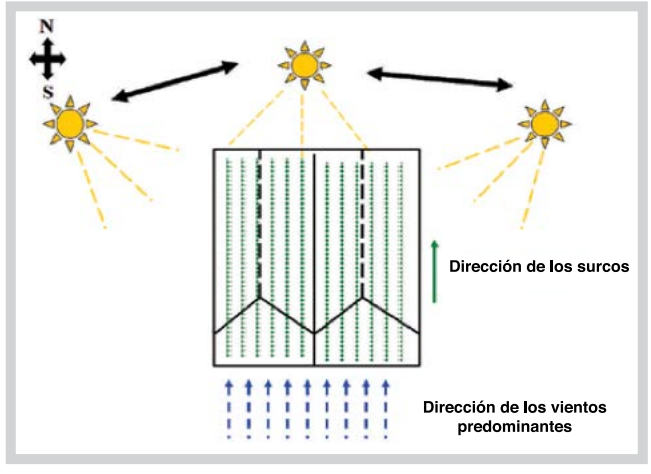


Figura 32. Orientación del invernadero

Materiales empleados en la construcción de un invernadero

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

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

La madera es un material ampliamente usado. La geometría más apta para la construcción con madera es el invernadero de geometría recta tipo capilla (a dos aguas). La madera debe ser tratada para permitir una longevidad máxima de 15 años. Para la fijación de la lámina plástica se debe evitar el empleo de clavos o alambres que la perforen.

El empleo mixto de madera y tubos de acero no es frecuente, empleándose los tubos preferiblemente en la cubierta, sobre todo si es curva. A la par, los elementos estructurales metálicos son más adecuados que los de madera para el caso de invernaderos de cubierta curva. Se debe evitar el contacto del metal con el plástico para limitar su envejecimiento prematuro por calentamiento, lo que se puede conseguir pintando o recubriendo los elementos metálicos.

Material de cobertura

En general, el material que recubre la estructura debe ser transparente para asegurar que las plantas tengan suficiente luz para su crecimiento; una parte de luz es utilizada en el proceso de fotosíntesis y el resto se convierte en calor, produciendo el famoso efecto invernadero (Figura 33). La cantidad y calidad de la luz solar trasmitida por el material que cubre el techo del invernadero, son factores que determinarán finalmente la calidad y el rendimiento del cultivo.

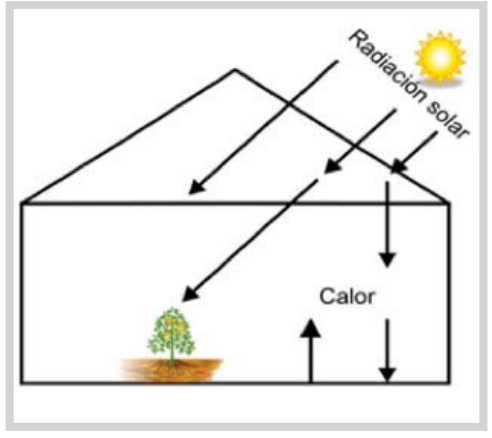


Figura 33. Efecto invernadero

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

Cuando una superficie está aislada del exterior por medio de una infraestructura transparente, un nuevo clima se crea en el interior. El nivel de la radiación interna es inferior al nivel de la radiación externa, dependiendo del tipo de material, de la inclinación del sol y de la nitidez de la superficie transparente (Jaramillo *et al.*, 2007). Los materiales comúnmente utilizados para cubrir los invernaderos son el polietileno, el vidrio y el polipropileno.

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

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

Polietileno

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

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

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

Propiedades físicas

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

Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso, lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos tienen un peso mayor, con lo cual requieren un mayor número de soportes y por ende se reduce la luminosidad dentro del invernadero.

Densidad. Define la cristalinidad de los polímeros con los que es construido el plástico. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación, el transporte y es de menor costo.

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

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

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

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

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

entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz. (Serrano, 1994)

Propiedades ópticas. Transmisión de la radiación solar

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

Propiedades térmicas y comportamiento térmico

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

Aditivos especiales

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

Bloqueador UV

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

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

En general, el plástico UV tiene mejor durabilidad que aquellos que no tienen éste aditivo. Podemos decir que cuanto mayor es el grado de resistencia, mayor será la durabilidad de la película.

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

Anti-vector

Estos plásticos tienen la capacidad de filtrar toda la radiación UV. La última innovación es que a través de ésta propiedad se interviene en el comportamiento de los insectos (plagas) anulando su capacidad visual y reduciendo así su incidencia en el invernadero. (Shany, 2007).

Infrarrojo (IR)

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

Las películas son muy aptas para usar en zonas frías, donde se requiere aumentar la temperatura durante la noche. Un punto interesante a tener en cuenta es que los plásticos IR tienen la capacidad de elevar la temperatura dentro del invernadero en alrededor de 3 °C en la noche, pero no juegan un papel importante en la elevación de temperatura dentro del invernadero durante el día. La diferencia en temperatura durante el día, comparado con un plástico regular, es de máximo 0,5 °C. Hay que recalcar que éstos plásticos de tipo IR no son aptos para usar en zonas cálidas, donde no se necesita calefacción en la noche (Shany, 2007).

Difuso

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

hasta las partes más bajas obteniéndose una mayor producción. En plásticos regulares, solamente el 30% de la radiación transmitida es difusa (Shany, 2007).

Anti-fog o Anti-goteo

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

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

Anti-dust o anti polvo

Este aditivo previene la acumulación de polvo sobre la parte superior de la película de plástico evitando el lavado e incrementando su vida útil (Shany, 2007). La luz dentro del invernadero no es reducida.

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

- Instalación de la película. La película debe ser instalada del lado correcto. La parte del 'anti-polvo' se debe colocar hacia arriba (afuera), y el 'anti-goteo' hacia abajo (adentro).
- Ajuste de la película. Si se esperan vientos fuertes, se debe ajustar el plástico con cintas gruesas de lona por encima del mismo en forma diagonal.
- Blanqueado (pintura agrícola especial). Se deben pintar de blanco todas las barras metálicas de la estructura que tienen contacto con el plástico, para evitar que el calor del sol las calienten y fundan el polietileno; además, revestir los extremos de las barras y tablas con alguna tela o con trozos de plástico para evitar el rasgado de la película.
- Lavado de los techos. Los techos se deben lavar como mínimo cada año a fin de extraer el polvo acumulado (la capa de polvo reduce la penetración de la luz y el potencial productivo del cultivo). Usando plásticos regulares y en zonas polvorientas, el lavado se debe realizar cada seis meses.

- Uso de productos para fumigación a base de azufre. Estos productos afectan negativamente el polietileno y causan su rápida destrucción. Las películas del tipo UV son más resistentes.
- Reemplazo de la película. Cada tipo de polietileno tiene una determinada vida útil, la cual depende de su calidad, espesor, condiciones climáticas regionales y manejo agrotécnico en el invernadero. El uso frecuente de productos químicos volátiles, especialmente aquellos a base de azufre, causan una rápida destrucción del polietileno. Después de uno o dos años, la película empieza a perder sus características, su transparencia disminuye, su estabilidad UV se reduce y también sus otras cualidades. En tal caso, la película ya no sirve desde el punto de vista agrotécnico, el cultivo empieza a sufrir y es el momento adecuado para reemplazarla. Generalmente, se determina éste momento cuando la transparencia de la película se reduce en un 30% de su capacidad inicial; por ejemplo, si la capacidad inicial de transparencia de la película nueva es de 80% de la radiación solar, cuando la transparencia baja a 50% se recomienda cambiarla (Shany, 2007).

Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero *(Jaramillo et al., 2007)*

- Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
- Maximizar la fotosíntesis de las plantas brindando las condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
- Facilitar el consumo de agua.
- Mantener el microclima de las hojas.
- Realizar periódicamente análisis fisicoquímicos del suelo y análisis químico del agua de riego.
- Eliminar restos de vegetales del cultivo anterior y malas hierbas.
- Usar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.
- Utilizar densidades de siembra adecuadas para conseguir una buena ventilación e iluminación de las plantas.
- Eliminar plantas enfermas o partes de ellas.
- Fertilización equilibrada de acuerdo con las necesidades del cultivo.
- Efectuar rotación de cultivos.
- Limpiar y desinfectar las herramientas de trabajo.
- Limpiar y desinfectar el invernadero, si es posible, antes de iniciar un nuevo ciclo.
- Usar ventilación adecuada para evitar el exceso de humedad.
- Evitar el goteo de agua de condensación de los techos.
- Practicar un adecuado mantenimiento al invernadero.
- Aplicar un principio de manejo integrado de plagas y enfermedades, combinando métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
- Controlar los costos de producción.

MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE PIMENTÓN

2

2.1 ECOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS

TEMPERATURA

La temperatura ideal para pimentón oscila entre 18 y 28 °C (Tabla 4). Por esta razón la mayoría de los cultivos al aire libre se producen en climas templados, entre los paralelos 30° y 40° en ambos hemisferios, norte y sur (Berríos, *et al.* 2007).

Las temperaturas óptimas son similares durante la floración y la fructificación y ambos fenómenos son afectados por una interacción compleja entre las temperaturas diurna y nocturna y el nivel de luz. Se considera que las temperaturas altas son las más dañinas al pimentón, por que provocan aborto (caída) de botones florales y flores; sin embargo, las bajas temperaturas durante la noche pueden compensar parcialmente las altas temperaturas del día, y los altos niveles de luz durante el día permiten que la planta tolere mayores temperaturas (CATIE, 1990). Las temperaturas nocturnas mayores a 30°C pueden causar el aborto de todas las flores y botones florales (CATIE, 1990; Berríos, *et al.* 2007).

Tabla 4. Temperaturas críticas para pimentón en las distintas fases de desarrollo

	Temperatura (°C)		
Fases del cultivo	**Óptima**	**Mínima**	**Máxima**
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día)	15	32
	16-18 (noche)		
Floración y fructificación	26-28 (día)	18	35
	18-20 (noche)		

(Berríos, *et al.* 2007)

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral dá lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuídos alrededor del principal (Figura 34), acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, entre otros. Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos (Berríos, *et al.* 2007; http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm).

Figura 34. Deformacion de fruto por bajas temperaturas

Las temperaturas sobre 32°C en combinación con baja humedad relativa producirán aborto floral, mientras que la viabilidad del polen será fuertemente reducida debido a la falta de humedad. Las temperaturas ocurridas 15 días antes de la ántesis son positivamente correlacionadas con el porcentaje de polen fértil. La polinización aumentará cuando la temperatura diaria baje de 20°C, siendo ésta la temperatura óptima para el cuaje. Las razones fisiológicas que pueden explicar el bajo cuajamiento de los frutos en condiciones de altas temperaturas pueden ser encontradas en un exceso de transpiración por parte de la planta o en una insuficiente translocación de azúcar (Berríos, *et al.* 2007).

HUMEDAD RELATIVA

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

La humedad del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen

y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, por lo que se pueden deshidratar, además de los comunes problemas del mal cuajado de los frutos.

Para monitorear la humedad relativa el agricultor se debe ayudar del higrómetro. El exceso se puede reducir mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta se puede corregir con riegos, llenando recipientes de agua y pulverizando agua en el ambiente. En éstos casos, la ventilación cenital en invernaderos con longitud superior a 40 cm es muy recomendable, tanto para el control de la temperatura como de la HR (Pérez y Cortés, 2007).

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados (http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm).

LUMINOSIDAD

El pimentón es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de reproducción. Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se pueden producir partiduras de fruta, golpes de sol y coloración irregular en la madurez. Un follaje abundante ayuda a prevenir la quemadura del sol (Berrío, *et al.* 2007).

En estado de plántula, el pimentón es un cultivo relativamente tolerante a la sombra. En el semillero, la aplicación de hasta un 55% de sombra aumenta el tamaño de las plantas, lo que favorece la producción en el campo de más frutos y de tamaño más grande. La sombra tenue en el campo puede ser benéfica para el cultivo, por reducir el estrés de agua y disminuir el efecto de la quema de frutos por el sol; sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar el aborto de flores y frutos (CATIE, 1990).

Las coberturas viejas o sucias reducen la intensidad de la luz dentro del invernadero hasta en un 65%. Los cultivos en época de invierno con alta nubosidad, reducen considerablemente la luminosidad hacia el interior del invernadero. La sombra reduce la concentración de azúcar en los brotes florales, incrementa la producción de etileno junto a los brotes y aumenta la abscisión de flores (Berrío, *et al.* 2007).

SUELOS

Para este cultivo van bien los suelos arenoso-limosos; no son convenientes los suelos arcillosos. (Serrano, Z. 1996).

El enarenado es una técnica agrícola que consiste en la adición de una capa de arena sobre el suelo de la parcela. Dicha técnica proporciona una serie de ventajas y cualidades que la hacen atractiva para el desarrollo de la agricultura en aquellos lugares que presentan problemas de salinidad en suelos y en la cantidad y calidad del agua de riego. (http://culturaagraria.blogspot.com/2012/01/cultivos-enarenados.html).

El pimentón es menos resistente a la salinidad del suelo y agua de riego que el tomate; con salinidad en el suelo y en el agua de riego la planta se desarrolla poco y el fruto que se obtiene es de menor tamaño. (Serrano, Z. 1996)

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

Los suelos ideales para el cultivo de pimentón, deben presentar un excelente drenaje ya que ésta planta no tolera condiciones mínimas de encharcamiento y excesos de humedad interna y externa. Se deben descartar los suelos con niveles freáticos oscilantes y superficiales. Las texturas francas y estructuras sueltas, promueven un vigoroso crecimiento de raíces, mejorando la capacidad de anclaje, absorción de agua y nutrientes. La planta se desarrolla muy bien en suelos fértiles con pH de 5,8 a 7,0, aunque tolera un poco la acidez. (Vallejo, F y Estrada, E. 2004)

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

Según Fernández & Santa (1964); Luna (1968), citado en Hermelin (1992), los suelos más comunes son los que se han derivado de cenizas volcánicas. Una síntesis de las características de los perfiles se da a continuación:

0-30 cm: color negro (10 YR 2/n); textura franco limosa; (A-1) estructura blocosa; friable, porosa; raíces; pH=6

30-50 cm: pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); franco limoso; (A B) masivo; escasas; pH=5,5 – 6,0

50-120 cm: pardo amarillento (10 YR 5/6); franco limoso; masivo; (B2) escasas raíces; pH=6,0

120-150 cm: pardo fuerte (7,5 YR 5/8); franco arcillosos; masivo (II C)

Son suelos ácidos, con una capacidad de intercambio iónico casi totalmente saturada por hidrógeno y pobres en nutrientes, particularmente en fósforo.

La gran riqueza en materia orgánica del horizonte superior y la presencia de alófana permiten la formación del complejo húmico arcilloso de gran estabilidad. Esa propiedad

contribuye notablemente a la gran resistencia a la erosión superficial de esos suelos, que persisten aún en pendientes fuertes, cuando no han sido intervenidos por el hombre.

Otras propiedades interesantes que se presentan es su alto poder de retención de humedad y su permeabilidad relativamente alta (Hermelin, 1992), lo que favorece el desarrollo de cultivos hortícolas.

2.2 SISTEMAS DE SIEMBRA Y MANEJO AGRONÓMICO

Antes de implementar la siembra de el cultivo se debe seleccionar muy bien el suelo teniendo en cuenta que no se debe sembrar en un lote que provenga de cultivo de especies solanáceas, que son de la misma familia del pimentón y siguiendo las recomendaciones sobre tipo de suelo.

SEMILLEROS

Debido al alto costo de la semilla y los cuidados requeridos en la germinación y establecimiento, la práctica recomendada es establecer un semillero y luego trasplantar. Para establecer el semillero se recomiendan bandejas de 53 a 128 conos (Figura 35), con un volumen por celda de 37 a 28 cm³.

Figura 35. Plántulas en bandejas de siembra

Las bandejas de 53 orificios permiten un mayor desarrollo radicular, del follaje y, por ende, mejor calidad de la planta; sin embargo, incrementan los costos por plántula, por requerir mayores cantidades de sustrato por celda. La selección del tipo de bandeja depende del tamaño final deseado de la plantas, del costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato. Para la producción de plántulas en bandejas, es necesaria la utilización de sustrato, material que sirve de sustento a la plántula durante su desarrollo en semillero.

El sustrato es una mezcla de abono orgánico, tierra y arena, y se usa como medio para poner a germinar las semillas. Debe estar bien desinfectado para evitar el ataque de plagas y algunas enfermedades, propias de la etapa de semillero, y presentar buena humedad, para brindar las condiciones ideales de germinación de la semilla. Una forma de desinfectar el sustrato es utilizando el método de solarización del suelo.

Solarización

Consiste en la desinfestación física del suelo por medio de la utilización del sol, para lo cual se coloca una capa de suelo húmedo de 20 cm. e altura y se cubre con un plástico

transparente (Figura 36). El plástico con inhibidores de rayos ultravioleta permite el tratamiento del suelo por más tiempo y su reutilización y permanencia en el lugar durante todo el ciclo del cultivo.

Antes de colocar el plástico, el suelo debe estar preparado de modo que presente una superficie uniforme, libre de escombros y terrones. Se debe regar hasta saturarlo de humedad, el área cubierta con el plástico debe ser sellada, teniendo cuidado de enterrar las extremos del plástico. Si se producen agujeros, deben ser sellados. El plástico se debe estirar bien a ras del suelo para evitar bolsas de aire, lo que reduciría la eficiencia del proceso y facilitaría el rompimiento por el viento (Pereira, W. 2008).

Los errores más frecuentes en el manejo de la solarización son:

- No proporcionar la humedad suficiente al suelo para hacer efectiva la solarización, antes ni durante proceso.
- No cubrir adecuadamente el suelo para evitar la pérdida de humedad, lo que facilita la dispersión del calor disminuyendo la efectividad del tratamiento de solarización.
- No utilizar plástico en buenas condiciones y cubrir la era con retazos; esta actividad hace que se pierda eficiencia en el proceso (Jaramillo, *et al.* 2012).

Figura 36. Solarización del suelo

Siembra en bandejas

Para la siembra en las bandejas se coloca una semilla por sitio en el centro de cada celda y se entierran de 2 a 3 milímetros de profundidad, cubriéndolas ligeramente con el material del sustrato. La aplicación de fertilizantes líquidos en la etapa de semillero, se realiza a partir del momento en que germina la semilla, con una solución nutritiva preparada con nutrientes mayores y menores (Jaramillo, J., *et al.* 2006).

La semilla de pimentón requiere un mayor período de tiempo para la germinación y emergencia de la nueva plántula. En condiciones normales de agua, luz, oxígeno y temperatura, una semilla germina en un período de tiempo entre 8 y 10 días. El crecimiento de la planta es lento y puede durar entre 35 y 45 días en lograr un desarrollo óptimo para su trasplante (Figura 37).

Figura 37. Plántula de semillero óptima para trasplante

La semilla del pimentón es más pesada que la del tomate y otras hortalizas de su tipo. El peso por unidad varía entre 150-180 semillas/g. (Vallejo y Estrada 2004)

La temperatura óptima de germinación está alrededor de 25°C; por debajo de 13°C empieza a tener dificultades para germinar y con temperaturas superiores a 40°C no germina (Serrano, 1996).

2.3 PREPARACIÓN DE TERRENO

Si el terreno no ha sido sembrado antes o está en descanso, se debe arar y rastrillar el lote con el fin de mejorar las condiciones físicas del suelo y controlar las malezas, principalmente gramíneas o ciperáceas. La arada y la rastrillada se deben realizar a 30 cm de profundidad. Generalmente el terreno se ara y rastrilla antes de la construcción del invernadero.

Cuando el terreno ya ha sido laborado se prepara en forma manual. Es importante revisar las condiciones de drenaje al interior y exterior del invernadero, para evitar excesos de humedad en el suelo, que puedan ocasionar problemas de productividad y enfermedades al cultivo. Finalmente, se realiza el trazado de los surcos donde se trasplantará el pimentón.

Una vez trazados los surcos, se procede a marcar los sitios donde quedarán ubicadas las plantas. En éstos sitios, se hace un hueco de tamaño ligeramente mayor al volumen ocupado por el recipiente que contiene la planta que se va a trasplantar. Luego de trasplantadas, es necesario regarlas para evitar su marchitamiento. Antes del trasplante, se recomienda la aplicación de materia orgánica (gallinaza), correctivos y nutrientes, de acuerdo a la recomendación del análisis de suelo; éstos se aplican en forma localizada (Figura 38 y 39). La materia orgánica debe ser totalmente compostada y humedecerse antes del trasplante, para evitar que la descomposición de la misma queme las plantas (Jaramillo, J., *et al.* 2006).

Figura 38 y 39. Marcación de sitios para siembra de plantas y aplicación de correctivos (cal)

La preparación se puede dividir en las siguientes fases, según sean las condiciones de cada terreno:

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

- Arado: consiste en remover la parte superficial del suelo a profundidades que varían hasta los 45 cm. Se puede voltear el suelo o removerse, dependiendo del implemento que se utilice. Para el caso del cultivo del pimentón es importante tener suelos que se preparen a buena profundidad para garantizar un buen desarrollo radicular y por ende, de la planta.

- Rastrillado: con ésta práctica se pretende romper los terrones que han quedado después de la arada. Se debe realizar cuando el suelo tenga cierto grado de humedad que permita que los terrones se desmenucen.

2.4 TRASPLANTE

Se debe tener en cuenta que las plántulas regeneran raíces lentamente. El suelo debe estar en capacidad de campo previamente (Jaramillo V, J. 1988). La planta de pimentón tiene tamaño para ser plantada cuando la altura media del tallo es de 10 a 12 cm, tiene cinco a ocho hojas y su desarrollo vegetativo es evidente.

No es conveniente sembrar plantas muy desarrolladas, pues se puede defoliar y el tallo puede quedar hueco ni tampoco plantas más pequeñas de las señaladas anteriormente, pues el desarrollo es muy lento en los primeros estadios y se retrasa el cultivo. (Serrano, Z. 1996)

El trasplante se debe realizar en horas de la mañana (con menos sol). Regar abundantemente el semillero, dos o tres horas antes del trasplante, para facilitar el arranque sin dañar las raíces y para que las plantas lleguen con suficiente humedad al sitio definitivo; trasplantar plantas uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, de color verde, y erectas; las plantas listas para el trasplante deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato y que éste no se desmorone en el momento en que la plántula es sacada de la bandeja, para que cuando la planta sea trasplantada a campo, el medio de crecimiento se mantenga alrededor de las raíces (Figuras 40 y 41) (Jaramillo, J.*et al.* 2007).

El trasplante debe ocasionar mínimo daño a la plántula para que ésta continúe con el crecimiento promovido durante la etapa de semillero y rápidamente se establezca en el sitio definitivo con mínimas pérdidas de producción (Vallejo, F y Estrada, E. 2004).

El trasplante en el Oriente antioqueño

El trasplante se realiza aproximadamente a los 45 -50 días de estar en el semillero. Si es un plan un sitio de producción de plántulas en forma comercial, las plántulas llegan empacadas en cajas de cartón y se deben poner en un lugar sombreado. Para el trasplante se seleccionan las plantas más vigorosas, verdes, erguidas y sin presencia de enfermedades, además deben tener un sistema radicular bien formado.

Figura 40 y 41. Trasplante de plántulas de pimentón

Antes de el trasplante a campo se sumergen en una solución de *Trichoderma harzianum* en concentración de 2 g/l de agua para proteger la planta del ataque de microorganismos del suelo (Figura 42). Al momento del trasplante, es necesario que la planta quede

enterrada a ras del pilón de tierra que sale de la bandeja de semillero, para así evitar pudriciones de cuello. Una vez trasplantadas, es necesario regarlas para evitar estrés por agua.

Figura 42. Inoculacion de plántulas de pimentón con *Trichoderma* antes del trasplante

2.5 PODAS

En la actualidad la mayoría de los cultivos se someten a las operaciones de poda; aunque en cada uno de ellos se pueden tener objetivos diferentes. En general, la poda de las hortalizas en invernadero se dirige a dejar uno o varios tallos, eliminando determinados brotes, hojas, frutos y los chupones, que por su excesivo desarrollo no aportan a la producción de calidad (Reché J. 1998).

Con la poda se pretende mantener las plantas con la vegetación suficiente, en sus justos límites, a fin de conseguir precocidad y calidad, así como obtener, en muchos casos, una mayor producción. Es necesario tener en cuenta que dicho control y conformación del desarrollo estará siempre limitado por la fisiología de la planta. Para ello se suprimen órganos improductivos e inútiles, enfermos o que entorpezcan el desarrollo de la planta.

También se persigue con la poda, conformar la planta limitando el número de ramas y brotes para que se faciliten las labores culturales y, en ocasiones, incrementar el número de plantas al reducir el marco de plantación. Igualmente en algunas especies, con excesiva vegetación, la poda favorece la aireación e iluminación en el interior de la planta y reduce la incidencia de algunas plagas y enfermedades (Reché J. 1998 y Martínez. 2001 citado por Jaramillo, *et al*. 2012).

Antes de realizar las operaciones de poda en determinados cultivos, hay que prever la rentabilidad, pues la mano de obra necesaria puede ocasionar, la no conveniencia de llevar a cabo esta práctica. También, tras una poda muy enérgica, la planta puede sufrir trastornos vegetativos con interrupción del crecimiento. (Reché J. 1998)

Podas realizadas en el Oriente antioqueño

Poda de hojas y brotes en el tronco. Se realiza eliminando las hojas y brotes que salen de la primera bifurcación hacia la base del tallo, ésta favorece el crecimiento de las ramas que portan los frutos y según Reché (1998), no realizar ésta poda puede ocasionar retraso en el crecimiento. (Figura 43).

Figura 43. Planta con hojas y chupones listos para eliminar

Poda de la primera flor

En la base de la primera bifurcación se presenta la primera flor, la cual toma la mayoría de los nutrientes para desarrollar el fruto dejando los demás frutos con poco desarrollo, por esta razón se realiza la práctica de eliminación de la flor de la primera bifurcación, estimulando una mayor floración y, por ende, producción en el resto de la planta. Lo ideal es eliminar esta flor antes que esté ya fertilizada y se inicie la formación del fruto (Figuras 44).

Figura 44. Planta con hojas y chupones listos para eliminar

2.6 TUTORADO

El tutorado es una técnica conducente a evitar que las plantas cargadas de frutos se tumben, o que las ramas, como consecuencia del peso, se quiebren o se doblen y los frutos toquen el suelo. Con el tutorado se facilita también la ventilación de la planta, los tratamientos y la recolección de los frutos. (Nuez, *et al.* 1996)

Figura 45. Distancia del tutorado para el cultivo de pimentón

El tutorado del cultivo de pimentón bajo invernadero en el Oriente antioqueño se realiza disponiendo postes a los largo del surco a una distancia de 4-6 m (Figura 45) y pasando fibra calibre 9000 alrededor de ellos para darle soporte a la planta. El primer hilo se pone aproximadamente a los 0,30 m del suelo (Figura 46), y de ahí en adelante se colocan otras cinco hiladas dependiendo de la altura de la planta.

Figura 46. Disposición de fibra en el surco para el tutorado.

2.7 RIEGO Y DRENAJE

REQUERIMIENTOS DE AGUA EN EL CULTIVO

Las plantas absorben el agua por las raíces junto con los nutrimentos minerales disueltos que ella contiene; utilizan el agua en la fabricación de carbohidratos durante la fotosíntesis, que son usados para el transporte interno de los nutrimentos, fitohormonas y los productos de la fotosíntesis, para la formación de nuevos tejidos y en el llenado de los frutos. La mayor parte del agua se pierde por evaporación y transpiración; la transpiración también contribuye a disminuir la temperatura de la planta; los estomas se mantienen abiertos para permitir la absorción del dióxido de carbono (CO_2) necesario para la fotosíntesis.

Cualquier factor que interfiera con las tasas normales de absorción, transporte interno o transpiración puede provocar estrés hídrico en la planta. Esto se manifiesta, inicialmente en la marchitez parcial o total del follaje, sintomatología que es reversible si se puede corregir la causa. Cuando la planta se marchita, hay una reducción o cese de su crecimiento y desarrollo, con consecuencias potencialmente negativas para la producción de flores y por ende de frutos. Aunque el pimentón o Chile dulce, puede tolerar el estrés hídrico mejor que otras solanáceas (como el tomate), si el estrés dura mucho tiempo, puede resultar en daños irreversibles, tales como la caída de las hojas, de los botones florales, de las flores y, por último, de los frutos. En la Tabla 5 se presentan ejemplos de factores que provocan el estrés hídrico (CATIE, 1990).

La escasez de agua produce reducción del crecimiento en general y una absorción escasa de calcio en particular, conduciendo al desequilibrio por deficiencia de calcio, mostrado en la fruta como Blossom end rot (BER), necrosis apical o “culillo”, por otro lado, el exceso de agua causa muerte de la raíz debido a la condición anaeróbica que presenta el suelo, también hay retraso de la floración y desórdenes en la fructificación, por ejemplo partidura de fruto (Berrío, *et al.* 2007).

Tabla 5. Factores bióticos y abióticos que pueden causar el estrés hídrico en la planta de pimentón

Factores Causantes	Manejo del Factor	Efecto
Deficiencia de agua	Fácil	Reducción del crecimiento.
Exceso de sales	Difícil	Retardo de la absorción por las raíces, producido por alta tensión osmótica.
Exceso de agua en el suelo	Difícil, pero usualmente temporal	Reducción de la tasa de absorción, producida por reducción de oxígeno en el agua del suelo.
Ataque de plagas a las raíces	Variable	Reducción del área de las raíces disponible para la absorción.
Ataque de plagas a los tallos	Usualmente irreversible	Interferencia física con el transporte de agua de las raíces a las partes aéreas.
Temperatura alta, humedad relativa baja, vientos fuertes	Usualmente temporal	Incremento de la transpiración a niveles mayores que la tasas de absorción y transporte de planta.

CATIE 1990

SISTEMAS DE RIEGO USADOS EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO

El sistema de riego más utilizado en el Oriente antioqueño para cultivos de pimentón bajo condiciones protegidas, es el sistema de riego por goteo con cintas de riego, con una distancia entre goteros de 10 cm (Figura 47).

Ventajas del riego por goteo

- Proporciona una aplicación exacta y localizada del agua: se aplica con precisión a un volumen restringido del suelo, de acuerdo con la distribución de las raíces del cultivo. Reduce las pérdidas del líquido y de nutrientes más allá de la zona de enraizamiento (Fuentes, 1991; Marouelli *et al.*, 2001).
- Propicia un equilibrio entre el aire y el agua en el suelo: el volumen del suelo mojado por el riego por goteo contiene por lo general más aire (oxígeno), que el riego por aspersión (Sneh, 2006).
- Minimiza las pérdidas de agua por evaporación al disminuir la superficie humedecida por el riego por goteo.
- Evita el desperdicio de agua en los bordes de la parcela: con el riego por goteo el agua no se extiende más allá de los límites de la parcela, como ocurre con el riego por aspersión. Es posible adaptar la disposición de los goteros a las dimensiones del invernadero, independientemente de su forma o topografía.
- Disminuye la infestación de malezas: reduce el área humedecida y se limita la germinación y el desarrollo de rastrojo (Fuentes, 1991).
- Permite una aplicación integrada del agua y los nutrientes: la aplicación conjunta de los nutrientes con el agua de riego al volumen de suelo mojado disminuye las pérdidas por lixiviación, incrementa la disponibilidad de los nutrientes y economiza la mano de obra requerida para la aplicación de los fertilizantes de acuerdo con las necesidades de la planta (Yoel Bar, 2006; Marouelli *et al.*, 2001).

- No interfiere con las demás labores de campo: el humedecimiento parcial de la superficie del suelo no entorpece trabajos como la aplicación de plaguicidas, el raleo, la cosecha y demás actividades.
- No se ve afectada por el viento: a diferencia del riego por aspersión, el viento no afecta el riego por goteo, el cual puede continuar ininterrumpidamente aún bajo altas intensidades de viento.
- Reduce la incidencia de las enfermedades del follaje y de los frutos, ya que el riego no moja los tallos ni el follaje de las plantas, minimizando el impacto ambiental con el menor uso de pesticidas (Yoel Bar, 2006; Marouelli *et al.*, 2001).
- Genera un ahorro de mano de obra (Sneh, 2006; Fuentes, 1991).

Figura 47. Sistema de riego por goteo

FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE RIEGO EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO

La frecuencia de la aplicación de riego principalmente se realiza de acuerdo a la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo; necesitando más agua a medida que va creciendo, donde la mayor exigencia se dá en la etapa de fructificación, influenciado también por factores como la temperatura, la humedad relativa y la humedad del suelo. Es importante tener dentro del invernadero elementos de ayuda tales como los tensiómetros, los cuales miden la humedad del suelo y mediante la lectura de éstos podemos tomar decisiones acerca de regar o no; además de un termohidrógrafo para medir temperatura y humedad relativa.

2.8. FERTILIZACIÓN

FUNCIÓN Y DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE PIMENTÓN

Nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente que más afecta el crecimiento y la producción del pimentón; es fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucléicos, clorofila, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento.

Un adecuado nivel de nitrógeno contribuye a un fuerte crecimiento de la planta, mejora el color y tamaño del fruto (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro). Una de las funciones más importantes del nitrógeno es su acción directa sobre el incremento de la masa seca, porque favorece el crecimiento del tallo y el follaje contribuyendo a la formación de frutos.

La deficiencia de nitrógeno retrasa el crecimiento de las plantas, produce tallos delgados y hojas delgadas y erguidas. Las hojas inferiores presentan clorosis, un color verde pálido hasta casi amarillo, las hojas superiores permanecen verdes (Figura 487). Cuando la deficiencia es severa toda la planta se vuelve de un color pálido, la nervadura principal de las hojas se vuelve de color púrpura antes de desplomarse y el fruto en formación se queda pequeño.

El exceso de nitrógeno induce un excesivo crecimiento vegetativo creando un microclima favorable para una alta humedad relativa y por ende favoreciendo la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades (Jaramillo *et al.*, 2007); las hojas con exceso de nitrógeno son de color verde oscuro, afecta el desarrollo radical, perjudica la fructificación y produce además un escaso cuajado de frutos, baja calidad y cantidad de frutos y la maduración se retrasa igualmente, (Barreto *et al.*, 2002; Rodríguez y Flórez, 2004; De Alcantara, F y C Ribeiro, C. 2008). Aumenta también la susceptibilidad a daños mecánicos.

Para controlar la deficiencia de este elemento se recomienda la aplicación de úrea, ya sea en forma edáfica, foliar o por fertirriego. En el fertirriego, el nitrógeno se suministra en mayor proporción a manera de nitratos (NO_3^-) y en menor proporción en forma amoniacal, ya que permite mantener el pH estable en el sistema. En términos generales, se recomienda conservar una proporción de nitrógeno amoniacal entre 15% y 20% del nitrógeno total (Rodríguez y Flórez, 2004).

Figura 48. Retraso en el crecimiento de la planta y amarillamiento por deficiencia de Nitrógeno.
(Tomado de: http://www.agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf)

Fósforo

Al igual que el nitrógeno, es un elemento móvil en la planta, en la que actúan ligados fisiológicamente. Es esencial en la fotosíntesis, la respiración, la transferencia de energía, y en la división y el alargamiento celular; promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces, mejorando la calidad del cultivo y siendo vital para la formación de semillas, aumenta la resistencia a enfermedades y promueve el desarrollo de estructuras reproductivas y del sistema radical (Jaramillo *et al.*, 2007). Forma parte de los ácidos nucléicos ADN, ARN y de otros compuestos como el ácido fítico, importante en la germinación de las semillas y el desarrollo de la raíz. Se encuentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo (Rodríguez y Flórez, 2004).

Cuando hay deficiencia de éste elemento se observan por el envés de las hojas decoloraciones entre las nervaduras ó intervenal marrón amarillentas, así como una disminución del número de semillas, influyendo en su aparición suelos calizos, los muy arcillosos y los períodos de bajas temperaturas. La carencia se desplaza desde las hojas más bajas a las superiores (Reche, J, 2010). La deficiencia de fósforo disminuye drásticamente la floración, producción y calidad del fruto, creando raquitismo en la planta, expresada en tallos delgados y fibrosos con una coloración púrpura opaca; mientras, las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulada, con tintes bronceados o púrpuras; se presenta poca floración y cuajado de frutos. Cuando la deficiencia es muy severa se presenta un retardo en la floración, se produce caída de hojas, flores y frutos, y la maduración es tardía.

De la misma forma, la deficiencia de este elemento afecta el desarrollo (Figura 49), debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de este fenómeno es la reducción en la

Figura 49. Poco desarrollo de la planta por deficiencia de Fósforo
(Tomada de: http://www.agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf

expansión celular, razón por la cual las plantas pueden presentar enanismo (Rodríguez y Flórez, 2004; De Alcantara y Ribeiro, 2008).

Por otro lado, su exceso induce a deficiencias de micronutrientes, principalmente de zinc. (De Alcántara y Ribeiro, 2008).

Potasio

Es vital para la fotosíntesis y esencial para la síntesis de proteína, ayudando a la planta a hacer un uso más eficiente del agua. Por su efecto osmorregulador, aumenta la tolerancia a heladas, aporta notablemente a la formación y calidad de frutos, activa las enzimas, aumenta la resistencia a enfermedades, ayuda a las plantas a soportar el estrés causado por nemátodos y mejora considerablemente la calidad de los cultivos y sus cosechas.

Este elemento tiene importancia preponderante en el llenado, la firmeza y la calidad organoléptica del fruto e interfiere en la uniformidad de la maduración, incrementando la vida en estante. Las aplicaciones de Potasio (K) en pimentón son altas. Por cada tonelada de fruto de pimentón producido, se requiere que el cultivo haya removido 4,6 kg de potasio disponible en el suelo. (Rodríguez y Flórez, 2004).

Este nutriente mineral es el más abundante en el citoplasma, y su importancia fisiológica radica en el papel que juega en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas. Por otra parte, contribuye a la economía del agua porque regula la apertura estomacal, lo que es sumamente importante para la absorción de CO_2 y el control de la transpiración; así mismo, aumenta la velocidad de reacción en más de 50 enzimas y en algunos casos, amplifica la afinidad por el sustrato. Entre las enzimas sobre las cuales actúa el potasio se encuentra la piruvato quinasa, enzima esencial en la respiración y en el metabolismo de los carbohidratos (Rodríguez y Flórez, 2004).

La deficiencia de potasio puede ser similar a una deficiencia de magnesio, ya que ambas se manifiestan primero en las hojas viejas; sin embargo, la de potasio se caracteriza por una clorosis desde márgenes y puntas que se necrosan, cuando avanza la necrosis, tiene forma de “V”, los entrenudos se acortan, hay pérdidas en el rendimiento y falta de vigor en las plantas, los frutos presentan una maduración irregular, reducen su tamaño y su calidad.

La deficiencia de potasio trae como consecuencia reducciones en el potencial hídrico y en la capacidad fotosintética en la planta de pimentón; a su vez, en los frutos disminuye la acidez, aumenta la respiración y por tanto, induce su deterioro (Rodríguez y Flórez, 2004). Con fuerte deficiencia hay defoliación y enanismo. También influye en una

disminución de la resistencia a las enfermedades y de la calidad de los frutos. Se presenta, como ocurre con el nitrógeno, tras lavado excesivo del suelo, sobre todo en suelos sueltos o arenosos (Reche, J, 2010 y De Alcántara, F y C Ribeiro, C. 2008). En suelos muy ácidos, los tallos principales, los pecíolos y los pedicelos pueden mostrar lesiones de color negro opaco, siendo más comunes en las zonas cercanas a los nudos. Estas lesiones pueden conducir a marchitamiento del follaje, efectos que se pueden confundir por la toxicidad por manganeso en éstos suelos (Barreto *et al.*, 2002).

El exceso induce a deficiencias de magnesio, manganeso, zinc, hierro y calcio por desbalance.

Para la corrección de la deficiencia de éste elemento existen algunas fuentes de potasio, como son el nitrato de potasio y el fosfato de potasio, aplicados ya sea por vía foliar, edáfica o fertirrigación (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Azufre

Es esencial en la formación de proteínas, ya que hace parte de algunos aminoácidos, es uno de los componentes de las enzimas y vitaminas, siendo necesario en el desarrollo de la clorofila, que ayuda a mantener el color verde, estimula el crecimiento vigoroso y la producción de semilla. El azufre está en la planta en proporción de una parte por cada 10 o 12 partes de nitrógeno. Si no hay azufre, la planta no puede usar el nitrógeno.

Aproximadamente el 90% del azufre disponible para la planta proviene de la materia orgánica, y se puede decir que entre más alto sea el contenido de materia orgánica, menor será la posibilidad de una deficiencia de azufre. En consecuencia, los suelos arenosos bajos en materia orgánica van a responder mucho más a las aplicaciones de azufre que los suelos orgánicos.

La deficiencia de azufre en pimentón es escasa bajo condiciones de invernadero, cuando sucede, las plantas son pequeñas; los tallos son delgados, leñosos y alargados, con hojas rígidas y curvadas hacia abajo; se desarrolla una clorosis generalizada por todo el limbo foliar intervenal de color verde-amarillo a amarillo (Figura 50); los tallos, venas y pecíolos adquieren una coloración púrpura; las manchas necróticas pueden aparecer en las márgenes y puntas de hojas más viejas y sobre el tallo; además, los frutos son de baja calidad con maduración incompleta. Esta carencia es similar a la de nitrógeno, pero para el azufre los síntomas se manifiestan en las hojas más jóvenes por la poca movilidad de este elemento. En cambio, si existe exceso de este elemento en la planta, puede ocurrir una prematura senescencia de hojas. (Jaramillo, *et al.,* 2012)

Figura 50. Deficiencia de azufre en Pimentón
(tomada de: http://www.agrequima.com.gt/ images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf)

Calcio

Ayuda a los rendimientos en forma indirecta, puesto que mejora las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes. El calcio estimula la producción de frutos, y es necesario para el crecimiento de los meristemos apicales. Por ser un elemento poco móvil, su translocación es lenta y su deficiencia se aprecia rápidamente en las zonas meristemáticas.

Es un elemento esencial porque interviene en la estabilidad de la membrana plasmática y en la integridad de la célula, ya que es un componente básico de la lámina media de la pared celular en forma de pectatos de calcio. Estos últimos son los que le confieren consistencia y cierto grado de rigidez a la pared celular, ayudando a preservar la estructura de las membranas celulares al regular su permeabilidad. La presencia de pectatos de calcio en las paredes celulares protege los tejidos contra el ataque de hongos; por otra parte, es un elemento importante en el crecimiento del tubo polínico (Rodríguez y Flórez, 2004).

En frutos de pimentón, el periodo crítico para la absorción del calcio se presenta cuando la tasa de crecimiento del fruto es alta. Se presenta en las plantas de pimentón inicialmente un amarillamiento de los bordes de las hojas superiores, observándose una coloración parda oscura en el envés; las hojas en formación presentan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba y el punto de crecimiento presenta necrosis. Los tallos son delgados, débiles y quebradizos, las raíces son cortas, poco ramificadas y gruesas, y en los frutos se presenta una pudrición en el extremo apical (Figura 51), lo que comúnmente se conoce como “culillo” y se detalla tanto en frutos verdes como maduros.

Otro factor a considerar es el antagonismo entre el calcio y el magnesio: una deficiencia de calcio puede desarrollar mayor absorción del magnesio, provocando síntomas de fitotoxicidad; por el contrario, altos contenidos de calcio regulan la absorción de potasio, evitando el consumo excesivo de éste elemento (Rodríguez y Flórez, 2004).

Figura 51. Pudrición en extremo apical o “culillo” en frutos de pimentón (tomado de: http://www.agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf)

Si hay un exceso de calcio en la planta, pueden ocurrir deficiencias de potasio y magnesio por desbalance catiónico. Los factores que promueven la deficiencia de calcio en la planta son (Zeidan, 2005):

- Suelos con deficiencia de calcio o cultivos en sustrato.
- Inesperadas condiciones de estrés por agua en el suelo.
- Tensión por salinidad como resultado de la acumulación de sales en el suelo.
- Competencia con otros elementos en el suelo o en el sustrato. Exceso de K y Mg ocasionan deficiencia de Ca.
- Condiciones de humedad relativa baja y vientos calientes.
- Altas temperaturas acompañadas por humedades relativas altas.
- Sistema de raíces pobremente desarrollado.
- Variedades sensibles.
- Altos niveles de amonio (NH_4).

Las técnicas para controlar la deficiencia de calcio son (Zeidan, 2005):

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

Tanto el calcio como el boro son elementos poco móviles, y es más eficiente suministrar pequeñas dosis en forma repetida por vía foliar que en una sola aplicación grande. Es recomendable aplicar fuentes de calcio como nitrato de calcio o quelato de calcio, entre otras (Jaramillo, *et al.*, 2012).

Magnesio

Es un mineral constituyente de la clorofila, de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis, ayudando a su vez en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de la planta y la activación de numerosas enzimas. Es necesario para la formación de azúcares, propicia la formación de aceites y grasas e interviene en la translocación del almidón, razón por la que juega un papel importante en el llenado de los frutos.

Figura 52. Clorosis intervenal de las hojas por deficiencia de Magnesio (Tomado de: http://www.agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf

La deficiencia de magnesio está en las hojas más viejas de la planta, las cuales presentan clorosis marginales que van progresando hacia el centro como una clorosis intervenal; las venas permanecen verdes (Figura 52) y aparece un moteado necrótico en las hojas cloróticas (amarillas). Estas hojas se curvan hacia el haz, se necrosan y caen prematuramente, deficiencia que también se puede observar en la parte media de la planta cuando el cultivo está en su máxima producción. En casos severos se presenta la muerte de las hojas viejas, toda la planta se vuelve amarilla y se reduce la producción.

También es común la deficiencia de magnesio cuando hay conductividades eléctricas altas como resultado de grandes concentraciones de potasio. La corrección de este elemento se hace con aplicaciones en forma edáfica con sulfato de magnesio y óxido de magnesio, vía foliar con productos a base de nitrato de magnesio (Zeidan, 2005).

El suministro adecuado de éste elemento depende no sólo de la cantidad absoluta del mismo, sino también de la relación Ca-Mg. Un exceso de calcio con relación al magnesio puede inducir a una deficiencia de este último. Cuando el magnesio se disuelve en la solución del suelo, es absorbido a través del sistema radicular por difusión o intercambio iónico. La competencia con el nitrógeno, calcio y particularmente con el potasio, interfieren con la toma y absorción del magnesio. La toma rápida de fertilizantes nitrogenados (cuando están en mayor proporción que el magnesio disponible) produce deficiencia, y al igual que con los otros nutrientes no móviles; el periodo crítico de utilización del magnesio es en los primeros cuarenta días de crecimiento (Noticias Agrícolas Colinagro). El pimentón es muy sensible a ésta carencia que puede verse favorecido por la alta salinidad y los suelos arenosos (Reche, J, 2010).

IMPORTANCIA DE LOS MICRONUTRIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE PIMENTÓN

Hierro

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

La deficiencia de hierro puede tener varias causas:

- Por un desbalance con otros elementos, como el exceso de fósforo y los altos niveles de bicarbonato.
- En suelos con pH básico, porque el hierro forma compuestos insolubles no disponibles para las plantas.
- Porque en los suelos ácidos el aluminio soluble es más abundante, y restringe la absorción del hierro.

El hierro a su vez es un elemento asociado con el desarrollo de los cloroplastos, la síntesis de ferredoxina y de clorofila. La ferredoxina actúa en varios procesos metabólicos, entre ellos la fotosíntesis y la reducción del nitrógeno. En condiciones de crecimiento controladas, aproximadamente el 80% del hierro está localizado en los cloroplastos de hojas de rápido desarrollo, lo cual evidencia la importancia del hierro en la fotosíntesis. Así mismo, y debido a que es poco móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas jóvenes de la parte superior de la misma (Rodríguez y Flórez, 2004); su deficiencia se presenta en las hojas terminales, con una clorosis uniforme en los márgenes que se extiende por toda la hoja; las venas pueden permanecer verdes

dando apariencia de reticulado fino (Figura 53), se disminuye el crecimiento de la planta (con hojas más pequeñas de lo normal) y las flores se caen (aborto de la planta). Con el tiempo, la clorosis puede pasar a las hojas más viejas La deficiencia de hierro puede ocurrir por un exceso de manganeso en los tejidos de las plantas; a su vez, se puede producir toxicidad a la planta por exceso de hierro, generalmente cuando en el suelo se dan condiciones reductoras, como en el caso de los suelos inundados. Deficiencias extremas de hierro y manganeso aparecen en suelos ricos en limo y en suelos mal aireados, pues el exceso de agua y encharcamiento causan pérdida de oxígeno.

Figura 53. Deficiencia de Hierro en plantas de pimentón
(Tomado de: http://www.agrequima.com. gt/images /stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf)

Suelos con pH alto y la presencia de carbonato de Ca (cal) inducen la clorosis de hierro, incluso cuando se presenten altos niveles de hierro en la planta. El hierro se halla abundantemente en la mayoría de los suelos, pero principalmente en forma no disponible para la planta. La deficiencia de hierro aprovechable afecta adversamente el crecimiento de la planta. De otro lado, bajas temperaturas en el suelo pueden retardar la velocidad de crecimiento del sistema radicular, lo cual restringe la toma de hierro del suelo. Como norma, las deficiencias de hierro en el campo tienden a disminuir a medida que la temperatura aumenta y la humedad del suelo disminuye. El mejoramiento de la aireación fomenta mayor actividad microbiológica, con mayor crecimiento de raíces y contacto de las mismas con el hierro.

En caso de una deficiencia severa de hierro, se recomienda aplicar productos a base de quelatos de hierro al 6% en el agua de riego. La dosis debe ser recomendada por la casa productora. En general la aplicación foliar es mejor que la aplicación al suelo, ya que no es necesario meterse tanto en la química de la tierra y en los consecuentes problemas de fijación del hierro por fosfatos, magnesio y otros nutrientes (Noticias Agrícolas Colinagro).

Manganeso

Es parte de las enzimas que participan en la respiración y síntesis de proteína y sirve como un activador para una variedad de reacciones enzimáticas tales como la oxidación, la reducción y la hidrólisis. El manganeso es particularmente importante en relación con la fotosíntesis, pues puede tener influencia directa o indirecta sobre los cloroplastos, sitio donde la energía lumínica del sol se convierte en energía química.

La deficiencia de manganeso ocurre en suelos arenosos, turbosos, alcalinos y particularmente en suelos calcáreos o sobre-encalados, así como en terrenos con bajo contenido de materia orgánica.

Esta deficiencia aparece también en los brotes terminales de la planta, como sucede con la deficiencia de Fe, y se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas sobre la hoja, las cuales se unen y forman una clorosis general conservando las venas verdes formando un reticulado grueso (Figura 54).

Exceso de manganeso produce manchado café en hojas viejas rodeado de mancha clorótica. Para contrarrestarla se recomienda aplicar quelatos de manganeso al 13% en el agua de riego. (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Figura 54. Deficiencia de Manganeso en hojas de Pimentón (Tomada de: http://www.agrequima.com. gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf

Zinc

Es indispensable en la formación de clorofila y componente esencial de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento. Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes, dá resistencia a las plantas de pimentón a bajas temperaturas (heladas). El zinc, asociado con el magnesio, boro y calcio, aumenta la fortaleza de la membrana celular de las raíces actuando como obstáculo a la penetración de organismos patógenos.

Cuando hay deficiencia de éste elemento la planta presenta entrenudos delgados y cortos, dando a la misma una apariencia de roseta; las hojas son pequeñas y gruesas, con manchas cloróticas irregulares de color verde amarillo (Figura 55) y áreas necróticas; y los tallos tienen entrenudos cortos; los peciolos de las hojas se rizan hacia abajo y también se enrollan completamente, y las hojas basales muestran clorosis café anaranjado; hojas en forma de lanza, se produce aborto de flores y los frutos que se desarrollan permanecen pequeños, madurando prematuramente. El exceso de fósforo puede inducir deficiencias de zinc, ya sea que la interacción entre estos dos ocurra en el suelo o en el proceso metabólico dentro de la planta. Las aplicaciones altas de fosfatos restringen su absorción; el elemento se combina con los fosfatos solubles para formar fosfatos de zinc, que no son rápidamente solubles. Al mismo tiempo, suelos calcáreos, orgánicos o inundados propician la deficiencia de zinc, sumando que el bajo contenido de materia orgánica en el suelo es un factor que puede contribuir a dicha deficiencia (Noticias Agrícolas Colinagro).

El hierro o el manganeso (tanto en exceso como en escasez) pueden ser factores que contribuyen a las deficiencias del elemento. La toxicidad por zinc se manifiesta una reducción del crecimiento de la raíz (Noticias Agrícolas Colinagro).

Figura 55. Deficiencia de Zinc en plantas de pimentón (Tomado de: http://www.agrequima.com. gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf

Boro

Actúa en la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas; interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico y el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación (ITAA, 2004).

Si bien es cierto que la cantidad de boro necesaria para el metabolismo es mínima, su carencia es muy frecuente debido, entre otros factores, a su escasa movilidad dentro

de las plantas, aún bajo condiciones de suficiente disponibilidad edáfica del elemento. Su mayor concentración se encuentra en las hojas inferiores de la planta, en donde parece quedar fijado. A medida que la planta crece la concentración disminuye en las hojas jóvenes, puntos de crecimiento y frutos. Cuando hay deficiencia se manifiesta generalmente en las hojas nuevas, las cuales permanecen pequeñas y se deforman enroscándose hacia adentro, con manchas cloróticas de color amarillo naranja y venas amarillas; además se ve proliferación de rebrotes en formación de rosetas, afectándose el punto de crecimiento, el que se necrosa y muere, deteniendo completamente su desarrollo (Figura 56). También se presentan tallos cortos, gruesos y rígidos, y hay caída de flores y frutos con áreas corchosas alrededor del punto de abscisión. El sistema radicular es muy pobre, grueso y poco ramificado, de color amarillento o café (ITAA, 2004).

Con niveles ligeramente por encima de los necesarios para el desarrollo normal, se puede producir toxicidad en la planta. Los síntomas comienzan con un color amarillento de la punta de las hojas y sigue con necrosis desde la punta superior de una hoja y bordes hasta el centro de la misma (ITAA, 2004).

Figura 56. Deficiencia de boro en plantas de pimentón http://www.agrequima.com. gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf

Factores que afectan la disponibilidad de boro en el suelo

La disponibilidad de boro para la planta está afectada tanto por los factores que favorecen su fijación como por aquellos relacionados con el clima, material parental, interacciones con otros elementos, materia orgánica y textura del suelo. Los factores relacionados con la baja disponibilidad de boro son: (Jaramillo *et al*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

- Escasa movilidad del boro en las plantas.
- Tendencia a la lixiviación.

- Adsorción a los coloides.
- No disponibilidad en épocas de sequía.
- Nivel de cal y pH: el encalado disminuye la disponibilidad de boro por fijación de los hidróxidos de hierro y aluminio recién precipitados.
- Interacción con otros elementos: en suelos con alto contenido de calcio se presentan generalmente deficiencias de boro, las que también se han inducido al aplicar tasas elevadas de potasio y nitrógeno.
- Clima: cuando el suelo está demasiado seco se produce una retención de boro. Se cree que el secamiento favorece la sustitución de boro por aluminio, pero por otra parte la falta de agua reduce la mineralización de la materia orgánica y, así mismo, el suministro de boro.
- Textura: los suelos arenosos son generalmente más bajos en boro.

Teniendo en cuenta éstos múltiples factores, investigadores de diversos lugares del mundo desarrollaron las formulaciones y metodologías para hacer altamente eficiente la aplicación de boro mediante el suministro foliar. Esta práctica, como medio para prevenir o corregir deficiencias de boro, ha resultado ser la mejor alternativa, y su uso se está extendiendo en prácticamente todos los cultivos de las principales zonas agrícolas del mundo.

Las ventajas de la aplicación foliar de boro son múltiples, entre las que se destaca: la formulación líquida con equipos aéreos o terrestres mediante sistemas de riego; ser compatible con la mayoría de plaguicidas, coadyuvantes de uso agrícola o con otros nutrientes de aplicación foliar aprovechando las aplicaciones convencionales requeridas en los cultivos. (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

Se requieren cantidades mucho menores por unidades de superficie en comparación con la aplicación edáfica, y dada la eficiencia de su absorción por vía foliar, se garantiza la eliminación de factores de pérdida como son la lixiviación, la precipitación, la adsorción, y la no disponibilidad en épocas de sequía.

Debido a su velocidad de absorción por vía foliar, se pueden corregir en forma inmediata los síntomas de carencia tanto en plantas anuales como perennes, garantizando un suministro oportuno del nutriente a los cultivos en fase de activo crecimiento, incluso bajo condiciones de estrés (Jaramillo *et al.*, 2007; Noticias Agrícolas Colinagro).

Cobre

El cobre está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción, induciendo a la formación del polen viable, por lo cual su

más alta demanda se presenta en la floración. Actúa conjuntamente con el manganeso y el zinc en la utilización y movilización de otros nutrientes, aportando al desarrollo de las raíces y a la formación de proteínas y enzimas. El cobre cumple las funciones de acrecentar el sabor en los frutos y aumentar la capacidad de almacenamiento, la resistencia al transporte y el contenido de azúcares.

Cuando hay deficiencia de cobre, las hojas jóvenes de la planta son pequeñas, pálidas y distorsionadas, se enroscan hacia arriba y los brotes son atrofiados, mientras que también se ve un desarrollo muy deficiente de la raíz; de la misma manera, se producen lesiones necróticas oscuras sobre la vena principal, hay una mínima o nula producción de flores y en casos severos la planta puede presentar enanismo y clorosis.

El exceso de este elemento produce una reducción del desarrollo de la raíz y se observa clorosis similar a la deficiencia de hierro, probablemente como consecuencia de una deficiencia inducida de éste elemento al reducirse por competencia la absorción del mismo hierro.

La corrección de deficiencias de cobre se puede hacer utilizando varios compuestos, como los sulfatos cúpricos, el oxido cuproso y los quelatos de cobre, entre otros, los cuales se pueden aplicar al suelo por vía foliar o por fertirrigación.(Jaramillo, *et al.* 2012)

Molibdeno

Es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del acido abscísico en la hormona ABA, regulador del crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico; así mismo, induce efectos positivos en la formación del polen viable al momento de la floración y fecundación.

La deficiencia de éste elemento se presenta en las hojas más viejas, mostrando una clorosis entre las nervaduras; los márgenes de las hojas se enroscan hacia arriba, las venas de las hojas también son cloróticas y en casos severos se presenta necrosis de ellas. El molibdeno es el único nutriente que muestra más problemas de deficiencia en suelos ácidos que en suelos alcalinos; en otras palabras, entre mas ácido sea el suelo, mas necesario es el molibdeno. (Jaramillo, *et al.* 2012)

Cloro

Está involucrado en la apertura de los estomas y por tanto interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros, por lo que casi nunca es necesario hacer aplicaciones de éste elemento. No obstante, la ausencia de cloro se manifiesta en una reducción de área

foliar y en la masa seca de la planta, lo cual es el resultado de la disminución de las tasas de división y de extensión celular (Rodríguez y Flórez, 2004).

Dados los bajos requerimientos de la planta por éste elemento, es prácticamente imposible que se produzca deficiencia de cloro en condiciones normales; por el contrario, mas importante es el exceso de contenido en la planta que se produce por un nivel muy alto de salinidad en el suelo. Los síntomas son: quemadura de ápices y de borde de la hoja, bronceado, amarillamiento progresivo y caída de flores (Jaramillo, *et al.* 2012).

Níquel

Este es el último elemento adicionado a la lista de elementos esenciales para las plantas. Su importancia radica en que hace parte de la enzima ureasa que disocia la urea en CO_2 y NH_4+. En plantas con deficiencia de níquel, la concentración de úrea aumenta en las hojas hasta niveles tóxicos. La esencialidad de éste elemento fue demostrada en cebada, donde se encontró que después de tres generaciones sin níquel las semillas eran incapaces de germinar y presentaban deformaciones anatómicas. En general, el níquel tiene un papel relevante en el metabolismo de la úrea y de los ureidos, en la absorción del hierro, la viabilidad de las semillas, la fijación del nitrógeno y en el desarrollo reproductivo (Jaramillo, *et al.,* 2012).

DISPONIBILIDAD Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO

La necesidad de fertilizantes por parte del cultivo va a depender de la disponibilidad de nutrientes del suelo, del contenido de materia orgánica, humedad, variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo. Por esto, las aplicaciones de fertilizantes estarán sujetas al resultado del análisis químico del suelo, análisis foliares y observaciones de campo. Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y épocas precisas para el cultivo. (Jaramillo, J., *et al.,* 2006)

El cultivo de pimentón es un cultivo exigente en nitrógeno y fósforo durante las etapas iniciales de establecimiento e inicio de la floración, durante la época del cuajamiento y llenado de los frutos aumentan las extracciones de potasio, calcio y boro.

Un adecuado plan de nutrición se debe ajustar a los requerimientos del cultivar, condiciones de fertilidad y disponibilidad de los elementos en el suelo, sustrato de crecimiento, intensidad en el manejo del cultivo en términos de densidad de siembra, control de variables climáticas especialmente luz, temperatura, precipitación y expectativas de rendimiento por planta o por unidad productiva. (Vallejo, F y Estrada, E. 2004).

El pimentón es una especie de altos requerimientos de nitrógeno y potasio. Las recomendaciones deben ser realizadas de acuerdo a un análisis de suelo, disponibilidad de nutrientes y rendimientos esperados (Figura 57).

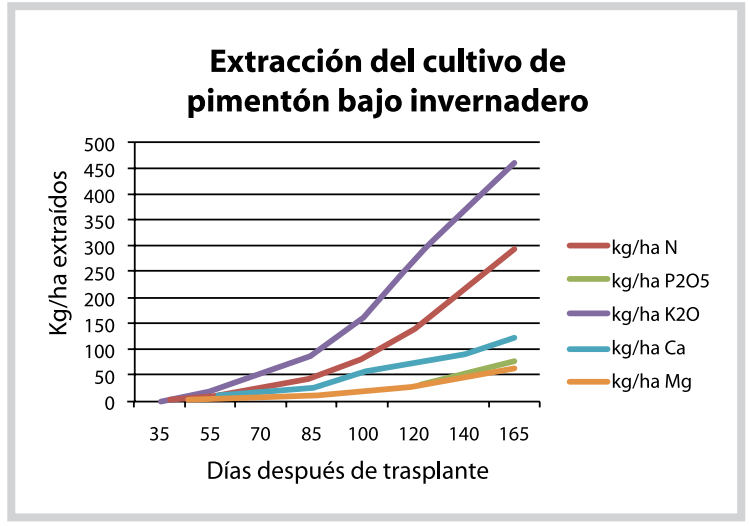


Figura 57. Extracción acumulativa de nutrientes en el cultivo de pimentón bajo invernadero para una producción de 100 t/ha. Tomado de Nuez, *et al.* 1996

Se puede observar que la extracción de potasio empieza a aumentar alrededor de los 60 días y es mayor hacia las épocas de producción del cultivo, siendo un elemento muy necesario para obtener un buen llenado de fruto y por consiguiente un buen peso. La extracción del nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio empieza a aumentar desde los 80 días aproximadamente. Desde el inicio del cultivo se debe realizar aplicación de fertilizantes completos para que las plantas tengan los nutrientes necesarios, teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos realizados previamente.

LIMITANTES EN EL CULTIVO PARA LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

Factores que afectan la habilidad de la planta para absorber nutrientes, según Lora (1984) citado por Jaramillo, *et al.,* 2012

Los factores que afectan la habilidad de las plantas para absorber nutrientes son los siguientes:

- Concentración de oxígeno en la atmósfera del suelo: Una pobre aireación inhibe la absorción de muchos nutrientes y afecta el estado de oxidación de algunos de los nutrientes esenciales. La anoxia elimina efectivamente el transporte activo y la

ausencia de O_2 inhibe la fosforilación oxidativa y el transporte de electrones, lo cual sugiere el envolvimiento de éstos procesos en el transporte iónico.

- Temperatura del suelo: la absorción de nutrientes está relacionada con la actividad metabólica, lo cual a su vez es dependiente de la temperatura. Por ejemplo, es requerida con mayor frecuencia una mayor concentración de la solución de un nutriente para una máxima rata de crecimiento en suelos fríos que en suelos calientes, lo que es cierto en el caso del fósforo. Vale resaltar que el proceso de transporte de iones es fuertemente dependiente de la temperatura, y el transporte neto es esencialmente reducido a temperaturas cercanas a cero.

- Reacciones antagónicas que afectan la toma de nutrientes: incluso cuando la concentración de un nutriente en la superficie de la raíz es posiblemente el factor más crítico que afecta la rata de absorción bajo condiciones normales, pueden ser igualmente importantes reacciones antagónicas entre nutrientes. Existen interacciones entre las cuales se pueden citar algunas como zinc-fósforo, zinc-nitrógeno, hierro-fósforo, cobre-fósforo, molibdeno-fósforo, molibdeno- azufre, zinc-magnesio, boro-calcio, zinc-calcio, hierro-molibdeno, cobre-hierro, cobre-molibdeno y cobre-zinc.

- Sustancias tóxicas: cualquier sustancia que interfiera con los procesos metabólicos de la planta puede afectar la toma de nutrientes por la misma. Tales sustancias pueden incluir altas concentraciones de Mn y Al en suelos ácidos, así como sales solubles, exceso de B y metales pesados, entre otros. Existen a su vez numerosos inhibidores de absorción de iones, entre los que encontramos compuestos como algunos arsenatos, fenilhidrazones, cloranfenicol, malonatos, transaconinatos, arsenitos, fluoruros y fluoracetatos.

- Enfermedades que afecten el normal desarrollo fisiológico de las plantas, especialmente de las raíces, como nematodos, bacteriosis y hongos del suelo como *Fusarium*.

- Exceso o deficiencias hídricas en el suelo.

- Textura y estructura del suelo, ya que de éstas depende en gran parte el desarrollo de un buen sistema radicular. A mayor área de enraizamiento, mayor absorción de nutrientes por la planta.

ANÁLISIS DE SUELO PARA CONOCER LAS NECESIDADES DE NUTRICIÓN

El análisis de suelos es una herramienta que se utiliza como referencia para el manejo de la fertilidad, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización o para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, permitiendo un uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos como de enmiendas (ICA, 1992).

Todavía esta práctica no es usada ampliamente por los productores debido al desconocimiento que existe sobre la manera correcta de tomar las muestras para el análisis y la falta de información sobre la disponibilidad de laboratorios, así como su costo. Sin embargo, en el campo es de primordial importancia realizar un correcto muestreo del suelo para que sea representativo del área o lote del que se desea la información.

TOMA DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS

La toma adecuada de las muestras de suelos para su análisis, tiene tanta importancia como la exactitud de las determinaciones de laboratorio o el criterio de interpretación de resultados.

¿Qué es una muestra representativa de suelo?

Una muestra de suelo es una mezcla de varias submuestras más pequeñas, obtenidas en distintas partes de un lote hasta cubrir toda el área del terreno.

Cuando se toma una muestra de suelo, se deben recoger suficientes submuestras en toda el área del terreno para asegurar una información más precisa de nivel de fertilidad del área en estudio.

La muestra de suelo debe pesar aproximadamente un kilogramo, cantidad que puede representar cinco o diez hectáreas de terreno, que contienen por lo menos 20 millones de kilogramos de suelo en la capa arable. Por lo tanto la porción del suelo representativa del lote se debe tomar muy cuidadosamente para que represente el área total.

Una muestra que se recoge en un sólo punto del terreno, dará información únicamente acerca de este punto y no acerca del área total; la muestra de suelo debe incluir, por lo menos a 20 lugares diferentes del campo o área de 10 hectáreas o más. Una muestra que incluya muy pocos puntos del área puede dar información falsa sobre la fertilidad general del terreno, y las cantidades de cal y de fertilizantes que se recomiendan sobre esas bases pueden ser erradas.

Las muestras de suelo se deben tomar dos a tres meses antes de sembrar. En esta forma se obtendrá la información del análisis de suelo con tiempo suficiente para obtener los fertilizantes necesarios, hacer las aplicaciones de cal oportunamente e ir construyendo un plan de fertilización adecuado para el cultivo de pimentón, de acuerdo a las necesidades del cultvo. Para el caso de pimentón bajo invernadero es recomendable realizar análisis de suelos cada que el cultivo termine su ciclo de producción.

El momento más oportuno para la obtención de las muestras es cuando el suelo tiene el grado de humedad adecuado para las labores agrícolas. Si hay necesidad de ella cuando el suelo esté muy húmedo, se extienden sobre papel limpio o sobre un plástico y se secan al aire a temperatura ambiente, antes de enviarlas al laboratorio. Se debe evitar el uso de calor artificial para acelerar el secamiento de las muestras. (ICA, 1992)

Pasos a seguir para el muestreo de suelos

- Recorrer el invernadero en zigzag y cada 15 o 30 pasos tomar una submuestra (Figura 58). La recolección se hace con pala o barreno.

- Limpiar la superficie del terreno (los dos primeros centímetros de tierra), tomar la muestra y depositarla en un balde (Figura 59).

- Las submuestras para el cultivo de pimentón deben ser tomadas entre 20 y 30 cm de profundidad, cavando un hueco en forma de “V”, cuyo tamaño aproximado sea el ancho de la pala.

- Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por invernadero) se mezclan homogéneamente y se toma aproximadamente 1 kg.

- Empacar en una bolsa limpia y enviar al laboratorio lo antes posible. (ICA, 1992)

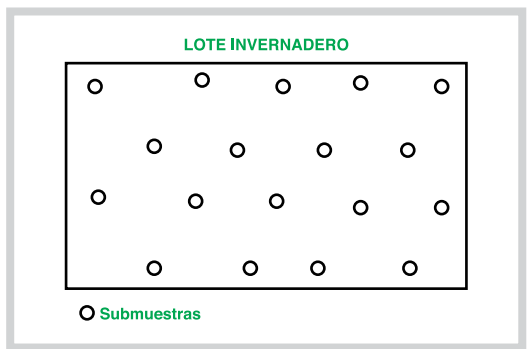


Figura 58. Toma de submuestras en el lote

Figura 59. Toma de muestras para análisis de suelos

Cuando se usan barrenos o sacabocados (Figura 60), al final de las 15 o 20 perforaciones ya se ha obtenido la tierra necesaria para formar un volumen alrededor de un kilogramo de peso. En cambio cuando se saca la muestra de tierra con pala, la tierra recogida constituye una cantidad demasiado grande para la muestra. Una combinación de varias submuestras pequeñas, cada una seleccionada de una parte homogénea del total, dá información más precisa que una simple muestra más grande.

Para identificar la muestra se debe colocar el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, numero de muestra y lote, superficie que representa, y algunas informaciones complementarias como: pendiente del terreno, riesgo de encharcamiento, color del suelo, tipo de vegetación, cultivo anterior, rendimiento obtenido, disponibilidad de residuos, tipo de fertilizantes usados, si se aplico o no cal y su forma y época de aplicación. Idealmente, la frecuencia de muestreo debe hacerse cada ciclo o cada año como mínimo. (ICA, 1992)

Figura 60. Toma de submuestra con barreno

Interpretación

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

Elementos relacionados con la interpretación de resultados de análisis de suelos:

- pH: en la Tabla 6 se pueden observar las consecuencias de acuerdo a los valores de pH que se obtengan en el análisis de suelo.

- Acidez intercambiable: en la mayoría de los suelos está constituida por el Al y el H intercambiables. En los suelos minerales predomina el aluminio. Generalmente, a valores de pH por debajo de 5 en suelos orgánicos, existen problemas con el aluminio.

- Materia orgánica: La materia orgánica es fuente principal de nitrógeno, fósforo azufre y algunos elementos menores, además mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad amortiguadora y tiene gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico.

- Capacidad de Intercambio Catiónico: < 100 meq/100g (baja); 10-20 meq/100g (media); >20 meq/100g (alta) (ICA, 1992).

Tabla 6. Consecuencias de acuerdo a los valores de pH obtenidos en el análisis de suelo

pH	Consecuencias	Recomendaciones
< 5,5	Posible toxicidad del Al y Mn. Posible deficiencia de P, Ca, Mg y Mo	Necesario encalar
5,5 - 5,9	Solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg	Algunos cultivos como leguminosas necesitan encalar
6,0 - 6,5	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos	
6,6 - 7,3	Buena disponibilidad de Ca, Mg, moderada disponibilidad P y baja disponibilidad de micronutrientes excepto Mo.	
7,4 - 8,0	Posible exceso de carbonatos, baja solubilidad del P y micronutrientes a excepción de Mo.	Se inhibe el crecimiento de varios cultivos. Tratar el suelo con enmiendas
> 8,0	Intercambiable	Enmiendas

Fuente: ICA, 1992

FUENTES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA

Dentro de los fertilizantes usados en el cultivo de pimentón se encuentran los fertilizantes edáficos fosfato diamónico (18-46-0); Nitrato de potasio (13-0-44); 10-20-20; 10-30-10; 15-15-15 y fuentes de elementos menores, entre otros.

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

Algunos de los fertilizantes que se pueden usar para estos fines son:

Como fuentes simples: Nitrato de calcio (15-0-0-26), Nitrato de potasio (13-0-44), Ácido fosfórico (0-52-0), Sulfato de magnesio técnico (16% MgO y 13% S) o productos quelatados, entre otros.

Entre los fertilizantes foliares se encuentran el Calhard y Klip Calcio Boro Fertall PK (0-39-52), calciphite (0-19-9), entre otros.

TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las cantidades de fertilizante a aplicar estarán directamente afectadas por los resultados del análisis de suelos, de acuerdo a esto se pueden hacer las siguientes aplicaciones:

Al menos un mes antes de la siembra se deben aplicar los correctivos o enmiendas al suelo si es necesario, el día del trasplante se aplican 40 gramos por sitio de micorrizas para ayudar a fortalecer el sistema radicular de las plantas.

Dos semanas después del trasplante se realiza una fertilización con un fertilizante completo y una fuente de elementos menores.

Se puede alternar conjuntamente con un plan de fertirriego ya sea con fórmulas completas o con fuentes simples, aplicando todos los días; no se deben mezclar el Calcio y el Fósforo.

Adicional a estas fertilizaciones se realizan fertilizaciones foliares con aportes de calcio y boro alternadas cada quince días con aportes de fósforo y potasio.

2.9. PREVENCIÓN Y MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE PIMENTÓN BAJO INVERNADERO EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO

COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

El manejo integrado de plagas es una estrategia que involucra componentes como el seguimiento y los controles legal, natural, cultural, mecánico, etológico, biológico y químico.

Seguimiento

El fundamento del MIP es el manejo de poblaciones que se necesitan medir de alguna forma. El seguimiento de éstas es una práctica fundamental para determinar si las poblaciones o las condiciones para que las poblaciones de las plagas se presenten, ameritan aplicar uno o varios métodos de control.

Control legal

El control legal incluye la aplicación de medidas de combate que pueden ser o no de tipo preventivo, pero que siempre están basadas en disposiciones legales. Consiste en el establecimiento de leyes, decretos, normas o disposiciones legales de carácter nacional, departamental y municipal (e incluso a nivel de fincas) encaminadas a evitar la introducción, establecimiento o diseminación de plagas en un país, región o cultivo.

El control legal tiene como objetivos:

- Evitar, en lo posible, la introducción o el arraigo de plagas procedentes de otros países.
- Evitar o retardar dentro del mismo país la dispersión de plagas localizadas en áreas restringidas.
- Reforzar y coordinar a nivel regional el combate de los insectos.
- Asegurar la calidad y eficiencia de los productos químico-biológicos (Otero, 1989).

Control natural

Es el conjunto de factores que regulan las poblaciones de las plagas y de organismos en general. Todas las poblaciones de insectos se autorregulan naturalmente y muestran, en su mayoría, una estabilidad considerable durante un periodo definido en cualquier ecosistema.

El control natural que se dá por la combinación de factores bióticos y abióticos naturales, es muy específico a cada especie de insecto y depende de condiciones climáticas

favorables, siendo muy susceptible a las intervenciones del hombre, quien en muchas ocasiones es el responsable de su destrucción.

El método natural es indispensable para el control racional y rentable de los insectos dañinos, lo que ayuda a reducir las poblaciones de seres perjudiciales reales y se convierte en la base fundamental para la prevención de problemas potenciales.

Los enemigos naturales de los insectos son de los factores más importantes de la protección de cultivos, ya que dependen y se ven afectados por cambios en la densidad de la plaga o de los hospederos (plantas). La eficiencia del control obedece a la capacidad controladora y a la cantidad de enemigos que se encuentren en el medio ambiente; sin embargo, un enemigo natural altamente eficiente no requiere de una densidad de población muy grande para mantener el control de la plaga.

Todos los procedimientos de control natural, si se interfieren, tienen consecuencias desastrosas e irreparables (Schotman y Lacayo, 1989).

Los principales agentes de control natural son:

Factores bióticos

Son todos aquellos organismos presentes en el agro ecosistema que actúan bajo condiciones ambientales específicas en forma natural sobre las plagas, regulando sus poblaciones. Se clasifican en parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Barfield, 1989).

Los parasitoides son organismos que se desarrollan en un solo hospedero al cual matan al término de su desarrollo, con un grado de especificidad alto, siendo uno de los controles más eficientes dentro de los controles naturales. Los insectos parasitoides en su estado adulto son muy activos, ya que deben localizar a su presa y parasitarla al colocar sus huevos dentro o sobre ella. Los depredadores son organismos generalmente artrópodos y vertebrados (pájaros), que consumen parte o todo el insecto plaga para alimentarse. Consumen varios individuos en el transcurso de su vida y son activos buscadores de su alimento.

Los entomopatógenos son microorganismos capaces de provocar epidemias en las plagas al matar a su hospedero, liberando posteriormente millones de individuos que son dispersados por el agua, el viento u otros insectos. En algunos casos el control por parte de estos microorganismos puede llegar casi a la totalidad, en tanto que en otros se genera un efecto de debilitamiento que hace que las plagas sean más susceptibles a diversos factores de mortalidad.

Factores abióticos

Son todos los factores ambientales que pueden intervenir directa o indirectamente sobre las poblaciones de los organismos fitopatógenos. De manera directa, los factores abióticos provocan cambios en el número de insectos al influir sobre su longevidad, crecimiento, reproducción, dispersión y comportamiento; de manera indirecta afectan a las plantas hospederas (floración, crecimiento, fructificación) y a los enemigos naturales de las plagas. Entre los más importantes están la lluvia, las temperaturas extremas y la saturación de agua en el suelo. La aplicabilidad del control natural se refuerza con las labores del cultivo, que hacen parte del control cultural.

Control cultural

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de prevenir el ataque de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos o disminuir sus daños. No se trata de medidas tomadas de improviso ante la presencia de la plaga sino que, por el contrario, normalmente corresponden a una planificación previa dentro del proceso normal de producción agrícola, lo que hace que tengan un efecto extendido en el tiempo sin que aumenten los costos de producción ni se contamine el ambiente, además de ser compatibles con otros tipos de control (Cisneros, 1980).

Control mecánico

Es una serie de procedimientos que realiza el hombre para manejar las plagas, tanto a nivel preventivo como curativo. El control mecánico es sencillo, económico cuando no requiere de excesiva mano de obra y compatible con otras técnicas de control. Este control recurre al uso de métodos como la remoción y destrucción manual de insectos y órganos de las plantas afectados. Es el procedimiento más antiguo de control de plagas en la agricultura (Cisneros, 1980).

Control físico

Consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, insolación, fotoperíodo o radiaciones electromagnéticas en intensidades que resulten letales para los insectos. El fundamento del método es que las plagas solamente se pueden desarrollar y sobrevivir dentro de ciertos límites de los factores físicos ambientales, puesto que más allá de los límites mínimos y máximos, las condiciones resultan letales. Los límites oscilan según las especies de insectos, y para una misma especie según su estado de desarrollo. Así mismo, los extremos de cada factor varían en interacción con los valores de los otros factores ambientales y con el estado fisiológico del insecto. Los insectos en diapausa, por ejemplo, son capaces de soportar condiciones que resultarían letales para los individuos que no se encuentran en ese estado.

La efectiva manipulación de los agentes físicos del medio solo es posible en ambientes cerrados que se puedan utilizar para combatir las plagas de productos almacenados (Cisneros, 1980).

Control etológico

La posibilidad de manipular el comportamiento de plagas insectiles e insectos benéficos mediante el uso de mediadores químicos, ha adquirido un lugar novedoso y prometedor entre los recursos disponibles al manejo integrado de plagas y enfermedades. El aprovechamiento del comportamiento de las plagas para su vigilancia o para su captura masiva se denomina control etológico, en el que los insectos se desenvuelven en su ambiente respondiendo en forma característica y a menudo estereotípica a una diversidad de señales o estímulos visuales físicos o químicos. Aquellos compuestos químicos que emanan de un organismo y actúan en otro evocando una determinada respuesta, juegan un papel crucial como reguladores del comportamiento insectil y se han denominado semioquímicos; entre ellos están las feromonas sexuales, los atrayentes, repelentes e inhibidores de alimentación (Chiri, 1989).

Trampas

Son instrumentos de captura de insectos que se valen de materiales impregnados con un producto pegajoso que presenta un color atractivo a los insectos, o de trampas propiamente dichas (trampas de luz) que detienen los insectos, con una efectividad en el control de trips bajo invernadero (trampas pegajosas azules) y de mosca blanca (trampas pegajosas amarillas).

Barreras físicas

La mejor alternativa que hay para el control de plagas es impedir la entrada de las mismas al interior del invernadero, lo que se logra con la instalación de mallas anti-insectos ubicadas en el exterior del mismo; éstas mallas tienen orificios muy pequeños (entre 25 y 50 mesh), lo que evita la entrada de las formas adultas de minadores, áfidos, mosca blanca y trips, vectores de virus. La alta densidad de trama de estos materiales acentúa la deficiencia de ventilación, que suele ser un problema en condiciones cálidas. Igualmente, por el tamaño de los pequeños orificios de la malla se va tapando por el polvo, por lo que se hace necesaria una limpieza frecuente. En el caso de usar mallas más densas, que son las de trips, la superficie de ventilación se puede ver reducida a la cuarta parte disponible en el invernadero (Cisneros, 1980; Howell, 1989).

Control biológico

Realizado por el hombre (característica que lo diferencia del control natural), quien introduce o aumenta los enemigos naturales de los insectos plaga para reducir la densidad de población de las plagas. El control biológico se fundamenta en el hecho de

que toda plaga en su lugar de origen tiene enemigos naturales, por lo que el hombre debe intervenir para restablecer nuevamente la armonía ecológica propia de los ecosistemas naturales. Dadas las condiciones particulares de algunas regiones, la población de las plagas en su posición de equilibrio supera ampliamente la de los enemigos naturales, siendo necesario recurrir a medidas complementarias que garanticen un control efectivo. Este mecanismo regulatorio es más barato, permanente y económicamente deseable, ya que los riesgos de efectos colaterales son menores, no causa daños al medio ambiente, es eficiente en áreas relativamente grandes, eleva la diversidad de especies en el ecosistema y normalmente es compatible con otros tipos de control (Cisneros, 1980).

El éxito de éste tipo de control depende de una rápida adaptación del organismo introducido a las condiciones climáticas locales, de una coordinación de ciclos con las plagas y de buenas prácticas agrícolas (BPA) que permitan su conservación. Sumado a ésto, el método presenta limitaciones intrínsecas y extrínsecas, que obligan a combinarlo con otros tipos de controles para el exitoso combate de las plagas.

El control biológico incluye al igual que el control natural– parasitoides, depredadores y patógenos de una gran especificidad hacia las plagas que se pretenden controlar. Para que un organismo sea un buen controlador debe poseer alta movilidad y gran capacidad reproductiva, adaptándose a las condiciones ambientales del medio donde ha de ser liberado. Los parasitoides de las plagas son insectos que completan su desarrollo o parte de él a expensas del cuerpo de otro insecto (hospedero), al que atacan causándole la muerte; los depredadores son insectos u otros animales que causan la muerte a su presa, consumiéndola total o parcialmente; y los patógenos son microorganismos (hongos, bacterias, rikettsias, protozoarios, nematodos y virus) (Cisneros, 1980; Bustillo, 1989).

Algunos métodos de control biológico ampliamente utilizados son el hongo Beauveria bassiana (Bauveril), la bacteria Bacillus thuringiensis (Dipel, Turilav.) y la liberación en los cultivos del parasitoide de huevos de Trichogramma sp.

Control con extractos vegetales

Otro método usado en este tipo de control lo constituyen los biopreparados, que pueden ser utilizados también en el control de plagas o como estimulantes de crecimiento, para lo cual se emplean los extractos de algunas plantas de gran actividad bioquímica como controladores naturales de insectos. Se destacan especies como ruda, albahaca, caléndula, ají, ajo, flor de muerto y diente de león, entre otras.

Control químico

El control químico hacia los seres invasores es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas insecticidas. Los

compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de pesticidas o plaguicidas.

El uso de plaguicidas químicos debe ser justificado y racional, de acuerdo con criterios técnicos basados en seguimientos sistemáticos y teniendo en cuenta los umbrales de daño para cada cultivo (cuando se disponga de ellos), nunca por aplicaciones calendario. Por tanto, se debe contar con una asesoría técnica de personal idóneo en éste tema y seguir las recomendaciones de la etiqueta. Es necesario identificar el problema y definir claramente la necesidad o no de un control químico.

Cuando el control químico sea necesario se debe tener la identificación correcta de la plaga que ocasiona un mayor daño en el cultivo y la fase de su ciclo biológico. El conocimiento de la fenología del cultivo es muy importante para el manejo integrado de plagas, ya que la susceptibilidad del cultivo al daño por los organismos plaga varía según su estado de desarrollo.

PLAGAS

Áfidos o pulgones *(Aphis gossypii, Macrosiphum euphorbiae, Myzus persicae)*

Los áfidos o pulgones son insectos que tienen forma de pera, protuberancias en el abdomen y cuerpo flexibles. Su apariencia se mantiene similar en las formas inmaduras (ninfas) y el estado de adulto el cual aparece con o sin alas. Algunas especies presentan reproducción vivípara sin requerir apareamiento para la reproducción.

Aphis gossypii (Sulzer 1776): el cuerpo de los adultos tiene alrededor de 2 mm de largo, es de color verde pálido en temporada cálida y seca, y rosado en temporadas más frescas.

Macrosiphum euphorbiae (Thomas 1878): los adultos, tienen cuerpo de entre 2,5 y 3,5 mm de largo y su color varía entre rosa, rosa-verde moteado, y verde claro con una raya oscura.

Myzus persicae (Sulzer 1776): conocido como áfido verde, es una de las especies de áfidos más comunes en pimentones. Su tamaño como adulto oscila entre 1,6 y 2,4 mm y son de color amarillo pálido a verde.

Síntomas y daño al cultivo

Este tipo de insectos se alimenta de los tejidos vegetales de las plantas; tanto los adultos como las ninfas viven en colonias, en el envés de las hojas terminales y en los brotes (Figura 61), y en altas infestaciones invaden las hojas más maduras. Al alimentarse,

succionan savia e inyectan una saliva tóxica que provoca encrespamiento de las hojas, disminuyendo el vigor de la planta y ocasionando deformaciones y amarillamiento. Su importancia radica en la transmisión de virus a las plantas, lo que puede causar cuantiosas pérdidas a los cultivos; entre los virus transmitidos por los áfidos al pimentón están: el VYP (virus Y de la papa), el VMP (virus del mosaico del pepino) y el VGT (virus del grabado del tabaco), y cada uno de ellos puede ser transmitido por más de una especie de áfido. Adicionalmente favorecen la aparición de enfermedades como la fumagina, que es un hongo negro que cubre totalmente las hojas e impide los procesos fotosintéticos y que se multiplica sobres las excreciones azucaradas que producen éstos insectos.

Existen diversos métodos para estimar las infestaciones por áfidos, pero los más utilizados son: el promedio de áfidos por hoja, la incidencia de áfidos en el cultivo, expresada porcentualmente, y el número de áfidos capturados en trampas amarillas. Estos métodos permiten detectar la llegada de los áfidos alados y tomar medidas oportunas para prevenir la transmisión de ciertas virosis (Jaramillo, ***et al.,*** 2007).

Figura 61. Presencia de pulgones en los brotes de la planta de pimentón

Manejo integrado

Se pueden usar trampas amarillas en la base del tallo y trampas horizontales. Típicamente los áfidos se congregan en el envés de la hoja y en los brotes apicales. La mielecilla secretada por los áfidos vuelve las plantas pegajosas y favorece el desarrollo de la fumagina, que se manifiesta con un moho negro en el follaje. Se debe sembrar en suelo bien preparado y fértil para obtener un cultivo vigoroso con mayor capacidad de tolerar los ataques de áfidos, y evitar la siembra en campos pre-infestados o en suelos cercanos a campos infestados (Productores de hortalizas, 2004).

Para el control de áfidos se han empleado tácticas diversas, entre ellas el control biológico. Varias especies de enemigos naturales (depredadores, parásitos y entomopatógenos) se encargan de regular sus poblaciones (Jaramillo, *et al.,* 2007 y Nuez, *et al.,* 1996): larvas y adultos de *Chrysoperla carnaey, Chrysopa formosa,* con liberaciones de 2.000 Chrysopas por 1.000 m², y Coleópteros coccinélidos (*Coccinella septempunctata*). Los más utilizados son productos comerciales a base de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Lecanicillium lecani*.

La utilización de trampas pegajosas de color amarillo atraen las formas aladas, lo que ayuda a detectar las primeras infestaciones de la plaga (Jaramillo, *et al.,* 2007). Eliminación de malas hierbas, que son focos de áfidos y reservorios de virus, en las proximidades de los cultivos y sobre todo antes del trasplante. La colocación de las mallas antipulgones en los invernaderos o semilleros, para impedir la entrada de hembras aladas productoras de un posible contagio precoz, suele ser un método bastante eficaz (Nuez, *et al.,* 1996).

Control químico

Las aspersiones de insecticidas en los cultivos de pimentón se deben realizar en concordancia con un plan de manejo integrado de los mismos.

Para tener efectividad en el control químico se debe conocer, lo antes posible, la especie de áfidos que causa los daños. La elección del ingrediente activo, el inicio de los tratamientos cuando se observan los primeros ataques, son también factores fundamentales. Los tratamientos deben alcanzar bien el envés de las hojas, para que resulten eficaces los insecticidas deben ser escogidos con precaución (Tabla 7), dado que en algunas de las especies que atacan al pimentón, se han presentado resistencias simples o cruzadas a algunas familias de insecticidas (Nuez, *et al.,* 1996).

Tabla 7. Insecticidas usados para el control de pulgones en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración o Dosis recomendada
Confidor	Imidacloprid	0,2 - 0,3 l/ha
Capsiallil	Extracto de Ají-Ajo	0,3 - 0,75 cc/l
Polo	Diafentiuron	1cc/l
Karate EC	Lambdacialotrina	0,6 l/ha

Araña roja *(Tetranychus urticae* C.L. Koch 1836)

El adulto posee ocho patas y es casi microscópico, pues solamente mide de 0,3 a 0,5 mm de largo. La hembra, de forma oval, tiene un color que va del amarillento al verde, con dos o cuatro manchas dorsales oscuras. El macho, que es más activo, tiene el cuerpo más angosto y el abdomen más agudo. Los huevecillos son esféricos, diminutos y transparentes al ser puestos. Luego adoptan gradualmente un color amarillento-verdoso.

La larva, inicialmente, tiene seis patas y no es mucho más grande que el huevecillo. No tiene color con excepción de los ojos carmín. Durante las dos etapas de ninfa es de color gris pálido, de forma oval y de ocho patas. El par de manchas oscuras es visible ya en ésta etapa de desarrollo. (Productores de hortalizas, 2004)

Síntomas y daño al cultivo

En todos los estados móviles de estas arañitas se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales, generalmente por el envés de la hoja, y producen puntos necróticos de aspecto amarillo o blanco en el haz. Las colonias se sitúan en el envés de las hojas (Figura 62), apareciendo en el haz zonas enrojecidas o amarillentas en áreas lisas (hojas adultas) o abombadas (hojas en crecimiento). Con ataques graves, todos los órganos de las plantas se ven afectados, deteniéndose el crecimiento y cubriéndose la planta de densas telas (Nuez, *et al.,* 1996).

Al aumentar la población de arañitas, toda la hoja presenta una coloración amarilla difusa, se seca y se puede caer. Cuando la población es alta, los ácaros comienzan a formar una telaraña que puede cubrir el haz de las hojas, tallos y frutos, y migran hacia las partes altas de la planta, donde se pueden formar colonias. De allí las hembras se dispersan a otras plantas con la ayuda del viento e hilos de telaraña. En ataques muy severos puede producir deformación de las hojas y marchitamiento total de la planta (Figura 63) (Jaramillo, *et al.,* 2007). La arañita roja coloniza sobre todo las hojas jóvenes de la última brotación, aunque en caso de ataques graves se encuentra distribuida sobre las hojas de toda la planta. Teje capas de seda, creando un microclima que la protege de la deshidratación y de los ataques de sus depredadores.

El viento es el principal diseminador de la plaga, así como el contacto entre plantas. Las primeras infestaciones se producen a partir de las malas hierbas o restos de cosecha, que son los reservorios naturales de la plaga.

Los daños son ocasionados por las picaduras de las formas móviles al alimentarse. Al clavar los estiletes absorben los jugos celulares y vacían las células de su contenido, el tejido afectado toma una coloración amarillenta, que se torna marrón con el paso del tiempo.

Además de las hojas, *T. urticae* puede infestar los carpelos y los pétalos de las flores, donde se desarrollan las colonias con abundante tela de seda para proteger sus huevos. Cuando se alimentan sobre los frutos, éstos no se desarrollan adecuadamente; quedan retorcidos, sus hendiduras lobulares se acentúan y en general, los frutos pierden vigor. Este ácaro tiene una amplia lista de plantas hospedantes y puede ser transportado por el viento, material vegetal, utensilios y personas que entran al campo. Al igual que el ácaro blanco, la arañita roja está presente en todo el ciclo del cultivo, pero su ataque afecta más durante la floración y fructificación (CATIE, 1990).

Figura 62. Envés de hoja de pimentón mostrando daño producido por ácaros.

Figura 63. Planta de pimentón con síntomas de deformación de las hojas ocasionada por ataque de ácaros.

Manejo

Una de las principales precauciones a tomar es la de asegurarse que las plantas no lleguen contaminadas desde los semilleros. Se deben eliminar los restos vegetales de anteriores cosechas, así como las malas hierbas ya que pueden actuar como reservorio de la plaga; tratar las estructuras del invernadero una vez terminado el cultivo o antes del inicio de uno nuevo, ya que pueden servir de refugio para la plaga (Nuez, *et al.,* 1996).

Una forma de control es destruir las malezas alrededor del campo o del invernadero tras la cosecha o antes de la siembra del nuevo cultivo. Cuando se destruyen las malezas colindantes una vez establecido el cultivo los ácaros emigran a las plantas cultivadas en busca de alimento.

T. urticae no es afectado por aplicaciones de productos azufrados, por lo que debe ser combatido con productos específicos como propargite, azociclotín y óxido de fenbutatín (Tabla 8). El uso de ácaros depredadores como *Phytoseiulus persimilis* y otras especies de los géneros *Amblyseiulus* y *Metaseiulus* pueden ser otra opción en el manejo de los ácaros. (CATIE, 1990).

Tabla 8. Productos usados para el control de ácaro en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración o Dosis recomendada
Confidor	Imidacloprid	0,2 - 0,3 l/ha
Omite	Propargite	0,5 - 0,6 cc/l
Polo	Diafentiuron	1cc/l
Vertimec	Abamectina	0,3 - 1,2 l/ha

Minador de Hojas *(Liriomyza trifolii (Burgess))*

Es una especie cosmopolita que se ha extendido por los cinco continentes, especialmente por Norteamérica, Europa y África, aunque es originaria de América central. Es una plaga muy polífaga que ataca a más de 400 especies vegetales (Nuez, *et al.,* 1996).

Síntomas y daño al cultivo

Las larvas minan las hojas, formando galerías curvas e irregulares. Las minas interfieren con la fotosíntesis y la transpiración en la planta, de tal manera que si el daño se presenta en plantas jóvenes, se atrasa su desarrollo. Si el daño es severo en la época de fructificación, la planta se defolia exponiendo los frutos a quemadura de sol, lo que provoca pérdidas económicas (CATIE, 1990; Productores de hortalizas, 2004; Jaramillo, *et al.,* 2007).

Los ataques más perjudiciales se producen en los semilleros o en las plantas recién trasplantadas; si la población de larvas es numerosa, pueden incluso producir la muerte de las jóvenes plántulas (Nuez, F. *et al.,* 1996).

Manejo

Antes del trasplante se debe verificar el estado sanitario de las plantas en el semillero y eliminar las malas hierbas desde el inicio del cultivo para evitar que actúen de reservorio de la plaga. Es recomendable la utilización de mallas en los invernaderos, en todos los accesos y lugares de ventilación. El seguimiento de la evolución de las poblaciones mediante placas pegajosas de color amarillo es de gran utilidad y pueden ser utilizadas como medio de control directo (Nuez, F. *et al.,* 1996).

Las avispas parásitas ayudan a mantener en bajos niveles las colonias de minadores de la hoja. Por esto los controles químicos se aplican cuando estén presentes las pupas. Su ausencia, aún ante la presencia de nuevos minadores, indica que los controles naturales están funcionando. A pequeña escala, el retirar las hojas infestadas ayuda a mantener un nivel manejable de minadores de la hoja, aunque el empleo de insecticidas es un método de control más confiable (Productores de hortalizas, 2004).

Manejo químico

En cultivos al aire libre es el único método utilizado. Aunque se han detectado algunas poblaciones que han desarrollado resistencias a algunos insecticidas como los piretroides, existen en el mercado productos como acefato, pirazofós, abamectina, quinalfós, fenitrotión, ciromacina, naled, entre otros. que son bastante efectivos (Tabla 9) (Nuez, *et al.,* 1996).

Tabla 9. Insecticidas usados para el control de minador en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Trigard	Ciromazina	20 g/100l
Vertimec 018 EC	Abamectina	80 cc/100l

Moscas Blancas (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), mosca blanca de los invernaderos y *Bemisia tabaci* (Genn), mosca blanca del tabaco.

Trialeurodes vaporariorum (Westwood), mosca blanca

Aunque es originaria de América central, actualmente es una especie cosmopolita que se ha adaptado a todas las áreas de cultivo de climas templado a cálido. Es polífaga y aunque ataca a los cultivos al aire libre, su desarrollo es muy rápido en los cultivos bajo invernadero.

Bemisia tabaci (Gennadius), mosca blanca del tabaco

Es una especie cosmopolita que se encuentra actualmente en los cinco continentes, aunque es originaria del Oriente asiático. Desde hace algunos años está desplazando en muchas áreas a *T. vaporariorum* por la gravedad de sus daños, en especial un nuevo biotipo originario de América del sur que añade a sus daños directos el ser un activo difusor de ciertas virosis. Es una especie muy polífaga que puede atacar más de 200 géneros botánicos pertenecientes a 63 familias diferentes. (Nuez, F. *et al.,* 1996)

Daños

Su importancia como plagas radica en el daño causado por adultos (Figuras 64 y 65) y estados inmaduros al succionar la savia de la planta. Para ocasionar un efecto significativo sobre la cosecha, las poblaciones de la mosca blanca deben ser altas, y el cultivo presentar fumagina. La fumagina se forma al crecer hongos de micelio oscuro (*Cladosporium* spp, *Capnodium* spp y otros), sobre la excreción azucarada de adultos y ninfas de la mosca blanca. Cuando la infestación es fuerte, la fumagina cubre las hojas y reduce la fotosíntesis, además puede cubrir los frutos, los cuales se deben limpiar antes de su comercialización. El daño causado por la fumagina es mucho mayor que el causado por los adultos e inmaduros de la mosca blanca al succionar la savia. Otro daño importante es la transmisión de virus, lo que ocasiona un mosaico amarillo y encrespamiento de las hojas nuevas (Jaramillo, *et al.,* 2007 y Nuez, F. *et al.,* 1996).

Un daño indirecto y de importancia capital de las moscas blancas es la capacidad de transmisión del virus de la hoja rizada del pimentón *(Leaf curl virus)* el cual es transmitido por *B. tabaci*.

Aunque los adultos de las moscas blancas pueden realizar vuelos activos de algunos metros, los principales difusores de ésta plaga son el material vegetal contaminado y la acción transportadora (de las moscas blancas) por el viento (Nuez, F. *et al.,*. 1996).

Manejo cultural

Se deben eliminar, en la parcela del cultivo y en sus alrededores, las malas hierbas, potenciales focos de la plaga y reservorio de virus, tanto antes del trasplante como durante el cultivo. También se deben eliminar los restos vegetales de cosechas anteriores y asegurarse que las plantas no vengan ya contaminadas de los semilleros (Nuez, F. *et al.,* 1996). Usar cintas pegajosas de color amarillo (ya que la mosca blanca es atraída por este color), utilizar coberturas plásticas especialmente plateadas sobre la cama, usar barreras vivas alrededor del invernadero para evitar la entrada de la plaga.

La utilización de aspiradoras se ha convertido en una buena alternativa en invernadero para el control de la mosca blanca, la cual permite capturar las formas adultas de este insecto (Jaramillo, *et al.,* 2007).

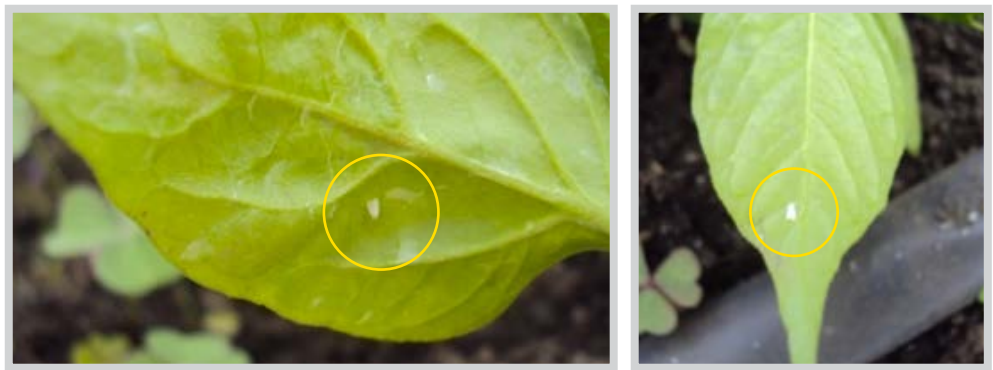


Figura 64 y 65. Adultos de Mosca blanca en hojas de pimentón

Control biológico

El control biológico se presenta como la mejor alternativa dentro de un programa de manejo integrado de plagas, con el parasitoide *Encarsia formosa*, una avispa que parasita al menos quince especies de mosca blanca de ocho géneros, siendo la especie más utilizada para el control en invernaderos. Se recomienda liberar cinco pupas/m²/ semana, durante cinco semanas. Las liberaciones se deben iniciar cuando la población

de mosca blanca aún sea baja, pues de otra forma este enemigo natural no podrá mantener su ritmo de crecimiento de población a la par con el de la plaga, y no podrá defender adecuadamente el cultivo; las tarjetas donde vienen las ninfas parasitadas, que contienen la *Encarsia*, se deben poner debajo de hojas con ninfas para que, al emerger, los adultos encuentren fácilmente sus hospederos (Jaramillo, *et al.,* 2007).

Cuando las condiciones de humedad relativa son suficientemente elevadas, como suele ocurrir en el interior de los invernaderos, las larvas de las moscas blancas se pueden ver afectadas por hongos entomopatógenos como: *Lecanicillium lecanii, Paecilomyces farinosus, Isaria fumosorosea (P. fumosorosus*) y *Aschersonia aleyrodis.* Al desarrollarse los hongos sobre las larvas de las moscas, éstas quedan ennegrecidas y muy reducidas como si fueran “momias”.

Control químico

En el control químico (Tabla 10) se debe tener en cuenta que hay que romper el ciclo biológico del insecto, de tal forma que se debe utilizar un químico para el control de la fase adulta y otro para el control de los estados ninfales, además de ejercer una adecuada rotación de productos para evitar que la plaga adquiera resistencia. Las aplicaciones de productos químicos se deben realizar con equipos de ultra bajo volumen o alta presión, para una distribución uniforme de las gotas finas que permitan un buen cubrimiento del follaje. (Jaramillo, *et al.,* 2007)

Tabla 10. Insecticidas usados para el control de Mosca blanca en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada
L´ecomix	Extractos vegetales	3,5cc/l
Capsiallil	Extracto de Ají-Ajo	0,3 - 0,75 cc/l
Polo	Diafentiuron	1cc/l
Oportune	Buprotezin	0,3 cc/l
Evisect	Thicyclam	0,5 - 1 g/l

Trips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande), *Thrips palmi* (Karny) y *Thrips tabaci* (Lindeman).

Los trips son insectos muy pequeños, los adultos miden de 1 a 2 mm, son de color amarillo y de gran movilidad. Viven principalmente en el envés de las hojas pero también se localizan en el haz (Jaramillo, *et al.,*2007).

Daños

Los daños en pimentón son muy graves y se deben, más que a sus picaduras de alimentación, a la gran capacidad que muestra para transmitir el Virus del bronceado del tomate, TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) (Nuez, F. *et al.,* 1996)

Los adultos y las ninfas causan punteados o pequeñas manchas cloróticas o plateadas en los tejidos y deformación de las hojas. Si las poblaciones son altas, las hojas se secan parcial o completamente. *F. occidentalis* prefiere las flores (Figura 66) y brotes jóvenes, donde causa deformaciones; *Thrips palmi* prefiere el follaje y los frutos jóvenes, en los cuales producen deformaciones y disminuye sus calidades para el mercado. (Jaramillo, *et al.,* 2007)

Figura 66. Trips en flores de pimentón

Los daños directos de los trips son debidos a las picaduras de las larvas y adultos en las paredes de los tejidos epidérmicos. Los insectos, al clavar su estilete, inyectan saliva para producir una digestión previa de los tejidos parenquimáticos, aspirando a continuación los jugos celulares. Las células, al ser vaciadas de su contenido y llenarse de aire, adquieren un aspecto plateado que después se torna marrón como consecuencia de la necrosis de los tejidos. Estos daños son muy aparentes en los frutos del pimentón (Figura 67), sobre todo en las zonas próximas al cáliz.

Figura 67. Daño de trips en frutos

En las hojas, las áreas o placas de alimentación se pueden apreciar tanto en el haz como en el envés, pudiendo aparecer deformaciones en los tejidos en crecimiento.

Otro daño directo es el ocasionado por el efecto de las posturas. Las hembras, al introducir el ovipositor y rasgar las células vegetales, provocan su desecación, originando deformaciones similares a verrugas en los tejidos en crecimiento (Figura 68). Estos síntomas son muy comunes en las hojas de pimentón (Nuez, F. *et al.,* 1996).

Figura 68. Deformación en hojas de pimentón por posturas de trips

Manejo cultural y biológico

El control biológico ha dado buenos resultados con el uso de *Chrysoperla externa, Orius spp. y Amblyseius* spp. que atacan los diferentes estados de desarrollo de *T. palmi*. Es importante tomar medidas de control cultural y físicas, como la destrucción de malezas hospederas, la rotación de cultivos y el uso de trampas atrayentes de color azul (Jaramillo, *et al.,*2007 y Nuez, F. *et al.,* 1996).

Manejo químico

Los trips son insectos picadores-chupadores por esta razón, se deben utilizar productos que tengan una buena acción por contacto o sistémica. También se debe alternar distintas formulaciones, además de usar plaguicidas (Tabla 11), con distintos modos de acción, para evitar la aparición de resistencias.

Entre los ingredientes activos más utilizados se destacan algunos piretroides como: cipermetrín, ciflutrín, bifentrín, deltametrín, entre otros. también se usan carbamatos como formetanato o metiocarb sobre todo, insecticidas organofosforados como fenitrotión, naled, clorpirifós.

Tabla 11. Insecticidas usados para el control de trips en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada
Confidor 35 SC	Imidacloprid	1 cc/l
Regent	Fipronil	0,5 l/ha
Mesurol 50 WP	Fenilmetilcarbamato	1 - 2 g/l

ENFERMEDADES

ENFERMEDADES AÉREAS CAUSADAS POR HONGOS

Botritis (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.)

Importancia y distribución

El moho gris causado por el hongo *B. cinerea,* es una enfermedad muy frecuente en cultivos de pimentón en invernadero y sólo causa problemas o epidemias en condiciones de campo, durante períodos lluviosos prolongados. Es un hongo que ataca gran

cantidad de especies. El patógeno también produce daños en la etapa de poscosecha. El moho gris del pimentón se ha observado en cultivos ubicados en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

El hongo *Botrytis cinerea* penetra generalmente a través de las heridas. Las esporas de *B. cinerea* sobreviven en los tejidos muertos del cultivo, los cubren como terciopelo gris y conducen a la subsiguiente infección del fruto (Productores de hortalizas. 2004).

Condiciones favorables

Altas densidades de siembra, lluvias continuas, humedad relativa alta y temperaturas entre 15 y 22°C, favorecen el desarrollo del moho gris. El hongo se disemina fácilmente por viento y el salpicado del agua de lluvia (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Síntomas

El hongo *B. cinerea* afecta flores, tallos y frutos. En hojas el hongo produce lesiones de color café oscuro, localizadas en el ápice que se caracterizan por no presentar halo clorótico, pero sí algunos anillos concéntricos por el haz de la hoja y un abundante moho café por el envés de la misma, que corresponde a la esporulación del hongo que causa la enfermedad. El patógeno afecta los pecíolos de las hojas y las flores donde también produce lesiones de color café claro u oscuro, con abundante esporulación.

El hongo puede afectar frutos recién formados, verdes y próximos a cosechar. En los frutos las lesiones son blandas, acuosas y se presentan en la región apical y en la unión del pedúnculo con el fruto y se caracterizan por la abundante esporulación de color grisáceo o café oscuro.

En cultivos de pimentón, el hongo produce daños iniciales en las flores, ocasionando un moho de color café, (Figura 69) que produce la caída de las mismas. El hongo ataca el pecíolo de las hojas y la lámina foliar, donde produce un moho de color café y lesiones anilladas de color café claro.

Cuando la infección se presenta en el tallo, se observa una lesión de color café oscura que impide el paso del agua y ocasiona síntomas de marchitez. (Figura 70)

El hongo *B. cinerea* afecta los frutos de pimentón, produciendo lesiones acuosas en la unión con el pedúnculo (Figura 71), con posterior desintegración y desprendimiento del mismo (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Figura 69. Daño *B. cinerea* en flores

Figura 70. Lesión de *B. cinerea* en tallo

Figura 71. Lesiones de *B. cinerea* en fruto

Manejo cultural

- Promover las condiciones para una buena ventilación en el invernadero.
- Evitar sembrar en suelos que retengan mucha humedad.
- No regar en exceso.
- No realizar siembras muy densas.
- Realizar aplicaciones preventivas cuando el clima sea favorable para la enfermedad.
- Destruir los restos de los cultivos; principalmente en cultivo bajo invernadero, después de la poda, raleo o cosecha (Lopes, C y de Ávila, A. 2003).

Manejo químico

Las aspersiones de productos a base de los siguientes ingredientes activos controlan eficientemente el moho gris en pimentón, tomate, ají jalapeño y berenjena (Tabla 12):

Tabla 12. Fungicidas usados para el control del moho gris en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Benopoint 50% WP	Benomil	0,5 - 1 g/l
Bezil 50 WP		
Rovral FLO	Iprodione	0,5 - 1 cc/l
Prodion 500 SC		1 - 1,5 cc/l
Calidan SC	Carbendazim + Iprodione	1,5 cc/l
Derosal 500 SC	Carbendazim	0,75 - 1,25 cc/l
Bavistin 500 SC		0,5 cc/l
Switch 62,5 WG	Fludioxonil + Ciprodinil	0,5 g/l
Teldor combi SC 416,7	Fenhexamid + Tebuconazole	0,5 cc/l
Mertect 500 SC	Tiabendazol	1 cc/l
Mirage 45 EC	Procloraz	0,5cc/l
Sportak 45 EC		0,5 cc/l
Octave 50 WP		0,5 g/l
Stroby SC	Kresoxim metil	0,25 cc/l
Sialex 50 SC	Procimidona	1 cc/l
Sumilex 50 WP		1 g/l
Scala 40 EC	Pirimetanil	1,5 cc/l
Euparen WP 50	Diclofluanid	1 g/l
Antracol WP 70	Propineb	3 g/l
Format 70 WP		1,5 - 2,5 g/l
Captan 50 WP	Captan	2 - 3 g/l
Orthocide 50%		
Control 500 SC	Clorotalonil	2,5 cc/l
Daconil 720 SC		1 cc/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, 2006)

Moho Blanco, esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary)

El moho blanco es una enfermedad de gran importancia económica en pimentón. Dado que el patógeno afecta gran cantidad de las plantas cultivadas, es importante en zonas

donde la enfermedad es endémica en otros cultivos (fríjol, arveja, lechuga, crucíferas, papa, tomate de árbol, lulo y brevo) (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Condiciones favorables

El moho blanco es frecuente durante periodos prolongados de lluvias y temperaturas moderadas (15 a 22°C). Altas densidades de siembra en el cultivo y la siembra cercana a otros cultivos susceptibles al moho blanco, favorece la incidencia de la enfermedad en cultivos de pimentón (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Síntomas

Los síntomas iniciales se presentan en las hojas, las cuales manifiestan un ligero marchitamiento (Figura 72). El hongo produce lesiones de color café en los tallos (Figura 73), muy similares a las que produce el hongo *B. cinerea*. Cuando hay condiciones de alta humedad relativa, *S. sclerotiorum* produce un moho blando, inodoro y acuoso al principio; que posteriormente se seca más o menos según la suculencia de los tejidos afectados, cubriéndose de un abundante micelio lanoso blanco, con la presencia de numerosos esclerocios blancos al principio y negros más tarde (Figura 74). Los ataques al tallo usualmente colapsan la planta, la cual muere rápidamente (Productores de hortalizas, 2004).

Se puede producir en el tallo y los frutos. En el tallo, aparecen con mayor frecuencia en las bifurcaciones de las ramas, donde suele haber una acumulación de agua de lluvia o riego por aspersión. En un principio, las lesiones son de diferentes tonos de marrón en círculos concéntricos, posteriormente las ramas infectadas se secan y son de color blanquecino, formando, en su interior, los esclerocios negros de diferentes formas y tamaños. Los frutos más cercanos al suelo son más propensos al ataque de la enfermedad. Cuando las ramas y los frutos entran en contacto con el suelo, hay formación de micelio blanco abundante en el suelo alrededor de los tejidos afectados (Lopes, C. y de Ávila, A. 2003).

Figura 72. Marchitamiento ocasionado por *S. sclerotiorum* en el tallo.

Figura 73. Lesiones ocasionadas por *S. sclerotiorum*

Figura 74. Esclerocios de *S. sclerotiorum* en tallo de pimentón

Manejo cultural

Dado que este hongo sobrevive en el suelo mediante esclerocios, se debe prevenir su presencia mediante el tratamiento del suelo que va a ser usado en los semilleros. El suelo puede ser sometido a tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días. La inoculación al suelo de hongo *Trichoderma koningii*, posibilita un adecuado control de éste patógeno en el suelo de los semilleros. Un amplio espaciamiento entre surcos (1,30 m) y plantas (0,50 m) y las prácticas de poda o deshoje durante el cultivo disminuye la incidencia de la enfermedad. Si la enfermedad se presenta en el campo, se deben erradicar las plantas afectadas para evitar focos de infección. Las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas y exponer a los rayos del sol (solarización seca), para facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte del hongo causante del moho blanco (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Manejo químico

En condiciones de cultivo las aspersiones tempranas de productos a base de los siguientes ingredientes activos controlan el moho blanco en pimentón, tomate, ají y berenjena (Tabla 13).

Tabla 13. Fungicidas usados para el control de Esclerotinia en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Calidan SC	Carbendazim + Iprodione	1,5 cc/l
Derosal 500 SC	Carbendazim	0,75 - 1,25 cc/l
Bavistin 500 SC		0,5 cc/l

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Sialex 50 SC	Procimidona	1 cc/l
Sumilex 50 WP		1 g/l
Euparen WP 50	Diclofluanid	1 g/l
Rovral FLO	Iprodione	0,5 - 1 cc/l
Prodion 500 SC		1 - 1,5 cc/l
Control 500 SC	Clorotalonil	2,5 cc/l
Daconil 720 SC		1 cc/l
Benopoint 50% WP	Benomil	0,5 - 1 g/l
Bezil 50 WP		

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Cenicilla, Oidio, Oidium, Mildeo polvoso (*Oidium* sp. Link.)

Importancia y distribución

Es una enfermedad de importancia económica en el cultivo de pimentón en invernadero o durante periodos prolongados de verano en condiciones de campo. Está enfermedad se ha observado en cultivos de pimentón en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Condiciones favorables

La cenicilla es favorecida por épocas calurosas y baja humedad relativa. El patógeno se disemina por el viento.

Síntomas

Afecta las hojas bajeras de cultivos de pimentón, donde produce lesiones circulares con crecimiento superficial de aspecto blanquecino, que van colonizando toda la hoja (Figura 75). (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

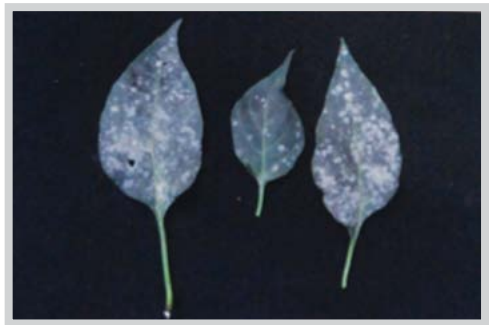


Figura 75. Lesiones en hojas de pimentón por cenicilla

Manejo cultural

Se debe mantener una buena aireación en el invernadero, evitando los aumentos de temperatura e implementar un plan de aplicación de riego para evitar bajas humedades relativas (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Manejo químico

La aspersión de productos fungicidas a base de los siguientes ingredientes activos ofrece un adecuado control de la cenicilla Tabla 14).

Tabla 14. Fungicidas usados para el control de cenicilla en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Elosal 720 SC	Azufre	1-3 cc/l
Azuco		1 cc/l
Top-Sul SC		
Benopoint 50% WP	Benomil	0,5 - 1 g/l
Bezil 50 WP		
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	0,2 g/l
Saprol DC	Triforina	1 -1,25 g/l
Tilt 250 EC	Propiconazol	1 cc/l
Topas 100 EC	Penconazol	0,25 cc/l
Score 250 EC	Difenoconazol	0,5 cc/l
Rubigan B EC	Fenarimol	0,5 cc/l
Bayleton 250 EC	Triadimefon	1 - 3 cc/l
Baycor DC300	Bitertanol	1,25 cc/l
Punch EC	Flusilazol	0,15 - 0,25 cc/l
Rally 40 WP	Myclobutanil	0,2 g/l
Meltafun 40 EC	Dodemorf acetato	1 cc/l
Bicarbonato de sodio o de potasio		3 - 5 g/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Oidiopsis, Cenicilla, Mildeo polvoso (*Oidiopsis* sp. Scalia)

Importancia y distribución

Es una enfermedad que se ha observado en cultivos de pimentón en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. En otras regiones del mundo se ha observado su anamorfo *Leveillula taurica* infectando cultivos de pimentón y tomate, sin embargo, en Colombia sólo se ha detectado el teleomorfo *Oidiopsis* sp. en pimentón. Es una enfermedad de reciente detección y se desconoce su real distribución e importancia económica en Colombia (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Condiciones favorables

Es poco lo que se sabe sobre la importancia y la epidemiología del mildeo polvoso por *Oidiopsis* sp. en nuestras condiciones, sin embargo, se sabe que el patógeno se disemina por el viento y que a pesar de que la enfermedad se presenta en campo en condiciones frías y húmedas, es más severa en cultivos de pimentón bajo invernadero en épocas calurosas y de humedad relativa baja (Tamayo, y Jaramillo, 2006).

Síntomas

Los síntomas de la cenicilla por *Oidiopsis* sp., se presentan en el haz de las hojas bajeras de pimentón en forma de lesiones circulares, difusas, cloróticas o amarillentas (Figura 76). En correspondencia con las lesiones cloróticas, por el envés se presentan lesiones circulares difusas, en cuyo centro se desarrolla un moho con un característico micelio blanquecino (Figura 77), que luego se torna parduzco.

Figura 76. Lesiones causadas por *Oidiopsis sp* envés de las hojas

Figura 77. Moho blanquecino en el envés de las hojas

En ataques severos, la lesión se torna parduzca por el haz y se produce encrespamiento y caída de la hoja produciendo defoliación y dejando los frutos expuestos a la acción de los rayos directos del sol. En los tallos las lesiones son de borde irregular, ligeramente necrosadas y adquieren tonalidades negruzcas acompañadas del crecimiento blanquecino superficial. (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Manejo cultural

Se recomienda el riego por aspersión para disminuir la severidad del mildeo polvoso.

Manejo químico

La aspersión de productos a base de los siguientes ingredientes activos ejercen un buen control de la enfermedad (Tabla 15). (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Tabla 15. Fungicidas usados para el control de *Oidiopsis* sp. en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Elosal 720 SC	Azufre	1-3 cc/l
Azuco		1 cc/l
Top-Sul SC		
Benopoint 50% WP	Benomil	0,5 - 1 g/l
Bezil 50 WP		
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	0,2 g/l
Saprol DC	Triforina	1 -1,25 g/l
Tilt 250 EC	Propiconazol	1 cc/l
Topas 100 EC	Penconazol	0,25 cc/l
Score 250 EC	Difenoconazol	0,5 cc/l
Rubigan B EC	Fenarimol	0,5 cc/l
Bayleton 250 EC	Triadimefon	1 - 3 cc/l
Baycor DC300	Bitertanol	1,25 cc/l
Punch EC	Flusilazol	0,15 - 0,25 cc/l
Rally 40 WP	Myclobutanil	0,2 g/l
Meltafun 40 EC	Dodemorf acetato	1 cc/l
Bicarbonato de sodio o de potasio		3 - 5 g/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Dependiendo del registro histórico del suelo, se pueden presentar: marchitez vascular, marchitamiento o pudrición del cuello, antracnosis del fruto y ojo de sapo.

Marchitez vascular, Fusarium (Fusarium oxysporum Schlechtend. Fr. f sp. Lycopersici (Sacc.) Snyder& Hansen Fusarium oxysporum Schlechtend, Fusarium Link: Fr.)

Importancia y distribución

La enfermedad por *F. oxysporum* es una enfermedad de importancia económica en cultivos de pimentón ubicados en zonas de clima cálido y frío de Colombia de los departamentos de Antioquia y Cundinamarca. El patógeno causa pérdidas superiores al 40% en lotes de pimentón afectados por marchitez.

Condiciones favorables

La marchitez vascular del pimentón, es favorecida por las heridas que se realizan en las raíces y tallos. La enfermedad es más frecuente en suelos ácidos, mal drenados y de textura liviana. Las plantas afectadas que se dejan en el campo son la principal fuente de inóculo ya que el patógeno esporula fácilmente en las plantas enfermas y es diseminado por el agua y el viento a plantas sanas. El hongo sobrevive en el suelo en forma de clamidosporas y en residuos de cosecha. En pimentón, el hongo *F. oxysporum* se transmite en las semillas. (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Síntomas

El hongo produce retraso en el crecimiento y una necrosis interna en la base del tallo (Figura 78). El patógeno también produce marchitez en cultivos de pimentón y necrosis de color marrón en la base del tallo de las plantas, pimentón, tomate y berenjena (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

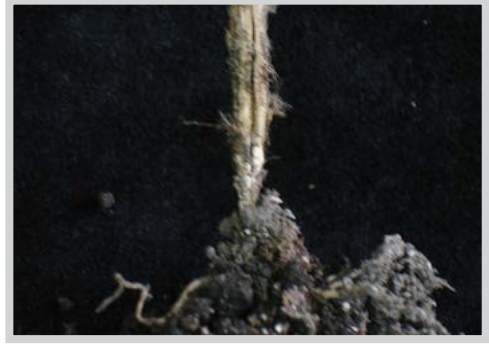


Figura 78. Necrosis del tallo causada por *F. oxysporum*

Manejo cultural

- Evitar la siembra en períodos húmedos y cálidos del año.
- Utilizar variedades resistentes cuando estén disponibles.
- Realizar la siembra en un suelo bien drenado que no sea propenso a inundaciones.
- Usar suelo o sustrato estéril para producir plántulas.
- Realizar un adecuado manejo del riego, evitando el exceso de agua proporcionada a la planta.
- Realizar rotación de cultivos, preferiblemente con gramíneas (Lopes y Ávila, 2003).

Manejo químico

Es un patógeno que puede ser transmitido en semillas, por lo cual éstas se deben tratar mediante inmersión en ácido clorhídrico al 1% durante 20 minutos. Antes de la siembra se debe tratar el suelo que va a ser usado en los semilleros con un producto a base de Dazomet (Basamid G,en dosis de 40 a 60 g/m^2) (Tamayo y Jaramillo 2006).

En el campo se deben realizar aspersiones dirigidas al follaje y al suelo o base de la planta con los siguientes productos (tabla 16):

Tabla 16. Fungicidas usados para el control de *F. oxysporum* en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Dosis recomendada
Validacin SL	Validacin A	1,25 - 1,5 cc/l
Topsin M 50 SC	Metil Tiofanato	1 cc/l
Benopoint 50% WP	Benomil	0,5 -1 g/l
Bezil 50WP		
Mertec 500 SC	Tiabendazol	1 cc/l
Derosal 500 SC	Carbendazim	0,75 - 1,25 cc/l
Bavistin 500 SC		0,5 cc/l
Mirage 45 EC	Procloraz	0,5cc/l
Sportak 45 EC		
Octave 50 WP		0,5 g/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Marchitamiento, Pudrición del cuello, Phytophthora (*Phytophthora capsici* Leonian, *Phytophthora* de Bary)

Importancia y distribución

El marchitamiento por *P. capsici* es la enfermedad más importante del cultivo de pimentón en Colombia. Se presenta bajo un variado conjunto de condiciones ambientales y las pérdidas pueden ser del orden del 50% de las plantas cultivadas en zonas de clima cálido del Valle del Cauca y del orden de un 30% en zonas de clima medio y frío moderado de Antioquia. (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Condiciones favorables

El hongo es favorecido por condiciones de humedad en el suelo y altas temperaturas. Se trasmite en semillas de pimentón y sobrevive en el suelo en forma de clamidosporas y así se puede diseminar a través del suelo contaminado o por agua de lluvia o de escorrentía durante las labores de riego. Los residuos enfermos se constituyen en fuentes de inóculo permanente al cultivo (Tamayo y Jaramillo 2006).

Síntomas

El hongo puede afectar la planta de pimentón en cualquier estado de desarrollo del cultivo. La enfermedad se presenta desde el semillero causando pudrición del cuello y muerte de plántulas. En condiciones de cultivo, el ataque del patógeno produce marchitez repentina, al afectar el cuello o base de la planta. La lesión es de color café claro en principio, luego se torna café oscura, se acompaña de crecimiento micelial algodonoso (Figura 79), de apariencia húmeda y puede avanzar hacia la parte superior o inferior del tallo. Con el transcurrir del tiempo, las hojas se caen y la planta se seca y muere, quedando los frutos adheridos a la misma. El hongo afecta los tallos de pimentón, produciendo lesiones de color café oscuro en la parte externa e interna del mismo (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Figura 79. Lesión en tallo causada por *Phytophthora capsici* Leonian

Manejo cultural

Dado que el hongo sobrevive en el suelo mediante clamidosporas, se debe prevenir su presencia mediante el tratamiento del suelo que va a ser usado en los semilleros. El tratamiento debe ser solarización húmeda durante 30 a 45 días.

Un amplio espaciamiento entre surcos (1,3 m) y plantas (0,5 m) y las prácticas que permitan un mejor drenaje y aireación del suelo, como caballones o surcos altos, disminuyen la incidencia de la enfermedad. Si la enfermedad se presenta en el campo, se deben erradicar las plantas afectadas para evitar focos de infección. Las plantas enfermas se deben cortar en trozos e introducir en bolsas plásticas cerradas y exponer a los rayos del sol (solarización seca), para facilitar la descomposición del tejido vegetal y muerte del hongo causante de la pudrición de cuello del pimentón.

Dado que la enfermedad es más severa a pH neutro, no se deben aplicar compuestos que tiendan a alcalinizar el suelo como la Cal agrícola ($CaCO_3$) o la Cal hidratada ($Ca(OH)_2$), ya que aumentan el pH, neutralizan el Aluminio intercambiable en el suelo formando sales insolubles ($Al(OH)_3$) y limitan la solubilidad y disponibilidad del aluminio en el suelo. Por el contrario, la aplicación de cloruro de calcio ($CaCl_2$) o de Sulfato de calcio $CaSO_4$, no aumenta el pH y forma sales de aluminio solubles ($AlCl_3$ – $Al2(SO4)_3$), las cuales poseen propiedades fungistáticas al hongo (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Manejo químico

Se recomienda la aspersión periódica de los siguientes productos rotados o en mezclas (Tabla 17), para detener el avance del marchitamiento del pimentón.

Tabla 17. Fungicidas usados para el control de *P. capsici* en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Ridomil Gold MZ 69% WP	Metalaxyl + Mancozeb	3,75 g/l
Evoxyl 72 WP		1,25 g/l
Curzate M8	Cimoxanyl + Mancozeb	2,5 - 3 g/l
Curathane		2,5 g/l
Persist		2,5 cc/l
Equation PRO	Cimoxanyl + Famoxadone	1 - 2 g/l
Fitoraz WP 76	Cimoxanyl + Propineb	3 g/l

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Sectin WP	Fenamidone + Mancozeb	2 - 2,5 g/l
Aliette 80 WP	Fosetil Aluminio	2,5 - 3 g/l
Fosetal 80 WP		1,5 g/l
Rhodax 70 WP	Fosetil Aluminio + Mancozeb	2,5 g/l
Tairel WP	Benalaxyl + Mancozeb	5 g/l
Patafol	Ofurace + Mancozeb	3 g/l
Acrobat MZ 69	Dimetomorf + Mancozeb	3,75 g/l
Forum 500 WP	Dimetomorf	0,6 - 0,75 g/l
Phostrol	Ácido fosfórico	2,5 cc/l
Oxicob WP	Oxicloruro de cobre	2 g/l
Oxiclor 35 WP		
Kocide 101	Hidróxido cúprico	2 g/l

Antracnosis del Fruto (*Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & Schrenk. (anamorfo *Colletotrichum gloesporiodes* (Penz.) Penz. & Sacc.)

Importancia y distribución

La enfermedad se presenta con mayor severidad a campo abierto, sin embargo, también se presenta en cultivos bajo condiciones protegidas. La enfermedad es frecuente en cultivos de pimentón en los departamentos de Antioquia, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Condiciones favorables

Los daños por antracnosis se ven favorecidos por temperaturas medias (15 a 20°C), y humedad relativa alta dentro del cultivo. Altas densidades de siembra, la presencia de insectos, el riego por aspersión y lluvias continuas favorecen la dispersión del patógeno por el viento y el salpicado del agua, a campo abierto. (Tamayo y Jaramillo 2006)

Síntomas

El hongo infecta en la región cercana al pedúnculo del fruto. En condiciones de humedad relativa alta, las lesiones se cubren de un micelio blanco, en los bordes y negruzco en el centro de la región afectada. En pimentón, las lesiones se caracterizan por ser hundidas y presentar anillos concéntricos de color negruzco, con abundante esporulación de color salmón (Figuras 80 y 81).

Figura 80 y 81. Lesiones causadas por *Glomerella cingulata* en frutos de pimentón

Manejo cultural

En zonas donde la enfermedad es frecuente, se recomienda, ampliar el espaciamiento entre surcos, para facilitar la aireación del cultivo. Las prácticas de poda o deshoje, disminuyen la incidencia de la enfermedad. La recolección de los frutos afectados, disminuye las fuentes de inóculo y reducen las pérdidas por la enfermedad. (Tamayo y Jaramillo 2006)

Control Químico Tabla 18 y 19

Tabla 18. Fungicidas usados para el control de Antracnosis de fruto en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Benopoint 50 % WP-	Benomyl	0,5 - 1 g/l
Benoagro- Bezil 50 WP		
Topsin M 59	Metil Tiofanato	1 cc/l
Calidan SC	Carbendazin + Iprodione	1,5 cc/l.
Derosal 500 SC	Carbendazim	0,75 - 1,25 cc/l.
Bavistin 500 SC		0,5 cc/l.
Mirage 45 EC - Sportak- Octave	Procloraz	0,5 cc/l.
Mertec 500 SC	Tiabendazol	1 cc/l.
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	0,2 g/ l.
Score 250 EC	Difenoconazol	0,5 cc/l.

Los anteriores productos se pueden aplicar en mezcla o rotación con los siguientes productos protectantes:

Tabla 19. Fungicidas usados para el control de Antracnosis de fruto en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Dithane M- 45 ; Manzate 200 WP	Mancozeb	3 g/l.
Control 500	Clorotalonil	2,5 cc/l.
Daconil 750 SC	Clorotalonil	1 cc/l.
Antracol WP 70	Propineb	3 g/l.
Format 70 WP	Propineb	1,5 a 2,5 g/l.
Oxiclor 35 WP - Oxicob W P	Oxicloruro de cobre	2 g/l.
Hidroxido Cuprico	Kocide 101	2 a 3 g/l.
Captan 50 WP - Orthocide 50 %	Captan	2 a 3 g/l.

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Ojo de sapo, Viruela, Mancha de cercospora (*Cercospora capsici* Heald & Wolf.)

Importancia y distribución

El patógeno que causa el ojo de sapo, sólo se ha detectado afectando cultivos de pimentón. Es una enfermedad, de importancia económica en condiciones de clima frio, en condiciones de campo abierto y bajo invernadero. Es mayor su severidad en cultivos al aire libre, ya que causa defoliación de las hojas bajeras de la planta, si no se toman medidas oportunas de control.

Condiciones favorables

El hongo que causa la viruela del pimentón, se trasmite en la semilla, y es favorecido, por periodos húmedos y temperaturas entre 15 y 21°C. El patógeno se disemina, por la lluvia y el viento, y sobrevive en tejidos enfermos (Tamayo y Jaramillo 2006).

Síntomas

Se manifiesta principalmente en hojas y en el pedúnculo del fruto. Las lesiones en el pedúnculo del fruto son circulares o alargadas, de color pardo y centro grisáceo, donde se desarrollan las estructuras reproductivas del hongo. En las hojas las lesiones son redondas, de color pardo, centro grisáceo, rodeadas de un pequeño halo, clorótico y producen necrosis de la hoja. Las lesiones ocasionan la perforación del tejido y provocan amarillamiento y defoliación, facilitando la exposición de los frutos, al sol, lo cual trae como consecuencia, el llamado golpe de sol en los frutos (Tamayo y Jaramillo 2006).

Manejo cultural

Un amplio espaciamiento entre surcos, (1,3 m) y plantas (0,5 m), que favorece la aireación del cultivo, reduce la severidad de la enfermedad.

Control químico (Tablas 20 y 21) Utilizar los siguientes fungicidas

Tabla 20. Fungicidas usados para el control de ojo de sapo en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Dithane M- 45 ; Manzate 200 WP	Mancozeb	3 g/l.
Control 500	Clorotalonil	2,5 cc/l.
Daconil 750 SC	Clorotalonil	1 cc/l.
Antracol WP 70	Propineb	3 g/l.
Format 70 WP	Propineb	1,5 a 2,5 g/l.
Oxiclor 35 WP - Oxicob W P	Oxicloruro de cobre	2 g/l.
Hidroxido Cuprico	Kocide 101	2 a 3 g/l.
Captan 50 WP - Orthocide 50 %	Captan	2 a 3 g/l.

Rotados con productos a base de:

Tabla 21. Fungicidas usados para el control de ojo de sapo en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Control 500 SC	Clorotalonil	2,5 cc/l
Daconil 720 SC		1 cc/l
Antracol WP	Propineb	3 g/l
Format 70 WP		1,5 - 2,5 g/l
Dithane M-45	Mancozeb	3 g/l
Manzate 200 WP		
Cobrethane	Oxicloruro de cobre + Mancozeb	2-3 g/l
Oxicob WP	Oxicloruro de cobre	2 g/l
Oxiclor 35 WP		
Kocide 101	Hidróxido cúprico	2 g/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

Marchitez, pudrición suave, Erwinia (*Erwinia Winslow et al*)

Importancia y distribución

La pudrición suave se presenta en cultivos de pimentón en condiciones de campo y almacenamiento. La pudrición suave por *Erwinia* sp.es una enfermedad de importancia económica en cultivos de pimentón a libre exposición en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca (Tamayo, P. y Jaramillo, J 2006).

Condiciones favorables

Es una enfermedad favorecida por lluvias continuas. La bacteria se disemina por el salpicado del agua lluvia, agua de escorrentía, herramientas contaminadas y se ve favorecida por el ataque de insectos y prácticas de poda.

Síntomas

En pimentón, la enfermedad se manifiesta en los frutos, causando una pudrición acuosa y maloliente del fruto, que permanece adherido al pedúnculo (Figura 82) (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Figura 82. Pudrición acuosa en fruto de pimentón

Manejo cultural

Los frutos de pimentón afectados deben ser recogidos semanalmente de la planta y retirados del cultivo. Las prácticas dirigidas a disminuir la presencia de insectos, disminuyen la incidencia de la pudrición suave en pimentón. (Tamayo y Jaramillo 2006).

Manejo químico

Los cuartos de almacenamiento, las bandejas de siembra, así como las canastillas en las cuales se transportan y comercializan estas hortalizas, se deben desinfectar mediante aspersión en los cuartos o inmersión de las bandejas y canastillas, en productos a base de hipoclorito de sodio al 1 o 2% o yodo agrícola (Agrodyne SL en dosis de 2 – 3 cc/l). Durante las labores de poda se debe realizar la desinfección o lavado de manos, herramientas y/o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio al 1 o 2% o yodo agrícola (Agrodyne SL en dosis de 2 – 3 cc/l), complejos de yodo (Vanodine al 5%) o creolina al 8%.

En cultivos de pimentón, la aspersión al follaje de los siguientes productos y de insecticidas, también reduce la incidencia de la enfermedad (Tabla 22) (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Tabla 22. Fungicidas y bactericidas usados para el control de *Erwinia* Winslow et al en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Kasumin 2%	Kasugamicina	1,5 cc/l
Cobrethane	Oxicloruro de cobre + Mancozeb	2 - 3 g/l
Oxicob WP	Oxicloruro de cobre	2 g/l
Oxiclor 35 WP		
Kocide 101	Hidróxido cúprico	2 g/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

Mancha bacterial, Xanthomonas (*Xanthomonas vesicatoria* (Doidge), Vauterin *et.* al)

Importancia y distribución

La enfermedad se ha reportado en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca, principalmente bajo condiciones de campo abierto. (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Condiciones favorables

A campo abierto, la enfermedad es frecuente en zonas de clima medio y frio, donde prevalecen las condiciones de humedad relativa alta y temperaturas entre 17 y 24 °C. El patógeno se trasmite en las semillas y sobrevive en restos de cosecha, hasta

por seis meses y en malezas como el bledo (*Amaranthus dubius* Mart. Ex Thell.), el rabo de gato (*Acalipha virginica*), el huevo de sapo (*Physalis angulata*), la yerba mora, (*Solanum nigrum* Sendt), el buche de rana, (*Physalis pubescens*), la altamisa o artemisa, (*Ambrosia elator*), botón blanco o botoncillo, (*Eclipta alba L.*), trébol blanco, (*Trifolium repens*), y la salvia amarga (*Eupatorium capillifolium* wart). El salpicado de agua por la lluvia o riego favorecen la diseminación de la bacteria en cultivos a campo abierto; bajo invernadero, por el control que se pueden hacer de éstas dos condiciones, la incidencia del problema es muy bajo. (Tamayo y Jaramillo 2006).

Síntomas

La mancha bacterial del pimentón, es una enfermedad que se puede presentar desde la etapa de semillero. En plántulas de semillero, la bacteria produce manchas negras y húmedas en hojas (Figura 83). En plántulas adultas, la bacteria produce lesiones pequeñas, de forma irregular color castaño claro, y rodeadas de un leve halo clorótico (Tamayo y Jaramillo 2006).

Figura 83. Lesiones en hojas causadas por *Xanthomonas vesicatoria*

Manejo cultural

Dado que la bacteria se trasmite por la semilla, se debe usar semilla de buena calidad, para evitar el establecimiento de la mancha bacterial desde los semilleros. La selección de plántulas libres de la enfermedad en el momento del trasplante, es importante para evitar epidemias desde los primeros estados de desarrollo del cultivo. Amplias distancias de siembra, y suelos bien drenados disminuyen la severidad de la mancha bacterial del pimentón.

Si la enfermedad se presenta durante los primeros estados de desarrollo se debe realizar una poda de tallos y hojas afectadas, para proceder a retirar y eliminar el tejido enfermo hacia lugares alejados del cultivo. Es necesario desinfectar las herramientas y los guantes del operario, responsable de la poda, al pasar de planta a planta con productos a base de

hipoclorito al 1 o 2 %, yodo agrícola, (Agrodyne SL, en dosis de 2 a 3 cc/l.) complejos de yodo (Vanodine), al 5 % o creolina al 8 % (Tamayo y Jaramillo 2006).

Durante el cultivo, se debe tener un adecuado control de malezas, ya que algunas son hospederas, de la bacteria causante de la enfermedad. Una vez finalizado el cultivo que ha sufrido ataques por la mancha bacterial, se deben retirar y eliminar los residuos de cosecha y realizar una rotación de por lo menos uno a dos años, con cultivos no susceptibles al patógeno como maíz dulce, lechugas y leguminosas como arveja o guisante.

Control químico

Utilizar los siguientes fungicidas, en rotación con productos a base de mancozeb, (Dithane M- 45, Manzate 200 WP), en dosis de 3 g/l., para reducir la incidencia y la severidad de la enfermedad (Tabla 23).

Tabla 23. Fungicidas y bactericidas usados para el control de *Xanthomonas vesicatoria* en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Cobrethane	Oxicloruro de cobre + Mancozeb	2 a 3 gr/l
Oxicob WP - Oxiclor 35 WP	Oxicloruro de cobre	2 gr/l
Kocide 101	Hidroxido cuprico	gr gr/l
Validacin SL	Validacin A	1.25 a 1.5 cc/l
Kasumin %	Kasugamicina	1.5 cc/l
	Sulfato de Streptomicina	0.5 cc/l
Cumbre	Sulfato de Gentamicina	0.6 gr/l

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS

Virus de partículas filamentosas – pimentón

Importancia y distribución

El virus posee partículas filamentosas de aproximadamente 750 nanómetros (nm) de largo. En Colombia se presenta en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca, donde se han observado cultivos de pimentón con 80% de incidencia de este virus.

En Colombia se han registrado otras enfermedades virales en cultivos de pimentón basados en los síntomas observados, lo cual no garantiza un adecuado y correcto diagnóstico de tales enfermedades. La importancia económica de las enfermedades virales es desconocida y no se han realizado trabajos de reconocimiento y distribución (Tamayo y Jaramillo 2006).

El virus del moteado del pimentón (Pepper motle virus-PepMoV) y el virus del moteado venal del pimentón (Pepper veinal mottle virus-PMVV) son dos enfermedades virales causadas por virus pertenecientes al grupo de los potivirus que se mencionan afectando cultivos de pimentón en Cundinamarca y posiblemente sean similares a los detectados en Antioquia y Valle del Cauca.

Condiciones favorables

Ambos virus son transmitidos por diferentes especies de áfidos. Períodos de verano prolongado y altas temperaturas que favorecen la reproducción del insecto vector lo cual contribuye a la diseminación de la enfermedad. El viento sirve para diseminar los vectores y, por ende a propagar la enfermedad (Tamayo y Jaramillo 2006).

Síntomas

Los síntomas en plantas de pimentón incluyen mosaico foliar amarillo generalizado. La superficie de la hoja presenta rugosidades (Figura 84) y en la superficie de los frutos verdes y maduros procedentes de plantas afectadas se observa un leve moteado (Tamayo y Jaramillo 2006).

Manejo

No se han realizado estudios dirigidos a evaluar la eficacia de prácticas de control cultural o de manejo de los vectores. Se recomienda el uso de semillas procedentes de cultivos de pimentón donde no se hayan observado síntomas de enfermedades virales. Las plantas con síntomas de virus se deben eliminar e incinerar (Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006).

Figura 84. Lesiones causadas por virus en planta de pimentón

ENFERMEDADES CAUSADAS POR NEMÁTODOS

Nematodos del nudo, Meloidogyne *(Meloidogyne incógnita* (Kofoid & White) *Chitwood; Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood; *Meloidogyne hapla Chitwood)*

Importancia y distribución

En cultivos de pimentón, los nemátodos del nudo del género *Meloidogyne* spp. Ocasionan pérdidas superiores al 20%, principalmente cuando la infección proviene de semillero. La especie *M. hapla,* afecta cultivos pimentón en Antioquia. Especies no determinadas de *Meloidogyne* sp., han sido detectadas en cultivos de pimentón en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Valle del Cauca.

Si las plantas están afectadas desde el momento del trasplante es prácticamente imposible recuperarlas. En el cultivo los daños por el nemátodo se presentan en nudos o parches y son más severos en suelos livianos o arenosos. La amplia gama de cultivos y malezas que son susceptibles a *Meloidogyne* spp., hace más difícil el control de éstos organismos que favorecen e incrementan la severidad de los ataques por la bacteria *R. solanacearum* (Tamayo, P. y Jaramillo, J 2006).

Condiciones favorables

Los nemátodos del nudo y en particular *Meloidogyne incógnita* es una de las especies más frecuentes asociada a diferentes cultivos en la zona tropical y de mayor distribución ecológica en una gran diversidad de suelos y ambientes.

Los nemátodos representan un problema más serio en suelos livianos y los ataques son moderados en suelos con pH bajo. Los ataques son favorecidos por temperaturas moderadas en el suelo entre 16 y 17°C y su diseminación ocurre a partir de semilleros afectados o por agua de riego. (Tamayo y Jaramillo 2006).

Síntomas

Los daños pueden ocurrir durante la etapa de semillero. Las plantas de pimentón afectadas por los nemátodos del nudo sufren retraso en su desarrollo y los daños sólo se detectan al momento del trasplante a sitio definitivo. Los nemátodos de nudo producen pequeñas protuberancias, agallas o nudos en las raíces más pequeñas.

En condiciones de cultivo las plantas afectadas por el nematodo de nudo *Meloidogyne* spp. presentan amarillamiento de las hojas más viejas, retraso en su desarrollo y disminuyen considerablemente su producción. Ocasionalmente, las plantas afectadas

por el nemátodo pueden experimentar marchitamiento foliar temporal en días calurosos o temporadas secas.

Las raíces de las plantas afectadas por el nematodo, presentan numerosas agallas o nudos que se concentran a la base de la planta, formando masas de raíces deformadas, que favorecen el ataque de otros patógenos, ocasionando la pudrición de las mismas y el debilitamiento de la planta (Tamayo y Jaramillo, 2006).

Los nemátodos producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, lo que implica un menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez en las horas de más calor, clorosis y enanismo. Se distribuyen por rodales o líneas y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte terrestre. Además, los nematodos interaccionan con otros organismos patógenos, bien de manera activa (como vectores de virus), bien de manera pasiva facilitando la entrada de bacterias y hongos por las heridas que han provocado (Productores de hortalizas. 2004).

Manejo cultural

Dado que los nemátodos del género *Meloidogyne* spp. son muy frecuentes en la mayoría de los campos, el control de éstos organismos debe ser preventivo en el semillero. Para los semilleros no se deben utilizar suelos procedentes de campos que hayan sufrido ataques por el nemátodo. El suelo que va a ser usado en los semilleros debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días, el cual permite reducir las poblaciones del nemátodo. La aplicación al suelo de algunos aislamientos de hongos antagónicos, *Verticillium chlamydosporium, Paecilomyces lilacinus, Metarhizium anisopliae y Beauveria bassiana* han logrado reducir las poblaciones de nemátodos del género *Meloidogyne* spp.

La aplicación al suelo del hongo micorrizogénico *Glomus etunicatum,* posibilita una mayor tolerancia del pimentón al ataque del nematodo *M. javánica.* También se han observado otros hongos del género *Arthrobotrys* sp. capturando nemátodos en condiciones de campo, pero se desconoce la efectividad de aplicaciones de éstos hongos en cultivos comerciales de pimentón y tomate. Para evitar llevar plántulas afectadas al campo, se recomienda la inspección o revisión previa de las raíces y eliminación de las plántulas con síntomas de ataque por el nemátodo al momento de trasplante.

Se debe realizar un control frecuente de malezas, ya que muchas de ellas son afectadas por los nemátodos del nudo. Se recomienda fertilizar con abono completo y con grandes cantidades de materia orgánica (gallinaza, más de 2 t/ha). La siembra de cultivos

trampa como la rosa amarilla o flor de muerto *(Tagetes* spp.*)* o la crotalaria, cascabelito o cascabelillo *(Crotalaria* spp.), usados antes de la siembra o en rotación después del cultivo como cobertura (Tamayo y Jaramillo 2006).

Manejo químico

En condiciones de campo se recomienda aplicar los siguientes nematicidas en banda al surco al momento del trasplante (Tabla 24):

Tabla 24. Nematicidas usados en el control de *Meloidigyne* sp. en pimentón

Producto Comercial	Ingrediente Activo	Concentración recomendada para aplicación
Mocap 15 GR BIODAC	Ethoprop	10 -15 kg/ha
Thimet 5G	Forato	5 - 10 kg/ha
Temik 15 GR	Aldicarb	10 -15 kg/ha
Furadan 3 GR	Carbofuran	25 - 30 kg/ha
Curater GR 3		
Carboter 3 GR		

(Tamayo, P. y Jaramillo, J. 2006)

ENFERMEDADES NO PARASITARIAS

Asfixia radical

El pimentón es una de las hortalizas más sensibles a esta enfermedad. La asfixia de las raíces es una alteración fisiológica que se manifiesta desde los primeros estadios de las plantas. La causa principal es la ausencia de oxígeno, necesario a las raíces para su respiración, originada por el desplazamiento del aire al existir exceso de agua en suelos arcillosos y con mal drenaje que se manifiesta por una marchitez general y pudrición de toda la parte inferior de la planta (Figura 85) (Reche, J, 2010).

Figura 85. Planta de pimenton con síntomas de asfixia radical.

Los síntomas no son idénticos en todo el invernadero sino por zonas coincidiendo en suelos con deficiente drenaje, acompañado de pudrición de raíces y cuello de la planta. Normalmente si no es intensa la marchitez la planta se puede recuperar dando lugar a nuevas raicillas. Otras causas que pueden influir en la asfixia radical son: alta salinidad del suelo, elevado contenido de humedad ambiental que reduce la evaporación de las plantas y encharcamiento del terreno por deficiente nivelación.

Para su control hay que actuar de forma preventiva por medio de las prácticas siguientes:

Mejorar el drenaje del suelo, correcta nivelación para facilitar la distribución homogénea del agua de riego, utilización de tensiómetros que contribuyan a planificar los riegos, evitar los encharcamientos, ventilar para rebajar la humedad relativa en exceso, separar los goteros entre 10 y 15 cm de la planta y evitar el uso de barras para hacer los hoyos durante el trasplante (Reche, J, 2010).

Necrosis apical *(Blossom end rot)*

También conocida como “podredumbre apical” (Figura 86). Está relacionado con el crecimiento del fruto y la asimilación del calcio, además de otros factores genéticos y ambientales. Afecta regularmente a los cultivos de pimentón, tomate y berenjena. La enfermedad en pimentón produce cerca del ápice del fruto necrosis que puede llegar a afectar, a veces, hasta la mitad del mismo. El daño se inicia por medio de una mancha blanquecina redondeada que posteriormente se deprime, necrosándose y ennegreciéndose. La necrosis es debida al desequilibrio entre el agua transpirada por la planta y la absorbida por las raíces, de tal forma, que en ocasiones, la absorción por las raíces no es suficiente para compensar el agua transpirada, por lo que la planta extrae de los frutos parte de esa reserva; la zona apical, más sensible, es afectada destruyéndose por deshidratación. Dicha alteración es consecuencia de una deficiencia de calcio en el extremo del fruto durante la maduración, causado por una reducida movilidad del calcio en la planta en relación con la demanda de los frutos (Reche, J, 2010).

Figura 86. Pudrición en extremo apical o “culillo” en frutos de pimentón (tomado de: http://www. agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/nutrition-of-peppers-2010-guatemalav2.pdf)

También tienen influencia en la aparición de la necrosis: altos niveles de potasio en relación con el calcio, salinidad elevada, alta temperatura, baja humedad ambiental y elevada luminosidad, exceso de abonos nitrogenados que reducen el transporte de calcio hacia el fruto y susceptibilidad de la variedad cultivada (Reche, J, 2010).

Para prevenir éste fenómeno fisiológico se recomienda: riegos regulares y suficientes, mantener una humedad suficiente no inferior al 60 %, abonados fraccionados para evitar el incremento de la tensión en la solución del suelo evitando los excesos de nitrógeno, prefiriendo la forma nítrica a la amoniacal, ventilar el invernadero para reducir las altas temperaturas, mantener niveles adecuados de calcio en la solución del suelo, principalmente a partir del comienzo del engorde de los frutos.

El control de la podredumbre apical es problemático, por lo que aparte de lo indicado anteriormente es conveniente realizar tratamientos a base de productos cálcicos por vía foliar o directamente al suelo. Los productos y dosis empleados son los siguientes: por vía foliar: pulverizaciones a base de cloruro cálcico en concentración de 2-4 g/l de agua, iniciando los tratamientos al principio de la fructificación, dando 3-4 aplicaciones, en riego por goteo: nitrato de cal empleado a dosis de 25 kg/ha, productos comerciales a base de calcio y microelementos empleados después del cuajado de los frutos (Reche, J, 2010).

Grietas y rajado del fruto

Es otra alteración fisiológica y nutricional muy compleja y asociada a diversos factores, provocada principalmente por desequilibrios en el aporte de humedad al suelo y contraste térmico entre día y noche, coincidiendo con el engorde y maduración de los frutos y épocas de bajas temperaturas. La epidermis del fruto maduro por sus altos niveles de humedad pierde elasticidad y tras un riego abundante después de un periodo seco acompañada a veces con la bajada brusca de la conductividad eléctrica, abonados nitrogenados excesivos o variedades sensibles, es suficiente para romper la epidermis y formar dichas grietas (Figura 87 y 88). Al no poder asimilar totalmente el exceso de agua, ésta penetra en la mesocarpio de los frutos empuja el epicarpio hacia el exterior y al no ser demasiado elástico rompe, hasta desgarrarlo y formar grietas circulares alrededor del pedúnculo o longitudinales a lo largo del fruto que puede afectar la carne o la superficie (Reche, J, 2010).

Las medidas para reducir dichas grietas consisten en:

Fertirrigación equilibrada y continua, principalmente con calcio, magnesio y potasio, uso racional de los abonos nitrogenados, no exceder la poda de hojas ya que se reduce la transpiración y ésta se desplaza a los frutos, control del ambiente del invernadero y sobre todo de la temperatura.

Figura 87 y 88. Grietas y rajado del fruto

Empleo de variedades tolerantes o resistentes, evitar riegos excesivos, sobre todo en épocas de maduración de los frutos (Reche, J, 2010).

2.10. PROBLEMAS QUE OCASIONAN LAS ARVENSES O MALEZAS EN EL CULTIVO

Competencia por nutrientes con la planta

Todas las recomendaciones de fertilización que se hacen están basadas en las necesidades del cultivo o la extracción de nutrientes del suelo, y si hay malezas creciendo a la par de las plantas de pimentón éstas consumen parte del abono que se aplica para dicha hortaliza, afectando su crecimiento (Figura 89) (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Figura 89. Presencia de malezas en el cultivo de pimentón

Competencia por agua y luz con la planta

El desarrollo de malezas a la par del cultivo limita la cantidad de agua y luz que la planta podría tener sólo para ella; por ejemplo, hay malezas que crecen más rápido que el pimentón, las cuales en determinado momento cubren las plantas dándoles sombra y

haciendo menos eficiente la fotosíntesis, la polinización y el cuajado de los frutos por falta de luz. Igualmente, el tiempo de riego necesario aumenta debido a la competencia, lo que repercute directamente en el bolsillo del productor, ya que tiene que pagar más energía o combustible y agua (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Son hospederos de plagas y enfermedades

Se denomina hospedera a la planta que sirve de manera específica o forzosa para que un insecto u hongo pase en ella parte de su vida, dándole asilo cuando el cultivo no está en el campo y permitiendo que complete su ciclo de vida. Ya que las malezas pueden ser verdaderos hospederos, para tener éxito en el cultivo es esencial manejar las malezas con anterioridad, no sólo las que crecen en el campo de siembra sino también las que están a sus alrededores. En caso de tener malezas en el campo de cultivo se recomienda hacer aplicaciones de pesticidas también a las malezas (Jaramillo, *et al.,* 2012).

CONTROL DE MALEZAS

Según Labrada y Paredes,1983 citado por De la Cruz, el pimentón trasplantado debe permanecer libre de malezas durante los primeros 60 días después de trasplante, pero Pereira 2008, dice que es necesario controlarlas de manera más o menos drástica, dependiendo del grado de infestación y agresividad, al menos durante el período crítico de interferencia (PCI), que se inicia desde el trasplante de las plantas y dura de 21 a 85 días.

Dentro del surco, las malezas interfieren en el cultivo compitiendo por luz, agua y nutrientes del suelo, o a través de la producción y secreción de sustancias tóxicas al cultivo (alelopatía), por ser hospederas alternas de patógenos o insectos plagas de cultivo, o por favorecer el aumento de la humedad relativa dentro del invernadero favoreciendo la presencia de plagas y enfermedades (Barreto *et al.,* 2002; Lobo y Jaramillo, 1984). Por ésta razón se deben eliminar dejándolas en las calles para que mediante su descomposición se incorporen al suelo, siempre y cuando con inspección se compruebe que no son fuente de inóculo de plagas ni de enfermedades. Las malezas dentro de las calles de los surcos (si no afectan el cultivo por un exceso de humedad) se dejan para favorecer el refugio de enemigos naturales de las plagas (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Es importante tener en cuenta las condiciones climáticas al interior del invernadero al momento de realizar una desyerba a las calles, ya que si hay una humedad relativa muy alta en él, es aconsejable eliminar las malezas para tratar de bajar esta humedad; si, por el contrario, al interior del invernadero se presentan altas temperaturas, ésto puede

ocasionar una disminución severa de la humedad relativa; en este caso es aconsejable dejar las malezas en las calles para controlar esta situación, siempre y cuando no sean hospederas de plagas y enfermedades.

Las desyerbas se deben realizar periódicamente en forma manual o con azadones, teniendo cuidado de no causar daño a las raíces. La utilización de herbicidas para el control de malezas en el invernadero no es una práctica muy recomendable, ya que se podría causar fitotoxicidad al cultivo debido a la residualidad que presentan algunos de éstos productos (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Existen varios métodos de control de malezas, de los cuales podemos mencionar: manual, mecánico, competencia del cultivo, biológico, fuego y químico. El mejor método normalmente incluye la combinación de al menos dos, a lo que se denomina control integrado de malezas. (Martínez, J.)

Control Manual

Con herramientas manuales (cuma, azadón, machete, entre otros.) o directamente manual (Figura 90). Se recomienda hacer controles manuales únicamente en la línea de siembra, donde va la manguera de goteo, teniendo cuidado de no romperla (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Figura 90. Control manual de malezas en cultivo de pimentón

Control mecánico

En el control mecánico se utiliza tractor o cultivadoras con motor; también se pueden utilizar equipos con tracción animal. Se hace principalmente en las calles y se recomiendan dos limpias, a los 20 y 35 días después del trasplante. (Jaramillo, *et al.,* 2012). Sin embargo, no debe ser muy profunda esta labor debido a que puede favorecer la germinación de semillas latentes en el suelo incrementándose la población de malezas(Martínez, J.).

Control químico

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

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

Si se usa éste producto no se debe olvidar acidificar el agua a un pH de 4, que se trasloca hasta las raíces y coquitos de la planta y de ésta manera disminuye las poblaciones con efectividad; sin embargo, el tiempo para llevar a cabo todo el procedimiento es de aproximadamente 30 a 35 días (incluyendo el tiempo de preparación de suelos y desarrollo de la maleza), lo que viene a reafirmar la importancia de la planificación de la siembra (Jaramillo, *et al.,* 2012).

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

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

Control de malezas con coberturas plásticas o acolchados

Otra forma de controlar las malezas dentro del surco es mediante la utilización de coberturas plásticas sobre el surco, que además de impedir el brote de las malezas reduce el consumo de agua al disminuir la evaporación, ayuda a una mejor distribución del agua en el perfil, protege el suelo de la erosión, favorece el desarrollo y penetración radicular de manera horizontal, facilita la absorción óptima de los nutrientes (Jaramillo, *et al.,* 2012 y Martínez, J.), el almacenamiento de calor en el suelo para el periodo nocturno, y reduce la elevación de temperatura diurna; así como la variación de ésta– constituyéndose en medio de defensa de las plantas contra las bajas temperaturas e influyendo considerablemente en el aumento de la producción y mayor precocidad en la cosecha de los frutos; así mismo, puede ayudar a disminuir el desarrollo de enfermedades foliares, ya que dentro del invernadero se mejora el microclima gracias a que se reduce la evapotranspiración de la humedad del suelo, se restringe la pérdida de nutrientes por lixiviación o fijación y se aminora la compactación del suelo, facilitando la actividad microbiana y aumentando el nitrógeno disponible en el suelo al disminuir la evaporación de los compuestos nitrogenados. (Jaramillo, *et al.,* 2012)

Las coberturas más utilizadas actualmente son el polietileno calibre tres plateado, ampliamente utilizado para el control de arvenses, (Figura 91), transparente (para aumentar la temperatura del suelo y desinfectar por solarización) y blanco (para obtener mayor reflexiones de radiación). En climas cálidos se recomienda el uso de blanco/negro o plateado/negro, y en climas fríos negro o plateado/negro. (Jaramillo, *et al.,* 2012).

Figura 91. Uso de cobertura para control de malezas.

Control de malezas en el Oriente antioqueño

En el Oriente antioqueño el control de malezas en cultivos de pimentón bajo condiciones protegidas se realiza, por lo menos un mes y medio antes de la siembra con un producto a base de glifosato (Round up) de contacto y luego se realiza la preparación del terreno.

Cuando el cultivo está establecido generalmente se hace control manual en los surcos de siembra y con azadón en las calles o en algunas ocasiones se realizan aplicaciones de herbicidas en banda con algún instrumento que sirva de barrera para que el herbicida no entre en contacto con el cultivo o con un herbicida selectivo y ésto disminuye el costo de mano de obra.

COSECHA

Es la labor de colectar la producción, dentro del proceso de cosecha y poscosecha lo más importante es la conservación del producto con calidad e inocuidad.

El pimentón se debe recolectar cuando alcanza su completo desarrollo (Figura 92), en función de la forma y color del fruto o baya. La recolección debe ser cuidadosa, realizada con tijera, cortando por encima del fruto para dejar un poco de pedúnculo (Giambanco de E. 2006). La cosecha ideal se determina visualmente, cuando los frutos alcanzan el tamaño máximo y el crecimiento de formato típico de cada especie, con el color específico que demanda el mercado.

Figura 92. Pimentón recién cosechado

El momento ideal para cosechar en las horas de la mañana o al atardecer, es decir en las horas del día cuando esté menos caliente. Los frutos se deben almacenar siempre en la sombra, en un lugar fresco. La exposición directa al sol aumenta la pérdida de la respiración y el agua, lo que resulta en el marchitamiento y deterioro de la fruta. También se debe evitar la recolección de frutas mojadas por la lluvia o el rocío, porque

tienden a descomponerse rápidamente durante el transporte y la comercialización. (Henz y Moretti, 2008).

Se debe capacitar a todo el personal, acerca de la inocuidad alimentaria y cómo prevenir la contaminación biológica en las frutas y vegetales frescos; bienestar, salud, seguridad laboral. Es importante tener una buena salud e higiene, el lavado de las manos, utilización de ropa adecuada y limpia (tapaboca, guantes, gorro), no fumar en las labores de cosecha y poscosecha, reforzar el uso de las instalaciones sanitarias, controlar el ingreso de animales a las áreas de empaque y almacenamiento

Programación de la cosecha. Tener en cuenta la mano de obra, el día de la cosecha, llevar los registros, ubicar un sitio de almacenamiento adecuado, el sitio de acopio: limpio, libre de animales, protegido del sol y lluvias.

El momento ideal para cosechar es en las horas de la mañana o en la tarde, que haya menos radiación solar. El sitio de cosecha en donde se almacenan los frutos debe estar a la sombra, en un lugar fresco; evitando la exposición directa al sol.

Para conservar la calidad del pimentón desde el campo hay que tener en cuenta los procesos metabólicos:

La respiración es el proceso por el cual el oxígeno atmosférico es aprovechado para metabolizar compuestos de almacenamiento (azúcares y almidón) para formar diversos productos derivados como: CO_2, agua y energía en forma de calor.

La transpiración es un fenómeno físico de pérdida de vapor de agua, a través de la cutícula, estomas o lenticelas del área expuesta a las condiciones medioambientales según el producto. La pérdida de agua se evidencia con la pérdida de turgencia, lo cual disminuye la calidad de la fruta y su peso; con la consecuente disminución de su valor comercial.

La limpieza de la fruta se realiza con un paño limpio o el lavado en una solución de 3 ml de cloro por un litro de agua limpia, por un tiempo menor a un minuto.

Para empacar el pimentón este debe estar seco, se puede hacer con secadores de aire a temperatura ambiente o caliente y manualmente con paños, rodillos o espumas limpias.

La calidad del fruto se ve afectada por daños fisiológicos, hongos, plagas, bacterias y maduración irregular.

Una vez cosechados y seleccionados de acuerdo al tipo de categoría, se deben limpiar con una tela seca para eliminar las suciedades del campo y posibles residuos de fumigaciones. (Figura 93.)

Figura 93. Proceso tecnificado de selección, limpieza y empaque de pimentón

Los pimentones cosechados, deben estar empacados en cajas plásticas o canastillas. (Figuras 94 y 95.) No deben llevar más de tres capas de producto. Para mercados internacionales se utilizan cajas de cartón (Figura 96). Los empaques deben ser cajas limpias y desinfectadas.

Figura 94 y 95. Pimentón empacado en canastillas plásticas.

Figura 96. Caja de cartón para exportar

Cosecha en el Oriente antioqueño

Para la zona del Oriente antioqueño el pimentón tiene un tiempo a cosecha de aproximadamente 120 días después del trasplante. El momento más oportuno de

cosecha está dado por las preferencias del mercado por el tipo lamuyo o cuadrado y por el grado de madurez; depende del tipo de mercado para el que va dirigido, ya sea la industria o consumo en fresco; si su destino es la industria, se cosecha en verde y si es el mercado en fresco con al menos un 30% del fruto rojo. La frecuencia de cosecha se dá por la demanda del producto, generalmente se realiza dos veces por semana.

Se utilizan tijeras podadoras cortando a ras del fruto dejando un pedazo de pedúnculo, los frutos se van recogiendo en un balde y luego se pasan a una canastilla. Posteriormente se hace la selección de los frutos descartando los pimentones que presenten enfermedades, deformaciones o que no hayan tenido un buen desarrollo.

Implementos y herramientas para el momento de la cosecha

Tijeras podadoras

Guantes

Baldes

Canastillas

Figura 97, 98, 99 y 100. Implementos y herrameintas

En una evaluación de materiales para el mercado internacional, para efectos de la investigación se recolectó el material cuando tenía un grado de maduración (Figura 101) del 21 - 40%, pero para efectos de comercialización los frutos se pueden recolectar en verde, cuando ha alcanzado el desarrollo propio de la variedad, justo antes de que empiecen a madurar. Se continua con una frecuencia de 10 días, y si son para el consumo inmediato se cosechan cuando hayan tomado color, pero si se van a destinar para condimento (pimentón seco), se deben dejar madurar completamente, conservándolos luego en un lugar seco.

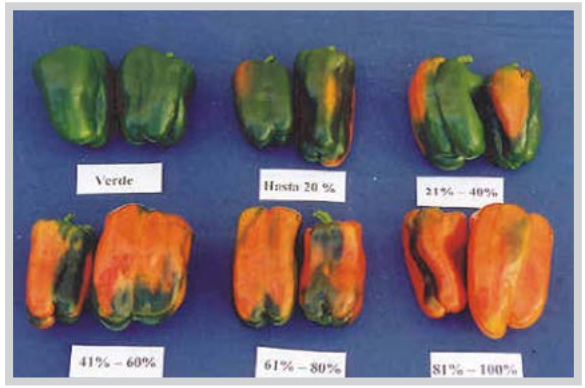


Figura 101. Grados de maduración del pimentón
(Tomado de http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s04.htm)

Para el caso de la clasificación se separaron los frutos de acuerdo a la categorías Extra, I, y II (Figura 102) de la norma para pimentón dulce de las Naciones Unidas (UN/ECE Standard FFV-28, 2010)

Figura 102. Clasificación de pimentón por categorías.

Según la Norma Técnica Colombiana de Icontec NTC 3436-1, el calibre mínimo, medido como el diámetro ecuatorial del fruto, para exportación varía en función de su forma; así, si es cuadrado será de 50 mm, si es puntiagudo o alargado de 30 mm, si tiene forma cónica de 40 mm, y si es de forma aplastada o liso de 55 mm. De acuerdo a ésto, todos los genotipos estudiados se clasifican como aplastados.
La norma de USDA (2005) para pimientos, establece que los frutos de la categoría extra o “Fancy” deben tener un ancho > 3 inch (Pulgada) (7,6 cm) y un largo > 3in ½ (8,9 cm), para la categoría I ancho y largo superior a 2in ½ (6,4 cm). La relación entre diámetros longitudinal y ecuatorial nos indica la forma de los frutos: cuando es superior a uno significa que son frutos cónicos y cuando igual a uno frutos redondeados.

POSCOSECHA

El periodo transcurrido desde la recolección de los productos en el campo hasta que son consumidos en estado fresco o son utilizados en procesos industriales.

Los requisitos mínimos de calidad que debe reunir el producto son: fruto entero, firme, sano (sin rajaduras, plagas ni enfermedades), libre de daños físicos, mecánicos, fisiológicos o fitopatológicos, limpio (sin materiales extraños), con un color, forma y tamaño típico de la especie y variedad, de aspecto fresco, libre de daño de sol, sin daños de heladas, sin pudrición, exentas de olores y sabores extraños. (http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ AE620s / Pfrescos/PIMIENTO.HTM#a3).

En el Oriente antioqueño, después de la cosecha se realiza la selección de los frutos con daños, enfermedades, podridos, daños fisiológicos y se descartan para enviar al mercado un producto sano y en buenas condiciones.

El transporte debe tener buenas condiciones para no dañar la calidad de la frutas, las causas de daño pueden ser: mal acomodado el producto dentro de los empaques y los empaques arrumados, el vehículo con mala suspensión, exceso de velocidad, malas vías de comunicación, problemas con el clima y el tiempo, las altas temperaturas tienen un efecto directo sobre su calidad y vida comercial, mala ventilación durante el transporte, cargas mixtas no compatibles e higiene deficiente en los vehículos.

TRANSFORMACIÓN

Las industrias transformadoras de pimentón deben seguir recomendaciones de los departamentos de salud estatales y de vigilancia sanitaria para la adopción de estándares químicos, físicos y microbiológicos de control de calidad. Se dirigen en primer término a la calidad de las materias primas y la adopción de cuidados de higiene durante los procesos de producción de conservas, salsas y otros productos a base de pimentón (da C. Ribeiro, C. *et al.,* 2008).

Conservas de pimentón

Las conservas se pueden hacer a base de ácido acético, ácido cítrico, alcohol de grano, licores, aceite o aceite de oliva. En la preparación de conservas se puede utilizar un tipo de pimentón o una mixtura de frutos diferentes con colores variados, dispuestos en capas. Cuando los frutos usados son de varios colores, el enlatado es más atractivo. Este tipo de conserva se conoce como “mezcla” de pimentón, que, envasado en vidrios decorativos, es usado en ornamentación en las cocinas residenciales, bares, cafeterías y restaurantes.

Los frutos de pimentón utilizados en conservas deben ser resistentes a grietas y libres de manchas, lesiones y pudrición, además de estar adaptado para embotellado, es decir, de tamaño pequeño, coloración intensa y estable. Deben poseer excelentes cualidades organolépticas como el sabor, aroma y pungencia.

Los frutos grandes tienen mayor espacio interno, lleno de aire, lo que los hace flotar en la conserva. En poco tiempo estas frutas absorben la solución de conserva y, al entrar en contacto con el aire, termina oscureciendo (oxidándose), comprometiendo la calidad del producto. Los frutos de pimentón gruesos deben ser cortados en rodajas cuando van a ser destinados a producción de conservas o encurtidos. Las conservas más comunes de pimentón usan salmuera o solución de vinagre (ácido acético) y sal. Algunas recetas incluyen especias como el orégano, eneldo, romero y ajo (da C. Ribeiro, C. *et al.,* 2008). Las conservas deben ser almacenadas en vidrios esterilizados identificados con etiquetas que contengan información básica sobre el producto, como, marca, tipo de pimentones, fecha de fabricación, caducidad, nombre y dirección del fabricante, entre otros (da C. Ribeiro, C. et al. 2008).

Salsas

Diferentes tipos de pimentones se pueden utilizar en la fabricación de salsas, la elección de un tipo u otro depende de la receta, el grado deseado de pungencia para la salsa y el mercado al que queremos llegar. Los pimentones que se utilizan generalmente son de una fruta más grande, con pulpa carnosa, coloración roja, con alto contenido de sólidos solubles y agua, que propicien mayor cantidad de pulpa y viscosidad de la pasta, para así prescindir de la adición de sustancias espesantes a la salsa.

Para la producción de salsas de pimentón de buena calidad tanto artesanal como en escala industrial, es indispensable utilizar materia prima de excelente calidad, que no ofrezca riesgos para la salud del consumidor, y la pasteurización del producto final. Son características importantes en la producción de salsa de pimentón: color, aroma, sólidos solubles, brix, acidez y viscosidad o textura (da C. Ribeiro, C. et al. 2008).

Colorantes naturales

La concentración de pigmentos naturales en la pulpa de fruta roja madura en pimentones confiere a esta hortaliza gran y particular importancia en la industria del procesamiento de alimentos. La coloración roja se da de acuerdo a la presencia de carotenoides oxigenados (xantofilas), principalmente capsantina y capsorubina, correspondientes a 65% a 80% del color total de los frutos maduros.

Los pigmentos han sido ampliamente utilizados como colorantes naturales en diferentes líneas de productos transformados, como salsas, sopas, preparación de polvo instantáneo, embutidos de carne (principalmente salchichas y salami) y también en la ración de aves de corral, para mejorar la coloración de las yemas y avivar el plumaje de aves como flamencos (da C. Ribeiro, C. et al. 2008).

Paprika

Para la industria procesadora de paprika, la materia prima debe ser uniforme, frutos sanos (sin lesiones, pudriciones, manchas), dulce (sin capsaicinoides) o baja pungencia y excelente estándar de coloración (más de 200 ASTA, la cual es una medida de coloración determinada por espectrofotometría y expresada en unidades, conforme a la American Spice Trade Association. mayor valor de coloración ASTA corresponde a mayor brillo y color) es decir, alto contenido de capsantina y elevado aprovechamiento industrial. (da C. Ribeiro, C. et al. 2008).

En Antioquia existen empresas que importan pimentón deshidratado y extracto de paprika, para hacer sazonadores, condimentos, marinados, entre otros. Esto nos indica que es un mercado potencial, para explorar la posibilidad de cultivar pimentones con características para la agroindustria.

DEMANDAS DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL

El Programa de Transformación Productiva PTP 2013 del sector hortifruticola, priorizó el cultivo del ají, pimentón y cebolla de bulbo, como potenciales ganadores ante la firma de los tratados de libre comercio y realizó un estudio del potencial del ají, que incluye además el pimentón para estructurar un Plan de Negocios y reportan que en Colombia el ají y pimentón se cultiva para mercado fresco durante todo el año aunque la producción para seco varía con las épocas secas o de lluvias. De todas formas existe disponibilidad de producto procesado para la exportación durante todo el año. Esto unidoal calendario de producción de otros países competidores le presenta oportunidad es especialmente respecto a España y México en los meses de junio a agosto.

El comercio de ají/pimiento fresco está representado fundamentalmente por variedades dulces, mientras que las variedades picantes se comercializan generalmente procesadas. El volumen del comercio internacional de ají y pimentón marca una senda creciente de forma constante y prevemos un aumento del mismo hasta llegar a superar los 6.800 millones de dólares en 2029 (frente a los 5.700 millones en 2011). Ocho países concentran el 71% de las importaciones y están encabezadas actualmente por USA y Alemania que llegan a concentrar el 41% de las importaciones del último quinquenio.

Desde un punto de vista comercial esto presenta una clara oportunidad (se pueden concentrar esfuerzos en pocos países) pero también una gran amenaza (si no se triunfa en el esfuerzo de introducirse en éstos países, y en especial en Estados Unidos, será muy difícil desarrollar éste producto). PTP. 2013

La priorización y selección de productos en el PTP, se realizó teniendo en cuenta las siguientes variables:

Atractivo de cada mercado: consumo mundial, importaciones, crecimiento del comercio mundial, variación del área cosechada, tendencia del consumo per cápita y precio tonelada importada.

Competitividad de Colombia: ingresos por hectárea, rendimiento, condiciones edafoclimáticas, extensión de la producción y admisibilidad fitosanitaria.

3 CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE

3.1 ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

El cultivo del pimentón se ha venido desarrollando en el Altiplano del Oriente antioqueño bajo condiciones agroecológicas aptas para su cultivo y bajo condiciones protegidas, proporcionando condiciones ideales para su desarrollo y óptimos rendimientos.

El cultivo de pimentón bajo condiciones protegidas, contempla labores culturales muy focalizadas que tienen un bajo impacto ambiental, como la preparación del suelo, elaboración de eras, coberturas plásticas, siembras en pendientes planas o ligeramente planas, no superiores al 20% y con drenajes que evitan la pérdida de suelo por escorrentía. El suministro de agua al cultivo se hace mediante riego por goteo, haciendo un uso eficiente del recurso, ayudando a evitar problemas de enfermedades en el cultivo, lo que representa menor cantidad de aplicaciones de fungicidas al cultivo.

El pimentón es una hortaliza para consumo directo en fresco y para transformación, su cultivo se debe hacer siguiendo la normatividad en Buenas Prácticas Agrícolas –BPA, lo que permite garantizar un producto inocuo desde su producción, cosecha y manejo poscosecha hasta llegar al consumidor; por lo tanto, durante su etapa de producción se hace un control fitosanitario utilizando los métodos alternativos descritos en el manejo integrado del cultivo; y en última instancia se recurre al uso de agroquímicos en dosis recomendadas, utilizando productos de categorías toxicológicas III - ligeramente peligrosos y categoría IV - precaución. El producto debe mantener los Límites Máximos de Residualidad –LMR aceptados por los parámetros internacionales.

El montaje de invernaderos, tiene un impacto negativo en el paisaje; se deben tener en cuenta las medidas reglamentarias de las oficinas de Planeación Municipal y medidas de mitigación, como el establecimiento de barreras vivas en los predios alrededor de los invernaderos.

El objetivo de llevar a cabo medidas de gestión ambiental en el predio, es disminuir los impactos negativos al ambiente generados por el establecimiento del cultivo y potenciar los impactos positivos; para esto se debe realizar un diagnóstico ambiental del predio y una valoración o evaluación de los impactos.

Dentro de éste diagnóstico se debe identificar la oferta ambiental:

- Localización de la plantación.
- Condiciones agroclimáticas: precipitación, humedad relativa, radiación solar.
- Riesgos: fenómeno del niño, inundación, granizadas, entre otros.
- Oferta hídrica: disponibilidad o escasee del recurso, alteración de la escorrentía, nivel freático, características físicas y químicas.
- Aptitud del suelo: uso del suelo, cobertura vegetal, cambio de las propiedades del suelo, procesos erosivos, características fisicoquímicas y microbiológicas.
- Diversidad: flora (alteración de la cobertura vegetal, abundancia de especies importantes, alteración de ecosistemas), fauna (abundancia de especies nativas, presencia de nichos ecológicos).
- Riesgos fitosanitarios: presencia en la zona, análisis microbiológico del suelo, identificación de especies hospederas de plagas presentes en la zona (Manejo Integrado de Plagas).
- Infraestructura: vial, de servicios y saneamiento básico.

Además, se debe considerar en el diagnóstico la demanda ambiental que incluye los requerimientos de la producción del cultivo del pimentón:

- Requerimientos hídricos (frecuencia de lluvias).
- Luminosidad (horas luz/día), humedad relativa, temperatura promedio, máxima y mínima.
- Características físico-químicas del suelo (estructura, textura, pH, capacidad de intercambio catiónico, balance de elementos).
- Requerimientos nutricionales de la planta (macro y micronutrientes).
- Características edafológicas deseables (microorganismos presentes en el suelo).

Análisis de impactos ambientales

Para la identificación de los aspectos e impactos ambientales asociados a cada una de las actividades que se llevan a cabo en la producción del pimentón, se puede utilizar el "Diagrama de Acción-Aspecto-Impacto" que consiste en construir una relación causa-efecto de la actividad productiva sobre el ambiente, por medio de diagramas donde se sigue la ruta de las consecuencias de una determinada acción sobre un componente

ambiental hasta llegar a determinar los cambios definitivos que se presentan en éste entorno.

A continuación se presentan las definiciones de cada uno de los componentes de la matriz:

- **Acción o actividad:** corresponde a las acciones realizadas en el proceso productivo las cuales son susceptibles de producir impacto.
- **Aspecto:** son elementos de las actividades llevadas a cabo en el proceso productivo que pueden interactuar con el medio ambiente.
- **Impacto:** es el cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, total o parcial como resultado de las actividades llevadas a cabo en el proceso productivo.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriormente presentadas, se identificó para cada etapa: las actividades, los aspectos, los impactos y las medidas de control (prevención, mitigación y compensación) para abordar los impactos asociados del proceso.

- **Medida preventiva:** conjunto de actividades o disposiciones anticipadas, para suprimir o eliminar los impactos negativos que pudieran causarse hacía un determinado recurso o atributo ambiental.
- **Medida de mitigación:** conjunto de acciones propuestas para reducir o atenuar los impactos ambientales negativos.
- **Medida de compensación:** conjunto de acciones que compensan los impactos ambientales negativos, de ser posible con medidas de restauración o con acciones de la misma naturaleza (por ejemplo: reforestación, creación de zonas verdes, compensaciones por contaminación, entre otros).

Matriz de identificación de impactos y medidas

En esta matriz se enuncian los impactos reales y potenciales que se pueden originar en el proceso productivo del pimentón y se enuncia además las medidas de control que se pueden implementar.

Tabla 25. Matriz de identificación de impactos y medidas

Actividad	Aspecto	Impactos	Medidas Control
Adecuación del terreno y siembra	Afectación al recurso hídrico	Disminución del recurso por falta de protección.	Obtener el permiso de concesión de aguas.
			Evitar la siembra en zonas productoras de agua.
		Disminución de caudal por cambio de cobertura.	Mantener las zonas de protección de las fuentes hídricas.
	Afectación al recurso suelo	Incompatibilidad con el uso potencial POT.	Sembrar en zonas planas o ligeramente onduladas con buen drenaje.
		Siembra en pendientes superiores al 10%.	Trazos en curvas de nivel, establecer barreras vivas.
		Afectación de suelo por remoción de la capa vegetal y movimiento de tierra.	Si el terreno no ha sido sembrado o está en descanso se debe arar y rastrillar (30 cm de profundidad) el lote para mejorar las características físicas del suelo.
			Preparación del suelo en forma manual (incorporación de malezas al suelo)
			Preparar el suelo para que quede suelto.
			Construir drenajes alrededor del cultivo (invernadero) para evitar excesos de humedad en el suelo.
		Contaminación del suelo por la generación de residuos sólidos (materiales de empaque).	Disponer adecuadamente los residuos sólidos generados (sitio de acopio).
	Afectación a la flora	Disminución de la cobertura vegetal en cultivos nuevos.	Mantener los lotes aledaños protegidos y siembra de especies diferentes para favorecer la biodiversidad.

Actividad	Aspecto	Impactos	Medidas Control
Adecuación del terreno y siembra	Alteración del paisaje	Alteración visual por el establecimiento de una estructura (montaje de invernadero y coberturas plásticas).	Establecimiento de invernaderos en cultivos que estrictamente lo requiera y establecer barreras vivas para mitigar el impacto visual.
			Disponer adecuadamente los elementos externos al cultivo (residuos, herramientas, etc).
	Afectaciones a las personas	Generación de mano de obra.	Contratar la mano de obra de los habitantes de la zona.
			Entregar a los trabajadores la dotación completa de los Elementos de Protección Personal -EPP.
Aplicación de enmiendas	Afectación al recurso hídrico	Arrastre de compuestos que llegan a las fuentes hídricas por escorrentía.	Disminuir las aplicaciones en temporadas de altas precipitaciones.
	Afectación al recurso suelo	Alteración físico-química y microbiológica.	Hacer las aplicaciones de acuerdo al plan de fertilización recomendado por el profesional del área.
	Afectación al recurso aire	Contaminación por dispersión de material particulado.	Aplicar el producto en forma localizada e incorporarlo para evitar la dispersión de material particulado.
Fertilización y aplicación de materia orgánica -edáfica	Afectación al recurso hídrico	Si el cultivo es al aire libre, se presenta disminución de la calidad del agua por la escorrentía de nutrientes y organismos patógenos.	Bajo condiciones de invernadero, evitar la aplicación de fertilizantes con alta solubilidad para evitar riesgo de contaminación de aguas superficiales o profundas. Además, el riego se debe realizar en la dosis recomendadas para evitar pérdida de fertilizante por escorrentía.
			Realizar las aplicaciones de agroquímicos de acuerdo al monitoreo de plagas y enfermedades.
			Establecer cobertura vegetal alrededor de la unidad productiva.
			Evitar las siembras en zonas de alta pendiente.
			Aplicar el abono orgánico que tenga registro ICA.

Actividad	Aspecto	Impactos	Medidas Control
Fertilización y aplicación de materia orgánica -edáfica	Afectación al recurso suelo	Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo con la aplicación de materia orgánica compostada.	Hacer las aplicaciones de fertilizantes de acuerdo al plan de fertilización recomendado por el profesional del área.
		Aumento de disponibilidad de nutrientes.	Utilización de abonos orgánicos estabilizados y con registro ICA.
		Aumento de organismos benéficos.	
		Aumento de organismos patógenos.	
	Afectaciones a las personas	Contaminación por emisión de olores	Utilización de abonos orgánicos bien compostados.
		Generación de empleo.	Entregar a los trabajadores la dotación completa de los elementos de Protección Personal
Aplicación de insecticidas, herbicidas y fungicidas	Afectación al recurso hídrico	Alteración de las características físico-químicas y microbiológicas.	Realizar las aplicaciones de acuerdo al monitoreo de plagas y enfermedades.
			Utilizar productos registrados ante el ICA para el cultivo de pimentón y en dosis recomendadas por el profesional del área.
			Aplicar productos agrobiológicos.
			En la mezcla de plaguicidas se deben utilizar sustancias adyuvantes como pegantes, dispersantes y surfactantes.
			Hacer uso del pozo de desactivación para el residuo líquido del lavado del equipo de aspersión.
			No lavar la bomba ni verter los sobrantes de los agroquímicos a las fuentes de agua.
	Afectación al recurso suelo	Contaminación del suelo por altas dosificaciones y mezclas de productos sin recomendación técnica.	Hacer las aplicaciones de acuerdo a los resultados del monitoreo y a las recomendaciones técnicas de un profesional del área.
			Utilizar productos registrados ante el ICA para el cultivo de pimentón y en dosis recomendadas por el profesional del área.

Actividad	Aspecto	Impactos	Medidas Control
Aplicación de insecticidas, herbicidas y fungicidas			Utilizar los equipos de aspersión debidamente calibrados.
		Inadecuado manejo de los residuos peligrosos (empaques y envases de agroquímicos).	A los envases vacíos, hacer el triple lavado y posteriormente disponerlos adecuadamente en el sitio de acopio.
	Afectación al recurso aire	Contaminación atmosférica.	Hacer las aplicaciones en las mañanas para evitar derivas por vientos y con dosificaciones de acuerdo al monitoreo.
			Hacer una adecuada calibración de los equipos de aspersión.
			Hacer mantenimiento a los equipos y maquinaria para evitar la generación de ruido y gases.
	Afectación a la flora	Reducción o eliminación de especies.	Aplicar el producto en la dosis recomendadas.
			Utilizar preferiblemente bioplaguicidas.
			Disminuir el uso de plaguicidas de categorías Ia, Ib y II.
	Afectación a la fauna	Reducción o eliminación de especies.	Aplicar el producto recomendado para el insecto plaga a controlar y en la dosis recomendada.
			Utilizar preferiblemente bioplaguicidas.
			Disminuir el uso de plaguicidas de categorías Ia, Ib y II.
		Resistencia de plagas.	El invernadero debe tener una estructura adecuada para que haya una adecuada ventilación y manejo de las temperaturas.
			Realizar la rotación del ingrediente activo de los agroquímicos.
	Afectación a la salud humana	Posible intoxicación de los operarios al hacer la aspersión de los agroquímicos.	Entregar a los trabajadores la dotación completa de los EPP.
			Capacitar a los trabajadores sobre el uso adecuado de los EPP.

Actividad	Aspecto	Impactos	Medidas Control
			Tener en cuenta los periodos de reingreso a los lotes.
			Hacer mantenimiento preventivo al equipo de aplicación de modo que estén bien calibrados y tengan buena presión y utilizar las boquillas adecuadas para la distribución uniforme de gotas finas.
			El traje utilizado para la aplicación de agroquímicos debe lavarse aparte de la demás ropa y usar guantes.
Cosecha	Afectación al recurso suelo	Contaminación del suelo por la generación de residuos sólidos orgánicos (residuos de cosechas) e inorgánicos (plásticos) dispuestos inadecuadamente.	Implementar el plan de manejo de residuos sólidos.
	Afectación a la salud humana	Potenciales accidentes de trabajo por los sobre esfuerzos, manejo de herramientas.	Entregar a los trabajadores la dotación completa incluídos los EPP.
			Instruir a los trabajadores sobre la forma correcta de realizar las labores y el uso de herramienta cortopunzante.
			Empacar el producto evitando el deterioro del mismo y bajo condiciones adecuadas para no generar exceso de peso.
Clasificación y/o selección	Afectación al recurso suelo	Contaminación del suelo por la generación de residuos sólidos dispuestos inadecuadamente.	Implementar el plan de manejo de residuos sólidos. Disponer los residuos sólidos en el sitio de acopio definitivo.

4 ÁREAS E INSTALACIONES

En la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas es necesario contar con la infraestructura para el desarrollo adecuado de cada una de las actividades. Las áreas destinadas para éste propósito deben estar debidamente localizadas y ubicadas en un mapa donde se discriminen los accesos, fuentes de agua, ubicación de la vivienda, construcciones anexas, entre otras.

Para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la unidad productiva, se deberá tener en cuenta la instalación de las siguientes áreas:

Área sanitaria

Se debe contar con baños fijos o móviles, en número suficiente para los trabajadores, mantenerlos limpios, en buen estado y ventilados. Deben contar con: basurero, papel higiénico, lavamanos, agua potable, jabón, toallas. Las unidades sanitarias deben estar construidas con materiales que faciliten su lavado y desinfección.

Figura 103. Unidades de aseo

Área de consumo de alimentos

Esta área estará destinada para el consumo de alimentos de los trabajadores y debe cumplir con lo siguiente:

- No estar dentro del área activa del cultivo, área de beneficio, área de empacado.
- Contar con materiales y accesorios para la higiene.
- Debe contar con cestos para el depósito de basura.
- Estar separada físicamente del área de depósito de objetos personales, del área de almacenamiento de sustancias químicas u otros materiales y de objetos que pongan en riesgo la salud humana.

Área de depósito de objetos personales

Esta área debe estar debidamente identificada y con señalamientos gráficos; podrá compartir espacios con el área de consumo de alimentos y estaciones sanitarias, siempre y cuando éstas se encuentren físicamente delimitadas.

Figura 104. Unidad de deposito

Área de almacenamiento de maquinaria agrícola, herramientas y equipos de trabajo

Esta área debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar fuera del área de producción, almacenamiento y empacado de productos, consumo de alimentos y de almacenamiento de sustancias agroquímicas.
- Estar cubierta y preferentemente con piso de concreto.
- Delimitar los espacios asignados para lubricantes, combustibles y reparaciones menores.
- Contar con canaletas de contención para contener derrames de lubricantes, grasas y combustibles.

Área de almacenamiento de productos agroquímicos

En esta área, los plaguicidas se deben almacenar en áreas distintas a la de los fertilizantes y bioinsumos. Esta área no debe servir de almacenamiento provisional para otro tipo de insumos, sustancias o materiales diferentes, a excepción de los equipos empleados para su dosificación y aplicación de agroquímicos como las fumigadoras.

Las áreas de almacenamiento de insumos agrícolas deben estar alejadas de las viviendas y separadas de las áreas de almacenamiento de alimentos y de materiales de empaque. Su ubicación debe corresponder a zonas no inundables y alejadas de fuentes de agua. El almacén debe estar construido en material resistente al fuego, contar con una estructura sólida, techos, ventilación e iluminación adecuada y los pisos deben ser de material no absorbente y estar diseñados de manera que puedan retener derrames y permitir una adecuada limpieza.

Estas áreas deben permanecer cerradas con llave, para evitar el ingreso de personal no autorizado. Se deben ubicar avisos informativos claros, en buen estado y de fácil visibilidad.

Figura 105. Área de almacenamiento de agroquímicos

Los polvos se deben almacenar en la parte de arriba y los líquidos abajo, con letreros para identificar los productos. Este sitio debe contar con escoba, recogedor y balde con arena, viruta o carnaza para recoger posibles derrames.

Los fertilizantes se deben colocar sobre estibas y separados del muro, se recomienda señalizar con una raya amarilla para recordarles a los trabajadores dejar el espacio entre el muro.

Área de almacenamiento de equipos de protección personal y aspersión

Estas áreas se disponen para colocar los equipos de aspersión y de protección del personal de productos químicos y deben estar en lugares seguros, que no representen

riesgos a la salud de trabajadores. Las fumigadoras se deben almacenar bien lavadas, destapadas, calibradas y boca abajo.

Área de almacenamiento de abonos orgánicos

Esta área debe ser de uso específico para el almacenamiento de abonos orgánicos. No debe estar dentro o colindante al área de producción, áreas de empacado y debe estar cubierta, con piso de concreto y canaletas para contener derrames.

Área de preparación de mezclas de productos agroquímicos

Debe existir un área de trabajo demarcada y destinada solamente para la preparación de los agroquímicos, estar alejada de viviendas, de personas no autorizadas, niños, animales y fuentes de agua y debe de tener un piso impermeable , muro de contención y una buena ventilación. En estas áreas está prohibido comer, fumar o realizar acciones que conlleven a un riesgo personal o de contaminación.

Área de empacado, almacenamiento y/o carga de productos cosechados

Área específica para el almacenamiento y/o depósito temporal de productos cosechados. Debe estar protegida contra el ingreso de agentes que puedan contaminar el producto como fauna doméstica y silvestre. Se recomienda que el piso sea firme y/o de concreto.

El espacio no debe ser compartido con sustancias químicas u otras sustancias y materiales que puedan contaminar los productos. Las instalaciones deben ser de tamaño suficiente, con áreas separadas y demarcadas de acuerdo con las operaciones del proceso que garanticen su flujo.

Figura 106. Zona de acopio de pimentón en finca

Área de disposición de residuos sólidos

Se debe disponer de un sitio exclusivo para la disposición de los residuos sólidos. Este debe estar ubicado en lugar alejado de viviendas y fuentes de agua y debe ser de fácil acceso.

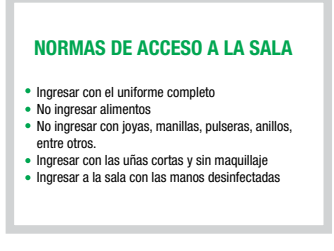
Para evitar la contaminación, tener en cuenta el triple lavado de los envases de insecticidas, fungicidas y herbicidas, hacer limpieza y desinfección de herramientas, calibración de equipos. Todos los equipos de riego y fumigación se deben mantener calibrados de acuerdo a la operación a realizar.

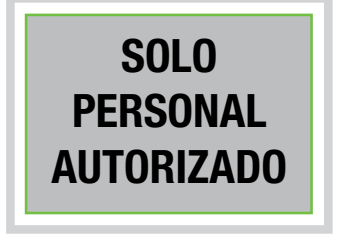
Por otra parte, los desechos se deben clasificar, es decir, tener diferentes contenedores marcados para depositar los residuos por separado. Canecas rojas para desechos orgánicos y verdes para cartón, vidrios, plásticos y papel y se deben retirar diariamente de la planta. Los residuos vegetales sobrantes se deben sacar y colocar en composteras habilitadas para tal efecto.

Estas áreas deben permanecer limpias y se deben tener diseñado un control integral de plagas (físico, mecánico y químico), para el manejo de roedores, zancudos, termitas y otras plagas, con su respectivo registro, con nombre del producto, registro ICA, grado de toxicidad y periodicidad de uso. Se recomienda el uso de cebos o productos de control en lugares fuera del alcance de los niños y los animales domésticos.

Debe haber extintores de incendios en lugares estratégicos, debidamente identificados y demarcados. Camilla de sujeción para cuando se presente un accidente y botiquines de primeros auxilios estratégicamente ubicados.

Todas las instalaciones deben estar identificadas y debidamente señalizadas con los gráficos y letreros que les correspondan.





Se debe tener en cuenta que el personal que trabaja en poscosecha, antes de su contratación debe cumplir con dos condiciones: verificar su estado de salud y tener la autorización médica para laborar en plantas de alimentos; además, tener el certificado que lo acredite como persona apta para manipular alimentos. Al personal seleccionado se le debe insistir en la importancia que tiene el manejo de éste producto, ya que es un alimento y se requiere en su manipulación de una higiene y aseo personal intachable.

El personal debe tener una dotación especial, ojalá de color blanco; mantener el cabello recogido y protegido con redecillas que lo cubran totalmente. Se debe usar tapabocas y guantes para evitar contaminaciones del producto. Mantener las manos con uñas cortas, limpias y sin esmalte. Tanto las manos como los guantes se deben desinfectar permanentemente. El lavado de las manos se debe efectuar hasta el codo. La desinfección se hace al llegar al sitio de trabajo, antes de iniciar las labores, después de utilizar el baño, toser o estornudar, comer o beber, rascarse; antes de colocarse los guantes o tocarse la piel, luego de manipular desechos o desinfectantes. Durante las labores de poscosecha no se deben llevar puestas joyas ni adornos.

Es ideal hacer el transporte de los productos en vehículos refrigerados. Estos deben ser lavados y desinfectados permanentemente para evitar contaminaciones por plagas o enfermedades. Las temperaturas, tanto de llegada como de salida de los vehículos, deben quedar registradas para posteriores análisis.

SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR LABORAL PARA LOS PRODUCTORES Y TRABAJADORES

5

Es fundamental incluir en el tema de las BPA actividades orientadas a prevenir y mitigar los riesgos a los que se exponen los trabajadores, ya sea en la unidad productiva o por enfermedades laborales. Se debe determinar qué problemas se pueden presentar como intoxicaciones por productos químicos, caídas del personal, caminos no adecuados para el andar, suelos que se pueden erosionar y que puedan causar cualquier tipo de accidente a los operarios, luego hacer un plan para prevenir cualquier tipo de afección a los trabajadores.

Como medidas preventivas se debe tener en cuenta:

- Colocar señales de riesgo, con el fin de que los trabajadores estén alertas a peligros.
- Los trabajadores deben estar vinculados al sistema de seguridad social.
- Los trabajadores deben estar entrenados en sus labores para que conozcan los riesgos y trabajen con seguridad.

Se debe tener un programa de salud ocupacional, en el cual se cuente con actividades de: formación y capacitación a trabajadores, procedimientos en caso de emergencia y de procedimientos para la higiene de las viviendas e instalaciones.

El programa de formación y capacitación a los trabajadores sobre los riesgos potenciales en su sitio de trabajo, consiste en definir la forma correcta de trabajar y cuáles son las actividades a llevar a cabo ante una emergencia en el sitio de trabajo. Las capacitaciones se deben realizar con una empresa certificada.

Los trabajadores deben estar entrenados en los temas de:

- Uso y manejo responsable de agroquímicos.
- Manejo de herramientas peligrosas.
- Primeros auxilios.

- Manejo de extintores.
- Prácticas de higiene.

Los procedimientos en caso de emergencia deben ser claros y contener las acciones a llevar a cabo, el contacto telefónico de las personas a quien se debe dirigir. Estos procedimientos deben estar ubicados a la vista de los trabajadores y en un lenguaje que sea claro para todos.

Los elementos más importantes en caso de emergencia son el botiquín de primeros auxilios y los extintores. Se debe contar con un botiquín portátil para tenerlo a la mano en el lote donde estén desarrollando actividades agrícolas los trabajadores y se presente una emergencia.

El procedimiento de higiene de las viviendas e instalaciones describe que las viviendas y demás instalaciones de la finca (bodegas, centros de acopio) deben permanecer aseadas; de lo contrarío éstos sitios se vuelven aptos para el refugio de plagas. La limpieza es la principal forma de prevenir las plagas, de este modo se hacen ahorros importantes en la compra de trampas o de plaguicidas.

Cada una de las instalaciones debe ofrecer seguridad, estar en buen estado, con servicios de agua potable, baños o letrinas para el personal que labora en la unidad productiva.

Este último programa contiene el subprograma de medicina preventiva y del trabajo, la higiene industrial y la seguridad industrial.

El subprograma de medicina preventiva y del trabajo tiene como finalidad la promoción, protección, recuperación y rehabilitación de la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta la correcta ubicación de estos en una ocupación de acuerdo a su condición física y psicológica.

Las actividades que se llevan a cabo son:

- Capacitación en las actividades que generen riesgo.
- Motivar sobre la protección y la prevención de la salud dirigida al personal.
- Capacitar a todos los trabajadores en primeros auxilios y ubicar los botiquines en lugares cerca del trabajo.
- Verificar que todos los trabajadores se encuentren afiliados al sistema general de riesgos profesionales (ARP).
- Hacer evaluaciones médicas pre-ocupacionales, periódicas y en el momento del ingreso.

- Elaborar los diagnósticos de salud.
- Reubicación y/o rotación de los trabajadores según su estado de salud.

El subprograma de higiene industrial se desarrolla para identificar y evaluar los riesgos ambientales que se presentan en el lugar de trabajo y que pueden afectar la salud de los trabajadores.

Las actividades que se incluyen son:

- Informe sobre las normas de seguridad de los materiales, insumos agrícolas y productos utilizados o generados en la labor contratada.
- Evaluación de los riesgos existentes con base en los límites de exposición permisible.
- Aplicación de las medidas de control.
- Monitoreo periódico de cada riesgo, dando prioridad a los de mayor peligrosidad y repercusión.

El subprograma de seguridad industrial se desarrolla para identificar y evaluar las potenciales de los accidentes de trabajo, además permite mantener un ambiente laboral adecuado mediante el control de las posibles causas de daños a la integridad física del trabajador y el buen manejo de los recursos de la agroempresa.

Las actividades que se deben llevar a cabo son:

- Elaborar un reglamento de higiene y seguridad industrial con las normas y los procedimientos que garantizan un trabajo seguro.
- Establecer un programa de limpieza y desinfección de las instalaciones.
- Usar los sistemas de protección para el manejo seguro de la maquinaria.
- Hacer programas de mantenimiento de los equipos y maquinaria.
- Realizar entrenamiento para enfrentar situaciones de emergencia.
- Seguir un programa de inspecciones frecuentes.
- Hacer un seguimiento a los accidentes/incidentes.

6 BIBLIOGRAFÍA

Agronet. 2012. Disponible 28 diciembre 2012. http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx

Aguado, G. et al. 2007. Pimiento tipo lamuyo en hidroponía. Experimentación de variedades en invernadero.

Barbosa Dos Reis, N. V. 2000. VI Curso Internacional de Produçao de Hortaliças. Brasilia – DF: Embrapa. 27 p.

Barfield, C. S. 1989. El muestreo en el manejo integrado de plagas. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras, Centroamérica. P. 146-162.

Barreto O., J. D.; Miranda L., D.; Aguirre G., M. C.; Echeverri A., L. A.; Caicedo, A. M. y Campos V., Y. Y. 2002. Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y fríjol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agro ecológicas de la meseta de Ibagué. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. P. 3-42.

Berríos, U y otros. 2007. Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad. Pimiento. SQM. 103 p.

Bouzo C.A., N.F. Gariglio. 2000. Principales características de los invernaderos más utilizados, http://www.e-campo.com/media/news/nl/althorticultura17.htm; Copyright © 2000 Ecampo.com S.A.

Bustillo. 1989. Utilización de agentes microbiológicos. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 211- 228.

Castilla, N. 1997. Bioproductividad de las Hortalizas en Cultivo Protegido. Extracto de la conferencia presentada en el 'Foro Internacional de Cultivo Protegido'. Botocatu-Sao Paulo-Brasil. 9 p.

Castilla, N. 1998. Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. *En*: Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. España: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Fiapa. Caja Rural de Almería. p. 163-175.

CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo del chile dulce. CATIE. Proyecto regional Manejo Integrado de Plagas. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales.

Chiri, A. A. 1989. Utilización del control etológico. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal.

Cisneros V., F. H. 1980. Principios del control de las plagas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 179 p.

Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. Centro de inversión, desarrollo y exportación de agronegocios. Fintrac. 15 p.

Cultura Agraria Cultivos enarenados. Disponible 28 dic. 2012 en http://culturaagraria.blogspot.com/2012/01/cultivos_ enarenados.html.

Da Ribeiro, C y Henz, G. 2008. Pimentas Capsicum. Processamento. Capítulo 14. Embrapa. 200p

De Alcantara, F; Da C. Ribeiro, C. 2008. Pimentas Capsicum. Solos e edubacao. Capítulo 8. Embrapa. 200 p.

Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 267-282.

FAO online 5 de Diciembre de 2012. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/ vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIENTO.HTM

FAO online 5 de Diciembre de 2012. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIENTO.HTM#a3. Poscosecha.

FAO. 2008. Acuerdo de competitividad cadena de hortalizas de Antioquia. Maná, Gobernación de Antioquia, FAO, Adeproa, Corpoica. 133p.

Fuentes Y., J. L. 1991. Características agronómicas del riego por goteo. Hojas Divulgadoras num. 17/90 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitacion Agrarias. Madrid. 26 p.

Gassó, F y Solomando, S. 2011. Estructura e instalaciones de un invernadero. PFC presentado para optar al título de ingeniería técnica industrial especialidad, mecánica. Universitát Politécnica de Catalunya. Departamento de mecánica. Barcelona

Giambanco de Ena, H. 2006. Recolección y manipulación del pimiento. Compendio de horticultura. Ediciones de Horticultura. Capítulo 10.

Henz, G y Moretti, C. 2008. Pimentas Capsicum. Colheita e pos-colheita. Capítulo 13. Embrapa. 200p

Hermelin, M. 1992. Los suelos del Oriente antioqueño un recurso no renovable. 36p. Disponible 28 dic 2012 en: http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/21(1)/25.pdf
ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica No. 25. Centro de Investigación Tibaitatá.

Howell, H., N. 1989. Utilización de métodos físicos y mecánicos. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 255-259.

ICONTEC. 1994. Frutas y hortalizas frescas. Pimentón. Norma Técnica Colombiana (NTC 3634-1).
Infoagro. El cultivo del pimiento. Parte 1. Disponible 28 dic. 2012 en: http://www.infoagro. com/hortalizas/ pimiento.htm

ITAA. 2004. El boro. *En:* Información Técnica Agricola Especializada. Volumen 2, Número 11. P. 11-12.

Jaramillo N., J.E. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. En prensa. Corpoica. 484 p.

Jaramillo V, J. 1988. Recomendaciones para el cultivo del pimentón en el Valle del Cauca. Guía para la producción de hortalizas. 123p.

Jaramillo, J., Quintero, L M. 2008. Producción, manejo y distribución de semillas y material vegetal de propagación de hortalizas para seguridad alimentaria en economía

campesina en el Oriente antioqueño. 71p. (consultado en el catálogo de la BAC)

Jaramillo, J.*et al.* 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín técnico 21. Corpoica. 48p.

Jaramillo, J; Rodríguez, V y otros. 2007. Manual técnico de buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica. Proyecto Fao-Maná. 314p.

Jaramillo, Jorge; Rodríguez, Viviana; Guzmán, Miryam; Zapata, Miguel y Rengifo Teresita. 2007. Manual técnico BPA en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Colombia: Corpoica, FAO-MANA. Primera edición. 314 p.

Jaramillo N., J.E. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. En prensa. Corpoica. 484p

Lobo M. A. y Jaramillo V. J. 1984. Tomate. *En:* Hortalizas Manual de AsistenciaTécnica. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. P. 41-47.

Lopes, C; de Ávila, A. 2003. Doencas do pimentao, diagnose e controle. Embrapa hortalicas. 97p.

López G. J.; Salinas A, J.A. 2000. Climatización Invernaderos. Efectos Ambientales y Tecnología en el Sistema de Cultivo Forzado. P. 67-85.

Makishima, Nozomu y Alves C., Osmar. 1998. Cultivo protegido do tomateiro. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças. Brasilia, DF. 18 p.

Marouelli, W. A.; Silva, C., W. L.; Moretti, C. L. 2001. Gotejamento: Opcão para irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Hortalicas Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. 4 p.

Martínez, P. F. 2001. Materiales plásticos para cubierta de invernadero. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Agencia Española de Cooperación Internacional. 15 p.

Milla, A. 2006. Capsicum de capsa, cápsula: El pimiento. Compendios de Horticultura. Ediciones de Horticultura. Capítulo 2.

Monsalve, I; Casilimas, H; Bojacá, C. 2011. Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero. Revista Colombiana de

Ciencias Hortícolas. Vol. 5. No. 1. p.69-82

Muñoz A., R. 1996. Toma de muestra de suelos e interpretación de análisis químicos. *En:* Memorias Curso Pasturas Tropicales. Medellín. Abril 6 de 1996. Centro de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. 20 p.

Noticias Agrícolas Colinagro S.A. Colinagro. Boro: Su singular función. Departamento Técnico. 8 p.

Noticias Agrícolas Colinagro S.A. Nitrógeno, Fósforo y Potasio, Elementos de Descontento. Departamento Técnico. 8 p.

Nuez V, F; Gil O, R y Costa G, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-prensa. 607p.

Otero, G. R. 1989. Utilización de medidas legales. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 261-266.

Pereira, W. 2008. Pimentas Capsicum. Manejo de plantas daninhas. Capítulo 12. Embrapa. 200p.

Pérez R., H y De Paul C., Cortés. (2007). Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero. Bogotá: Trabajo de Grado Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería y Automatización Electrónica. 86 p.

Productores de hortalizas. 2004. Plagas y enfermedades de chiles y pimientos, guía de identificación y manejo. 19p.

Reche, M J. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y pesca. 291p. disponible 28 dic 2012: http://es.scribd. com/doc/74262640/87/c-Carenciales

Reché, M. 1998. Poda de hortalizas en invernadero (berenjena, pimiento y tomate). Hojas divulgadoras. Num. 2094 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Estructuras. 31 p.

Rodríguez, M.; Florez, V. (2004). Elementos Esenciales y Beneficiosos. Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura. Cyted. P. 25-36.

Schotman, Ch. y Lacayo P., L. I. 1989. El control natural. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Editores: Keith L. Andrews y José Reutilio Quesada. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. P. 111-128.

Serrano, Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. RALI, S.A. Sevilla, España: 637p.

Serrano, Z. 1994. Construcción de Invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – España. 377 p. disponible *En:* http://books.google.com.co/books?id=Glip3Q7T9mEC&pg=PA6&dq=zoilo+serrano+cerme%C3%B1o+-+1994&hl=es&sa=X&ei=TMhcUaWINYrE9gTK04CQBw&ved=0CC0Q6wEwAA#v=onepage&q=zoilo%20serrano%20cerme%C3%B1o%20-%201994&f=false

Sganzerla, E. 1987. Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos. Brasil: Porto Alegre. Petroquímica Triunfo. 297 p.

Shany, M. 2007. Tecnología de producción bajo cobertura. Israel: Edición Ing. Agr. Evelyn Rosenthal. 69 p.

Sneh, Moshe. 2006. El riego por goteo. Ministerio de Relaciones Exteriores. Centro de Cooperación Internacional Mashav. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agricola. Estado de Israel. 195 p.

Soltir Pimiento California. Disponible 28 dic 2012en: http://www.soltir.com/index.php?option=com content&view= article&id=92&ltemid=98&lang=es

Tamayo, P; Jaramillo, J. 2006. Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia, guía para su diagnóstico y manejo. Corpoica. Ministerio de Agricultura. 100p.

United States Department of Agriculture (USDA). 2005. United States Standards for Grades of Sweet Peppers. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable. Programs Fresh Products Branch.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2010. UNECE STANDARD FFV-28 concerning the marketing and commercial quality control of Sweet Peppers. United Nations, New York and Geneva, 7p.

United States Department of Agriculture (USDA). 2005. United States Standards for Grades of Sweet Peppers. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable. Programs Fresh Products Branch.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2010. UNECE STANDARD FFV-28 concerning the marketing and commercial quality control of Sweet Peppers. United Nations, New York and Geneva, 7p.

Vallejo, F; Estrada, E. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 347p. disponible 28 dic 2012 en: http://books.google.com.co/books? id=UpyfvNokkroC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Wittwer S., H. y Castilla, Nicolas. 1995. Protected Cultivation of Horticultural Crops Worldwide.

Yoel Bar. 2006. Planificación y manejo del fertirriego. Curso internacional sobre planificación y manejo del fertirriego. Shefayim, Israel.

Zeidan. (2005). Tomato production under protected conditions. Mashav, Cinadco. Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service.Israel. 99 p.

NOTA

Los contenidos de esta publicación, a excepción de los capítulos 4 y 5, fueron realizados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, con la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Convenio 211 de 2012.

Invitamos a los lectores a verificar periódicamente las actualizaciones a este documento a través del módulo Gestión de la Innovación en el portal www.siembra.gov.co, así como herramientas de apoyo y soporte para la adopción de tecnologías innovadoras en éste y otros cultivos.

Los capítulos sobre BPA fueron adicionados para esta impresión por la Secretaría de Agricultura de Antioquia con el fin de otorgar aún más información útil para el productor.

Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Antioquia la más educada

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
Secretaría de Agricultura
y Desarrollo Rural