

MANUAL TÉCNICO

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS –BPA- EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Introducción

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

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

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

Las Buenas Prácticas Agrícolas —BPA— y las Buenas Prácticas de Manufactura —BPM— son todas las acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo, procesamiento, empaque, transporte y almacenamiento, y se definen como un conjunto de actividades que incorporan el manejo integrado de plagas —MIP— y el manejo integrado del cultivo —MIC—, con el fin de proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable, para producir frutas y hortalizas respetando el medio ambiente (FAO, 2004). Además de los aspectos de higiene e inocuidad, se consideran como base para alcanzar la sustentabilidad de la producción agrícola, la salud de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas laborales dentro del marco de la producción agraria comercial. La

obtención de productos hortícolas bajo un sistema de Buenas Prácticas Agrícolas constituye una necesidad urgente, debido a la preocupación de los gobiernos por contribuir significativamente a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes, y a las exigencias impuestas por los exportadores o empresas agroindustriales que trabajan bajo un sistema de “análisis de puntos críticos de control y riesgos” (HACCP, por su sigla en inglés), o por aquellas que están en proceso de certificación (FAO 2003).

El desarrollo de guías de BPA y la implementación de programas de aseguramiento de la inocuidad son importantes para que los productores cuenten con herramientas que, al aplicarlas, garanticen al consumidor colombiano productos sin contaminantes químicos, biológicos y físicos para evitar los casos frecuentes y cada vez más crecientes de enfermedades transmitidas por alimentos, para incrementar las exportaciones y diversificar los productos a exportar, o para competir con los productos que puedan entrar al país como consecuencia de los acuerdos internacionales que se están discutiendo. El país debe ofrecer productos competitivos que cumplan con los requisitos de calidad, sanidad e inocuidad establecidos por los compradores, aspectos determinantes dentro de la nueva dinámica del comercio de productos agrícolas.

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

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

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

Igualmente, el Consejo Nacional de Política Económica y Social —Conpes— con el Departamento Nacional de Planeación —DNP—, han desarrollado un documento acerca de la política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de

medidas sanitarias y fitosanitarias, Documento 3375, del 5 de septiembre de 2005, el cual contiene los lineamientos de políticas que permitirán mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, con el fin de proteger la salud y vida de las personas y de los animales, aumentar la competitividad, y fortalecer la capacidad para obtener la admisibilidad de los productos agroalimentarios en los mercados internacionales.

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

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

1.1. Introducción

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

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

Mediante el cuidado del ambiente se busca reducir la contaminación, conservar la biodiversidad y valorizar los recursos naturales como el suelo y el agua. El uso irracional de productos químicos ha causado la contaminación de suelos y aguas, y los residuos de pesticidas permanecen en el medio y su acumulación puede producir pérdidas de la

biodiversidad, además de intoxicaciones en los seres humanos. Por el contrario, el cuidado del ambiente tiene beneficios para el propio productor, se mantiene una mayor productividad a lo largo del tiempo al evitar la pérdida de la fertilidad de los suelos, es menor la contaminación de aguas y suelo, etc. Por otra parte, al incidir en el bienestar de los trabajadores se mejora la calidad de vida y la higiene, se atiende la salud y se previenen las intoxicaciones.

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

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

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

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

1.2 Definición de las BPA

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

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

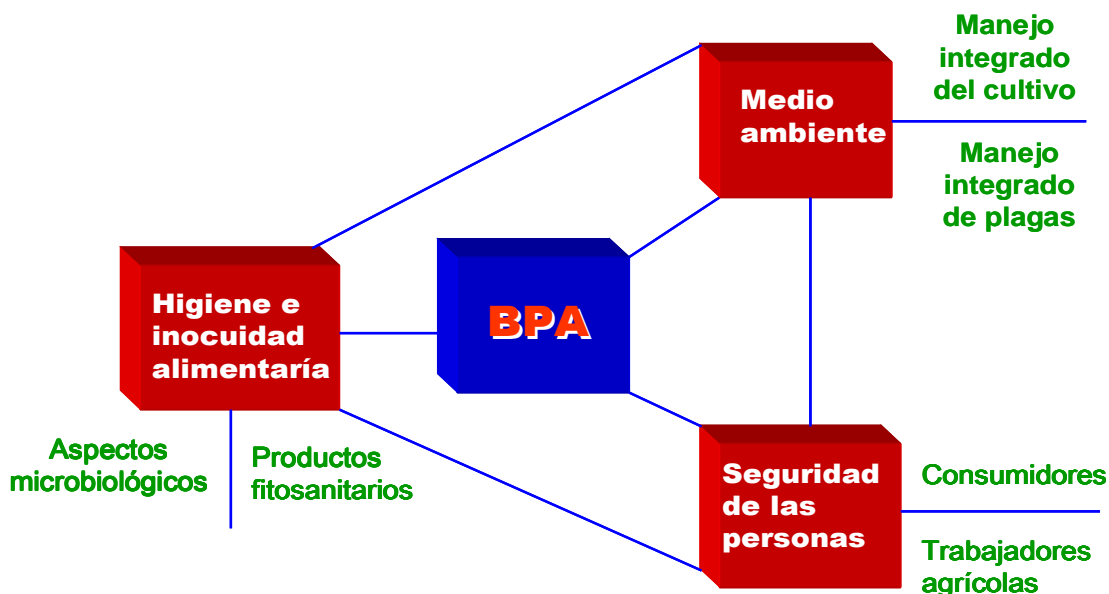


Figura 1. Esquema de los principios básicos de BPA

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

1.3. Ventajas de la adopción de las BPA

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

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

1.4. Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

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

- **Bienestar y seguridad de los trabajadores:** esto se logra mediante capacitación, cuidado de los aspectos laborales y de la salud (prevención de accidentes, de enfermedades gastrointestinales, higiene), y buenas condiciones en los lugares de trabajo.
- **Alimentos sanos:** los alimentos producidos le dan garantía al consumidor, porque son sanos y aptos para el consumo por estar libres de contaminantes (residuos de pesticidas, metales pesados, tierra, piedras, hongos).
- **Organización y participación de la comunidad:** los procesos de gestión son participativos, ayudan al empoderamiento y a la construcción de tejido social y fortalecen el uso de los recursos en busca de procesos de sostenibilidad.
- **Comercio justo:** los productores organizados cuentan con poder de negociación, logran encadenamientos con productores de bienes y servicios, se fomenta la generación de valor agregado a los productos de origen agropecuario, y así el productor recibe una justa retribución por su participación en el proceso de producción.

1.5. Componentes básicos de las Buenas Prácticas Agrícolas

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



Figura 2. Distribución de una finca.

Semillas

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

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

Historia y manejo del establecimiento o lote

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

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

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

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

Manejo de suelos y sustratos

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

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

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

Uso de fertilizantes

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

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

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

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



Figura 3. Señalización.

Riego

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

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

Protección de cultivos

Ante todo, utilizar herramientas desinfectadas para el manejo de las plantas. Se deben aplicar técnicas reconocidas de Manejo Integrado de Plagas —MIP— y usar productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de signos y síntomas de plagas y enfermedades que permitan

tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación.

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

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

Los trabajadores deben recibir entrenamiento en el manejo de equipos y la aplicación de pesticidas, de igual forma, usar ropa de protección adecuada para disminuir los riesgos de salud y seguridad (Figura 4). Es vital asegurarse de que antes de realizar una aplicación, conozcan el producto que van a utilizar; no se deben hacer autoformulaciones. Cada aplicación está acompañada por instrucciones claras o símbolos donde se detalla la labor y la dosificación química y técnica requerida. El equipo de aplicación se debe mantener en buena condición realizando calibraciones y mantenimientos periódicos.

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

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



Figura 4. Ropa de protección para la aplicación de pesticidas.

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

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

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

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

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

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

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

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

Recolección y manejo poscosecha

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

Los trabajadores deben tener acceso a unidades sanitarias adecuadas para el manejo de excretas y lavado de manos cerca a su sitio de trabajo (figura 5). Es de vital importancia capacitar a los trabajadores en instrucciones básicas de higiene y manipulación de alimentos frescos, y tomar precauciones como no fumar, comer o laborar con problemas respiratorios o de salud. Los alimentos no se deben tocar si se padece una enfermedad transmisible que inhabilite para manipular productos destinados al consumo humano. Por último, se debe garantizar el adecuado suministro de agua potable y evitar la contaminación por aguas residuales para las labores de poscosecha.

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



Figura 5. Unidad sanitaria para el lavado de manos.

Manejo de residuos y contaminantes

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

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

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

Salud, seguridad y bienestar

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

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

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

Es aconsejable fomentar en las familias de los trabajadores acciones encaminadas al reconocimiento de los derechos y deberes de los niños, buen trato entre los miembros de la familia, buena manipulación y preparación de los alimentos, que corresponda con unos hábitos alimentarios adecuados, mantenimiento de una huerta casera que les permita mejorar la alimentación de la familia, y propiciar condiciones de estudio para los menores

de edad, junto con programas de complementación alimentaria, crecimiento y desarrollo, control prenatal y sobre los beneficios de la lactancia materna.

(Figura 6).



Figura 6. Botiquín para procedimientos de emergencias.

1.6 Proceso de certificación BPA

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

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

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

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

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

Proceso de Certificación BPA

PRODUCTOR AGRÍCOLA



2. Importancia socioeconómica del tomate en Colombia

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

Este sistema de producción es altamente generador de empleo. Se calcula que una hectárea requiere alrededor de 160 jornales por ciclo de producción, lo cual representa alrededor de 2.309.440 jornales utilizados en el país anualmente en este cultivo. El rendimiento promedio por hectárea a nivel nacional es de 25 ton/ha y corresponde al rendimiento obtenido en condiciones de producción a campo abierto (figura 7); bajo estas condiciones se ha desarrollado en zonas con alturas entre los 0 y 2.100 m.s.n.m., o sea, en regiones de climas cálidos a frío moderado. Sin embargo, las condiciones climáticas imperantes en estas regiones, principalmente en las épocas de sequía o lluvia, afectan la productividad de los cultivos por los cambios extremos de temperatura y humedad relativa, que favorecen el ataque de plagas y enfermedades, ante lo cual el productor utiliza r más cantidad de plaguicidas y fertilizantes para lograr mayor productividad, así, incrementa los costos de producción, disminuye la rentabilidad, y causa graves daños de contaminación al medio ambiente, esto ha hecho que, entre los años 2000 y 2005, el área sembrada haya disminuido cerca de 17,5%; por consiguiente, el productor se ha visto

forzado a buscar nuevas alternativas tecnológicas para el cultivo, como es la siembra bajo condiciones protegidas.



Figura 7. Producción de tomate a campo abierto

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

Este sistema de producción se caracteriza por la protección mediante estructuras levantadas generalmente en guadua y cobertura de plástico, con el fin de evitar el impacto de la lluvia sobre el cultivo; sin embargo, su manejo tecnológico es igual al que tradicionalmente se le da al cultivo de tomate a libre exposición (figura 8).



Figura 8. Invernadero construido con guadua y cobertura plástica

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

utilizados para la construcción de estas estructuras, del manejo de los cultivos y de los materiales vegetales más apropiados para la siembra bajo estas condiciones.

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

El cultivo del tomate, como todos los productos agrícolas, debe cumplir las condiciones que le permitan al consumidor final disfrutar de alimentos sanos, inocuos y saludables, es decir, libres de tóxicos, cuyo proceso de producción sea social y ambientalmente responsable. Las nuevas tendencias del mercado, guiadas por mayores conciencia y sensibilidad del consumidor frente a estos aspectos, así como las restricciones internacionales respecto del uso de agroquímicos de síntesis, obligan a los agricultores a buscar nuevas alternativas tecnológicas que cumplan con estas exigencias (figura 9).



Figura 9. Alimentos sanos con nuevas alternativas de empaque

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

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

2. Producción de tomate bajo invernadero

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

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

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

Los invernaderos pueden ser clasificados en relación con el control de los factores meteorológicos en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados. Los climatizados (figura 10) son los que poseen mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático para el control de temperatura, humedad relativa, ventilación y luz, usan energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente rentable y elevada.



Figura 10. Invernadero climatizado

Los invernaderos semiclimatizados están dotados de cierto grado de automatización en lo relacionado a control de temperatura, humedad y luz, y se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables (figura 11).



Figura 11. Invernadero semiclimatizado

Los invernaderos no climatizados son, por el momento, los más viables económicamente para el pequeño y mediano productor con vistas a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional (figura 12), no poseen ningún tipo de equipo que emplee energía transformada y su utilización está acondicionada a la aplicación de factores físicos de la propia naturaleza del ambiente.



Figura 12. Invernadero no climatizado

2.1 Ventajas de la producción bajo invernadero

Protección contra condiciones climáticas extremas

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

Control sobre otros factores climáticos

La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombrero, enriquecimiento con CO₂ y aplicación de agua.

Obtención de cosechas fuera de época

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

Mejor calidad de la cosecha

Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme,

más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo; además, el ambiente protegido permite la utilización de variedades mejoradas, como las de tipo larga vida, cuyo costo de la semilla es mayor.

Preservación de la estructura del suelo

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

Siembra de materiales seleccionados

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

Aumento considerable de la producción

Esta característica es la que estimula a los productores para aplicar esta técnica de producción.

Una planta expuesta a diferentes factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor.

Ahorro en costos de producción

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

Disminución en la utilización de plaguicidas

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

Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo

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

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

2.2 Desventajas de la producción bajo invernadero

Alta inversión inicial

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

Requiere personal especializado

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

Supervisión permanente

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

2.3 Parámetros para la localización de un invernadero

Sanidad del terreno

Verificar que el terreno esté en excelentes condiciones e indagar sobre su historial. En el caso de siembras de tomate, evitar en lo posible sembrar en terreno donde anteriormente se hayan cultivado especies como pimentón, berenjena, ají o uchuva, los cuales pertenecen a la familia botánica del tomate (solanáceas), cuyas plagas y enfermedades generalmente son las mismas. Así mismo, evitar terrenos que anteriormente hayan sido usados como basureros o en otras actividades que puedan haber causado contaminación al suelo (figura 13)



Figura 13. Terreno adecuado para localización de un invernadero

Fertilidad del terreno

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

Drenaje del terreno

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

Disponibilidad y calidad de agua de riego

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

Cercano a la vivienda del productor y con buena vías de acceso

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

Historial de la información climática de la zona

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

Alejado de caminos o zonas polvorientas

El invernadero debe estar alejado de carreteras o caminos destapados por el exceso de partículas de polvo, ya que la acumulación de polvo o residuos contaminantes puede afectar la calidad del plástico y, consecuentemente, la luminosidad dentro del invernadero, y con ello la calidad del producto y la productividad del cultivo; además, las partículas de polvo pueden causar heridas a las plántulas o bloquear la transpiración al depositarse en las hojas.

Adecuada ventilación

Se debe ubicar el invernadero en zonas donde exista suficiente ventilación para favorecer la remoción del aire húmedo o caliente desde su interior y de esta manera evitar la alta o baja humedad relativa que favorece el desarrollo de enfermedades, plagas, desórdenes fisiológicos y problemas de calidad y productividad en la planta. Cuando predominan vientos demasiado fuertes, también se producen condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas, especialmente condiciones de humedad relativa baja, por lo tanto será necesaria la ubicación de barreras vivas para disminuir la velocidad del viento.

Luminosidad

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

Pendiente del terreno

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

Orientación

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

Calidad de la estructura

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

2.4 Parámetros para la construcción de un invernadero

Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados

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

El tipo y el peso de la cubierta

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

Luminosidad

Cuando se planea la construcción es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas. La estructura debe estar diseñada con materiales que no obstaculicen el paso de la luz. La cubierta plástica acumula gran cantidad de polvo debido a la electricidad estática sobre su superficie (figura 14A), lo que reduce la transmisión de luz dentro del invernadero; esto tiene efecto negativo sobre la cantidad y calidad de la producción. Se le debe hacer limpieza de mantenimiento para mejorar la transmisión de la luz. El plástico debe ser lavado con agua y un cepillo suave para facilitar la separación mecánica del polvo, como mínimo cada año; es conveniente no adicionar ningún tipo de detergente que pueda deteriorar el plástico.

Figura 14A

Dimensión

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

Figura 14

Dirección de los vientos

En la construcción de un invernadero se debe tener en cuenta la dirección e intensidad del viento; en algunos casos se podrá utilizar para ventilación natural, y en otros será necesario disminuir su intensidad por medio de cortinas rompevientos. El invernadero debe construirse en la misma dirección del viento, con el fin de permitir que las aperturas para la ventilación estén acordes a la dirección del viento. El invernadero debe frenar, lo menos posible, la velocidad del viento, para que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños. Sin embargo, cuando el viento es

demasiado fuerte se deben ubicar barreras rompevientos naturales (hileras de árboles) o cortinas artificiales (mallas) que disminuyan su velocidad. La apertura cenital debe estar en dirección contraria al viento para evitar daños a la estructura y facilitar la salida del aire caliente.

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

Orientación

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

La orientación de las líneas de cultivo (surcos) también debería ser en dirección norte-sur para mejorar la distribución de la luz en las plantas a lo largo del día. Sin embargo, en caso que la dirección del viento sea contraria y los surcos impidan la circulación del viento con esta disposición, se prefiere cambiar la orientación de los surcos para favorecer el intercambio de aire al interior del invernadero.

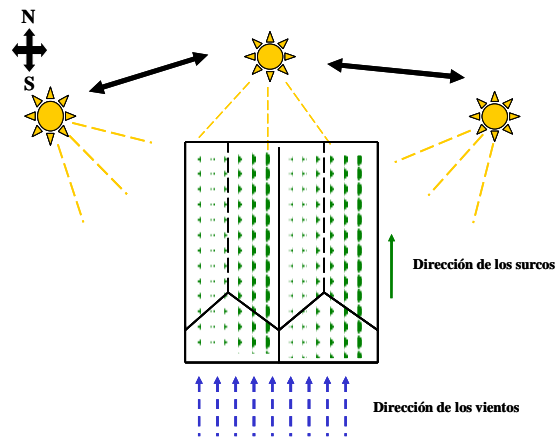


Figura 15. Orientación invernadero

2.5 Características de un invernadero

Los materiales para la construcción de los invernaderos pueden ser muy variados. Para los marcos de la estructura se puede usar madera, guadua, hierro, acero galvanizado, aluminio, PVC y mixtos. Generalmente se usa la guadua, ya que es un material disponible en la mayoría de las regiones, económico, resistente y durable si se le realiza un tratamiento de inmunización. El acero galvanizado es costoso pero resistente y duradero, y además permite que la estructura pueda ser trasladada de sitio cuando se requiera (figura 16).



Figura 16. Invernadero en construcción en guadua

La cubierta de los invernaderos debe ser transparente para que las plantas reciban la máxima radiación solar requerida para efectuar la fotosíntesis. Cuando una superficie está aislada del exterior por medio de una infraestructura transparente, un nuevo clima se crea en el interior. El nivel de la radiación interna es inferior al nivel de la radiación externa, dependiendo del tipo de material, de la inclinación del sol y de la nitidez de la superficie transparente.

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



Figura 17. Invernadero con cubierta de vidrio

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

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

Las propiedades mecánicas se refieren a la durabilidad, a los parámetros relacionados con las dimensiones (largo, ancho, grosor, densidad) y a los aditivos ultravioleta; ésta es la más importante entre las propiedades mecánicas de un plástico, ya que le provee

a la lámina durabilidad, resistencia al envejecimiento por radiación y previene su degradación.

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

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

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

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

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

Aditivos especiales

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

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

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

Accesorios

- Es necesaria la instalación de cortinas laterales enrollables sobre cada pared para facilitar ventilación. Las cortinas laterales deben ser divididas en dos o más secciones para facilitar su manejo (figura 18).

- Es importante colocar cortinas fijas (baberos - antepechos) (figura 19) en la parte inferior de los laterales y extremos del invernadero. Éstas deben ir selladas abajo con una capa de suelo para eliminar la entrada al invernadero de aire frío en la noche que desplace el aire caliente acumulado en su interior (figura 20).(OJO: En diagramación, cambiar el orden de las figuras, que la 19ª sea la 20 y viceversa)
- Se recomienda tener doble entrada para el conveniente movimiento del producto. Cada invernadero debe tener una puerta o estructura para cerrar la entrada, para evitar en la noche la entrada de aire frío que desplace el aire caliente (figura 19A).
- En invernaderos que no tengan problemas de ventilación se pueden instalar vigas horizontales para la ubicación de mallas que permitan sellarlo completamente a fin de evitar la entrada de insectos.
- El invernadero debería estar preparado para instalar en él equipos que faciliten el control del clima como: ventiladores para calentamiento y circulación del aire, equipos para aplicación de plaguicidas, pantallas térmicas, etc.
- Para la instalación del sistema de tutorado hay que poner vigas o postes perpendiculares a los surcos, el alambre debe ir de poste a poste a lo largo del cultivo, y los postes deben ir en cada extremo del invernadero y no estar soportados en su estructura.
- El alambre del tutorado que va paralelo a los surcos del cultivo debe ser de acero blando galvanizado y tener un diámetro de 3 a 3,5 mm.
- Cubeta lava pies para desinfectar el calzado y evitar la propagación de enfermedades.
- Tanque de almacenamiento para reserva de agua en caso de una emergencia

Figuras 18, 19, 20 Y 19ª

2.6 Características de un invernadero para cultivar tomate

1. Un invernadero para cultivar tomate debería estar diseñado para soportar carga vertical de 35 kg/m².
2. El invernadero debería ser diseñado y autorizado por un ingeniero.
3. Los materiales de construcción deben ser durables y resistentes.

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

2.7 Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero

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

2.8 Cómo alcanzar las metas

- Analizar las condiciones y necesidades de la zona.

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

2.9 Sistema de riego por goteo

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



Figura 21. Riego por goteo

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



Figura 22. Cintas con microperforaciones para riego

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

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

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

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

2.9.1 Ventajas del riego por goteo

- Mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los fertilizantes como consecuencia de ser suministrados disueltos en el agua de riego.

- Aplicación exacta y localizada del agua: el agua se aplica con precisión sobre un volumen restringido del suelo, de acuerdo con la distribución de las raíces del cultivo. Un manejo apropiado del riego puede reducir a un mínimo las pérdidas de agua y de nutrientes más allá de la zona de enraizamiento.
- Equilibrio apropiado entre el aire y el agua en el suelo: el volumen del suelo mojado mediante el riego por goteo contiene, por lo general, más aire (oxígeno) que el riego por aspersión.
- Al disminuir la superficie humedecida mediante el riego por goteo, se reducen a un mínimo las pérdidas de agua por evaporación
- Evita el desperdicio de agua en los bordes de la parcela: Con el riego por goteo, el agua no se extiende más allá de los límites de la parcela, como ocurre con el riego por aspersión. Es posible adaptar la disposición de los goteros a las dimensiones del invernadero, independientemente de su forma o topografía.
- Disminuye la infestación de malezas: al reducir el área humedecida se limita la germinación y el desarrollo de las malezas.
- Aplicación integrada del agua y de los nutrientes: la aplicación conjunta de los nutrientes con el agua de riego sobre el volumen de suelo mojado, disminuye las pérdidas por lixiviación, incrementa la disponibilidad de los nutrientes y economiza la mano de obra requerida para la aplicación de los fertilizantes.
- No interfiere con las demás labores de campo: El humedecimiento parcial de la superficie del suelo no interfiere con las demás actividades de campo, como son la labranza, la aplicación de plaguicidas, el raleo, la cosecha, etc.
- No se ve afectada por el viento: a diferencia del riego por aspersión, el viento no afecta el riego por goteo, el cual puede continuar ininterrumpidamente aun bajo vientos de alta intensidad.
- Reduce la incidencia de las enfermedades del follaje y de los frutos ya que el riego no moja los tallos ni el follaje de las plantas.
- Ahorro de mano de obra.

2.9.2 Desventajas del riego por goteo

- Riesgo de obturación: las pequeñas dimensiones del conducto por el cual fluye el agua hacen que los goteros sean susceptibles a la obturación por partículas sólidas, materia orgánica en suspensión y, además, por

sustancias que se depositan o se precipitan debido a reacciones químicas que ocurren en el agua de riego, lo que implica que la planta no reciba agua (figura 23).



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

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

2.9.3 Mantenimiento del sistema de riego por goteo

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



Figura 24. Taponamiento de las mangueras por aporques de tierra

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Generalidades del cultivo

3.1 Origen y distribución

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

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

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió probablemente por España, entre 1523, año de la conquista de México y 1524, cuando aparecieron las primeras descripciones publicadas por el italiano Pier Andrea Mattioli. En el siglo XVI e inicios del siglo XVII, el tomate fue cultivado en los jardines de Europa (Italia, Inglaterra, España y Francia) como ornamental, por la belleza y color de sus frutos.

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

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

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

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

3.2 Clasificación taxonómica

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

Tabla 1. Contexto taxonómico del género *Lycopersicon*.

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

3.3 Valor nutricional y medicinal

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

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

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

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

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

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

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

3.4 Morfología

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas.

El tallo

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta.

La flor

Es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado; el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores dependiendo de la variedad cultivada y las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño como cherry puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son

amarillas y normalmente pequeñas (uno a dos cm de diámetro). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas (figura 25).



Figura 25. Floración del tomate

Las hojas

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



Figura 26. Hoja de una planta de tomate

La raíz

El sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

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

El fruto

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



Figura 27. Frutos de una planta de tomate

El fruto del tomate está unido al pedúnculo por medio de una articulación en la que se encuentra un punto de abscisión. Algunas variedades no tienen este punto de abscisión por lo que son definidas como variedades tipo “*jointless*”, y se usan principalmente para procesamiento ya que se requiere que el fruto se separe fácilmente del cáliz.

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

La semilla

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

3.5 Tipos de tomates

En el comercio existen diversas formas, colores y tamaños de tomates (figura 32); en nuestro país es muy común encontrar tomates de forma arriñonada que se conocen comúnmente como tomates tipo riñón que se consumen preferentemente en verde, hasta formas achatadas y semiachatadas en los tipo milano, y cuadrado o semiovalado en los tipo chonto.

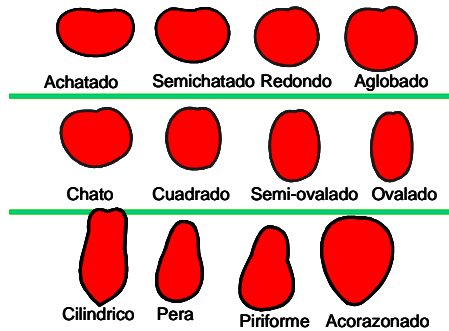


Figura 32. Formas de tomates

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

Milano

Se utiliza principalmente en ensaladas, en forma de rodajas y se consume maduro o verde, siendo más preferido en verde, principalmente por los restaurantes. El tipo milano es de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y con un peso promedio entre 200 y 400 gramos. Este tipo de tomate tiene mayor valor comercial y palatabilidad (figura 28).



Figura 28. Tomate tipo milano

Chonto

Los tomates tipo chonto son de forma redonda a ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos, y tienen un peso promedio de 70 a 220 gramos. Se consumen en fresco y son utilizados en la preparación de guisos o pastas (figura 29).



Figura 29. Tomate tipo chonto

Cherry

El tipo cherry (figura 30) posee frutos de tamaño muy pequeño, de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso promedio de 10 gr, se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos y existen variedades de colores muy variables, como amarillos, rojos o naranjas. Los frutos pueden ser del tipo pera o redondos. Su consumo preferentemente es en fresco, como pasabocas, en cócteles y para decorar platos.



Figura 30. Tomate tipo cherry

Industrial

Se caracteriza por tener gran cantidad de sólidos solubles que lo hacen atractivo para su procesamiento, principalmente en la producción de salsas y pastas. Su forma puede variar, desde redondo hasta piriforme, y es de un color rojo intenso (figura 31).



Figura 31. Tomate tipo industrial

Tomates larga vida

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

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

Las casas comerciales de semillas actualmente ofrecen gran diversidad de materiales de tomate tipo chonto y milano con resistencia a determinados problemas fitosanitarios, entre otros, el virus del mosaico del tabaco (Tm), (TMV), el *Fusarium oxysporum lycopersici* (razas 1 y 2) (F₁,F₂), el *Verticillium dahliae* (V), el *Alternaria solani*, el *Fulvia fulva* (5 razas), el *Pyrenochaeta lycopersici* (P), el *Stemphylium solana*, el *Pseudomonas solanacearum*, el *Meloidogyne sp* (N), el *Cladosporium fulvum*, razas A y B (C₂), y el *Cladosporium fulvum*, razas A, B, C, D (C₅). Sin embargo, estos materiales mejorados para ser sembrados deben ser primero evaluados por los agricultores, con el fin de confirmar sus características de resistencia y que su grado de adaptación y rendimientos sea alto, de acuerdo a las zonas de producción.

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

Tomates en racimo

Son variedades con frutos medianos que tienen la particularidad de que todos los frutos en el mismo racimo llegan al estado maduro al mismo tiempo (figura 33), lo que permite su cosecha cortándolo como un racimo de uvas y no cosechando los frutos en

forma individual como en las variedades tradicionales. El número de frutos por racimo varía de seis a nueve según la variedad. Los tomates en racimo son un producto exótico, al cual se le da un valor agregado que mejora la forma de presentación comercial de los frutos de tomate y su consumo puede ser en fresco o para decoración de platos.



Figura 33. Tomates cosechados en racimo

3.6 Variedades o híbridos para la producción de tomate bajo invernadero

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

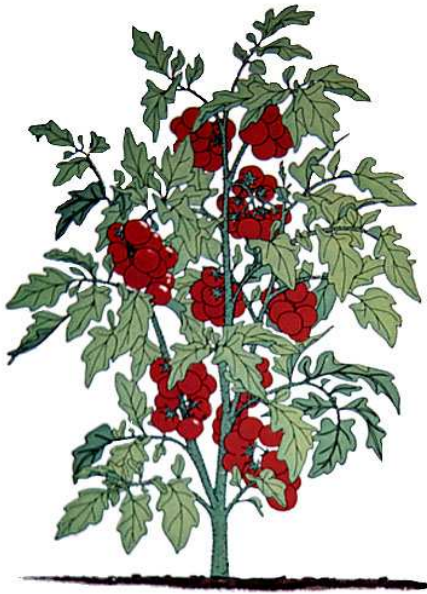


Figura 34. Tomate de crecimiento determinado indeterminado



Figura 35. Tomate de crecimiento determinado

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

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

Variedades tipo chonto

Tomate híbrido torrano (Casa comercial: Seminis)

Material de crecimiento indeterminado, larga vida estructural, son plantas vigorosas, producción promedio de 7 a 10 kg por planta, frutos con peso promedio de 152 gramos, grandes, rojos, muy firmes y brillantes. Es tolerante a bajas temperaturas.

Resistente al virus del mosaico, *Verticillium*, *Fusarium* y nematodos. Presenta amplia adaptación en zonas de clima frío y clima medio (figura 36).



Figura 36. Tomate híbrido torrano

Tomate híbrido 9206 (Casa Comercial: Nirit Seed)

Material de crecimiento indeterminado, plantas uniformes, buena coloración y firmeza, sabor excelente y color rojo intenso. Resistente a virus del mosaico, *Verticillium*, *Fusarium*, y alternaria, nematodos (la resistencia a nematodos puede quebrarse cuando la temperatura del suelo excede los 28° C) (figura 37).



Figura 37. Tomate híbrido 9206

Tomate híbrido 9207 (Casa Comercial: Nirit Seed)

Plantas uniformes de crecimiento indeterminado, uniformes, buena coloración y firmeza, sabor excelente y color rojo intenso. Resistente a nematodos y alternaria (la resistencia a nematodos puede quebrarse cuando la temperatura del suelo excede los 28° C) (figura 38).



Figura 38. Tomate híbrido 9207

Tomate híbrido débora max F1 (Casa Comercial: Sakata)

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



Figura 39. Tomate híbrido débora max

Tomate híbrido débora plus F1 (Casa Comercial: Sakata)

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



Figura 40. Tomate híbrido débora plus

Tomate híbrido calima (Casa Comercial: Impulse semillas)

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



Figura 41. Tomate híbrido tipo calima

Tomate híbrido santa fe (Casa comercial: Rogers)

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



Figura 42. Tomate híbrido santa fe

Tomate híbrido santa clara (Casa comercial: Seminis)

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



Figura 43. Tomate híbrido santa clara

Tomate híbrido kyndio colombia (Casa comercial: Seminis)

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



Figura 44. Tomate híbrido kyndio colombia

Variedades tipo milano

Tomate híbrido granitio (Casa comercial: Seminis)

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



Figura 45. Tomate híbrido Granitio

Tomate híbrido astona F1 (Casa comercial: Impulse semillas)

Híbrido tipo milano de crecimiento indeterminado para invernadero o campo abierto, plantas vigorosas, con excelentes rendimientos, frutos grandes con un peso promedio de 214 gramos, de forma globosa, algo achatados, de excelente sabor y color, maduración normal, de corteza y pulpa duras, buen llenado, y al partarlos en tajadas no se deforman. Tiene buena resistencia a los cambios extremos de temperatura, excelente cuaje del fruto en zonas frías y zonas calientes. Inicia producción de los 70 a los 100 días. Resistente a la raza 1 de verticillium (*Verticillium dahliae*), razas 1 y 2 de

fusarium (*Fusarium oxysporum*), nematodos (*Meloidogyne incógnita* y *M. Javanica*) y tolerante al blotchy o maduración manchada (figura 46).



Figura 46. Tomate híbrido astona

Tomate híbrido aurora F1 (Casa comercial: Impulse semillas)

Híbrido tipo milano para invernadero o campo abierto, larga vida, en clima frío bajo cobertura resiste bien bajas temperaturas. Es una planta de crecimiento indeterminado, con hojas grandes y de buen cubrimiento. Frutos grandes, globosos algo achatados, de 220 a 270 gramos y de buen color. Inicia producción de los 70 a los 100 días. El diámetro promedio del fruto es de 7,6 cm, y su longitud promedio de 6 cm; el porcentaje de frutos de primera es de 91%, de segunda 8% y de tercera 1%. Resistente a raza 1 de verticilium (*Verticilium dahliae*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y al virus del mosaico del tabaco (figura 47).



Figura 47. Tomate híbrido aurora

Tomate híbrido rebeca F1 (Casa Comercial: Sakata)

Híbrido tipo milano de larga vida (gen Rin), plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad, de crecimiento indeterminado y entrenudos cortos; frutos sabrosos y

uniformes, de color rojo intenso y peso promedio de 180 g, con un diámetro promedio de 5,2 cm y una longitud promedio de 5,1 cm. Es resistente a raza 1 de verticilium (*Verticillium dahliale*), razas 1 y 2 de fusarium (*Fusarium oxysporum*) y raza 1 del virus del mosaico del tomate (ToMv). Ideal para transporte a larga distancia. Inicia cosecha de los 90 a los 100 días (figura 48).



Figura 48. Tomate híbrido rebecca

Tomate híbrido sheila F1 (Casa Comercial: Sakata)

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



Figura 49. Tomate híbrido sheila

Tomate híbrido reina F1 (Casa Comercial: Impulse semillas)

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



Figura 50. Tomate híbrido reina

Tomate rocío (Casa Comercial: Rogers)

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



Figura 51. Tomate rocío

Tomate híbrido monalisa F1 (Casa Comercial: Sakata)

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



Figura 52. Tomate híbrido monalisa

Tomate titán F1 (Casa Comercial: Sakata)

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



Figura 53. Tomate titán

3.7 Fenología del cultivo

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

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

La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 y los 35 días después del trasplante, el llenado del fruto, que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo, iniciándose la cosecha a los 90 días,

con una duración de tres meses para una cosecha de 8 a 10 racimos. En total la fase reproductiva tiene una duración de 180 días aproximadamente.

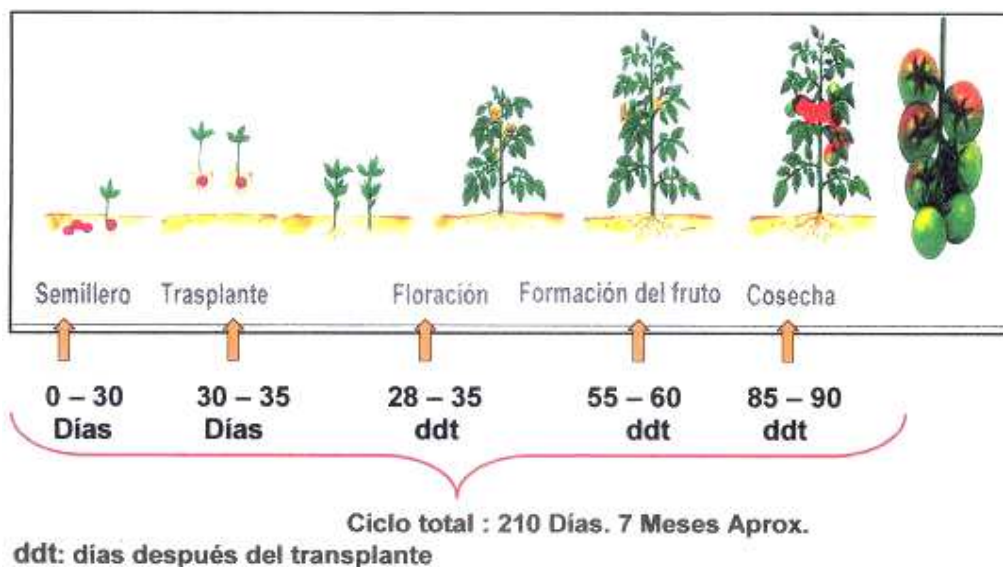


Figura 54. Fases fenológicas de un cultivo de tomate

3.8 Agroecología del cultivo

Temperatura

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

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

Tabla 3. Temperaturas y efectos producidos en tomate

Temperatura	Efecto que produce en la planta
Mínima 8-12° C	Los procesos de toma de nutrientes y crecimiento alcanzan una intensidad mínima o se detienen; si la temperatura mínima se prolonga por varios días la planta se debilita, y si ocurren temperaturas por debajo de este nivel, la planta sufre una progresiva decadencia o muerte.

Óptima 21-27° C	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación son adecuados.
Máxima 32-36° C	Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre la muerte de la planta.

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

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

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

Humedad

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

Luminosidad

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

Ventilación

El porcentaje de humedad relativa dentro del invernadero determina el éxito de cada fase vegetativa de los cultivos, de ahí la importancia de su control. Los métodos o formas de aireamientos varían de acuerdo con el modelo de invernadero empleado. El porcentaje de ventilación varía en función del clima de cada región y de un tipo de cultivo a otro. En general, las regiones de humedad relativa elevada exigen sistemas más eficientes de ventilación o mayor porcentaje de área de ventilación. Con la experiencia adquirida en el manejo de la ventilación dentro del invernadero, la

investigación y la práctica, se podrá determinar el porcentaje de ventilación para cada caso, cuyo cálculo se puede realizar con la siguiente fórmula:

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

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

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

Suelo

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

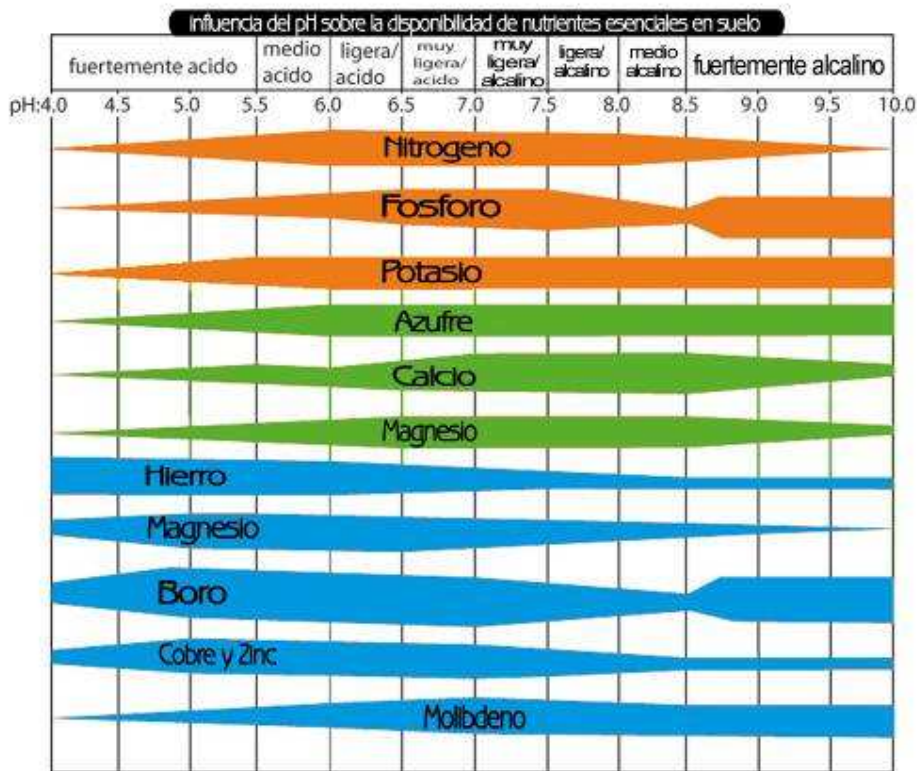


Figura 55. Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo (OJO: en la figura, ácido en vez de acido; nitrógeno y fósforo. Según el autor, donde dice Magnesio debe decir Manganeso)

3.9 Manejo del clima dentro del invernadero

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

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

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

Las consecuencias de un cultivo expuesto a altas temperaturas son:

- Reducción de la cantidad y la viabilidad del polen.
- Reducción de la cantidad de flores y frutos por inflorescencia (figura 56).
- Distorsión de las anteras, lo que impide una adecuada polinización.

- Elongación del estilo por encima de las anteras lo que dificulta la polinización.
- Asimetría en la forma de la inflorescencia.
- Cambios morfológicos dados principalmente por la elongación y escasez de los entrenudos.
- Apariencia de debilidad en las inflorescencias.
- Retraso en la aparición de la primera inflorescencia sobre el tallo principal.
- Mala fecundación de frutos y mal llenado de frutos.



Figura 56. Reducción de flores y frutos por altas temperaturas

Las consecuencias de un cultivo expuesto a bajas temperaturas son:

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



Figura 57. Entrenudos cortos por bajas temperaturas

Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades como *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinerea* y *Erwinia carotovora*, y se presentan desórdenes que afectan los frutos, como son: manchado, que produce una maduración por parches asociada también a una deficiencia de potasio; grietas o rajaduras radiales o concéntricas; cara de gato o malformación, y frutos huecos. Además, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y las flores pueden caerse.

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

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

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

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

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

mismas plantas se producen sombra entre sí. Igualmente, el exceso de estructuras dentro del invernadero, principalmente en el tutorado, reduce la cantidad de luz.



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

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

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

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

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

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

En la noche, en el invernadero baja la temperatura de la cubierta, del aire y de las superficies (estructura del invernadero, plantas y el suelo); por lo tanto, se debe evitar al máximo el escape del aire caliente acumulado en el día cerrando las cortinas, lo cual debe hacerse en promedio alrededor de las 3 o 4 de la tarde. Generalmente la cubierta es la superficie más fría sobre la que se deposita la condensación de la humedad del ambiente, y si la cubierta no tiene aditivos anticóndensación, la humedad se sitúa sobre el follaje de las plantas en forma de rocío (figura 59), el cual es uno de los factores que más predisponen para el ataque de enfermedades como gotera

(*Phytophthora infestans*) y mancha gris (*Botrytis cinerea*). Otra alternativa en las horas de la noche, cuando más baja la temperatura, es encender leña o carbón dentro del invernadero, formando brasa y no llamarada, en un recipiente metálico colocado en un sitio estratégico, cuidando de no causar ningún tipo de incendio; el recipiente debe ser tapado dejando una pequeña abertura para la entrada de oxígeno a fin de mantener las brasas prendidas por más tiempo. Al día siguiente se debe abrir el invernadero para permitir la salida del gas carbónico.



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

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



Figura 60. Apertura de cortinas

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



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

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

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



Figura 62. Invernadero con apertura fija en la cumbre

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



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

Alternativas para la reducción de temperaturas máximas

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

Alternativas para aumentar las temperaturas mínimas

- Cierre de cortinas para evitar la entrada de aire frío que desplace el aire caliente.
- Pantallas térmicas (aluminizadas son más eficientes, pero son de alto costo, con instalación complicada y deben ser móviles).
- Cubiertas dobles (polietileno de escaso espesor 50 a 100 micras), reducen la transmisibilidad en un 10%.
- Calefacción (alto costo).
- Generadores de aire caliente (mediante la utilización de mangueras plásticas para una distribución homogénea del aire).
- Conducción de agua a alta temperatura (30 a 40° C) a través de tubería galvanizada.

Alternativas para la reducción de la condensación

- Utilización de plástico con aditivo antigoteo.
- Empleo de sistemas de calefacción.
- Uso de pantallas térmicas.
- Utilización de doble pared en el invernadero.
- Reducción de los aportes de agua por técnicas de riego localizado.

- Uso de materiales termoaislantes para cubierta.
- Empleo de acochados plásticos.
- Poda y deshoje de las partes bajas e internas de las plantas.

Alternativas para el aumento de la humedad relativa

- Descender temperatura con sombreado o encalado.
- Nebulización de agua.
- Aumento de la circulación del aire.
- Aplicación de riego en las calles dentro del invernadero.
- Aumento en la frecuencia de riego sin crear desequilibrios de agua entre el suelo y la planta.
- Se han obtenido buenos resultados ubicando vasijas con agua en determinados sitios del invernadero; el agua de la vasija se evapora y contribuye al incremento de la humedad relativa.

Alternativas para bajar la humedad relativa

- La presencia de niebla o lluvia indica que la humedad relativa del aire es demasiado alta; las cortinas, en este caso, no deben ser abiertas bajo estas condiciones, pues la humedad del aire dentro del invernadero está más adecuada a las exigencias de las plantas que la humedad del aire en el exterior; además, no se permitiría mantener adentro el calor suficiente debido a la baja radiación.
- Las plantas cultivadas en un invernadero transpiran menos que las que se cultivan a campo abierto, por lo tanto necesitan un menor número de riegos. La irrigación debe ser hecha solamente cuando sea necesario a fin de evitar que la evaporación del agua aumente la humedad relativa.
- El productor debe escoger los momentos más adecuados para regar las plantas: en las horas de la mañana o en los periodos de menos humedad.
- La utilización de coberturas plásticas en el suelo evita la evaporación de la humedad contenida en él.
- Mantener el cultivo libre de malezas, las cuales, con su transpiración, contribuyen al aumento de la humedad relativa.