



Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria
Tembiporupyahu kokue Paraguái pegua Nangarekoha



MANUAL BÁSICO DE CULTIVOS SIN SUELO PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO



CONTENIDO TECNOLÓGICO

- ▶ Horticultura protegida
- ▶ Fertirriego
- ▶ Cultivo sin suelo
- ▶ Sustratos
- ▶ Manejo de plagas

AUTORES

Hugo Zarza
Carlos Huespe
Manuel Mayeregger
Mirian Trabuco
Óscar Guillén
Mariela Rodas
Fidelino López

Proyecto IPTA – CONACYT 14-INV-449

Sistemas de producción de tomate bajo agricultura protegida sostenible con opción viable ante el cambio climático, con potencial de expansión en la agricultura familiar y peri urbana.

MANUAL BÁSICO DE CULTIVOS SIN SUELO PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

2018

Tirada 500 ejemplares
Impreso en Frigon S.A.

Editor:

Hugo Alberto Zarza Silva
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Edición de texto:

Gloria Graciela Bogado Ayala
Ingeniera Agrónoma

Gustavo David Alonso Argüello
Ingeniero Agrónomo

Juan Carlos Ramírez
Ingeniero Agropecuario

Institución responsable: Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA)

Institución cofinanciadora: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Manual básico de cultivos sin suelo para producción de tomate en invernadero/
Hugo Zarza, Carlos Huespe, Mirian Trabuco, Manuel Mayeregger,
Oscar Guillén, Fidelino López.

Caacupé, PY, IPTA-CONACYT, 2018
60 p. il. Tablas.

ISBN: 978-99967-0-766-7

1. Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) 2. Horticultura protegida 3. Fertirriego 4. Cultivos sin suelo 5. Sustratos 6. Manejo de plagas I. Hugo Zarza II. Carlos Huespe III. Mirian Trabuco IV. Manuel Mayeregger V. Oscar Guillén VI. Fidelino López.

DEWEY 635.642

Reservado todos los derechos. La reproducción total o parcial, en cualquiera de los métodos o formas electrónicas o mecánicas, incluyendo el sistema de fotocopias, registro magnetofónico, o sistema de alimentación de datos, sin expreso consentimiento del autor, viola los derechos. Cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

Contenido

Presentación	5
Introducción	7
Horticultura protegida	8
El cultivo del tomate	14
Cultivos sin suelo o cultivos hidropónicos	29
Soluciones nutritivas	34
La Fertirrigación en tomate	41
Identificación y manejo de plagas del tomate	46
Literatura consultada	59



Jesús Rotela. Capiibary - San Pedro

Pedro Rotela. Capiibary - San Pedro

Presentación

El Proyecto “Sistemas de producción de tomate bajo agricultura protegida sostenible con opción viable ante el cambio climático, con potencial de expansión en la agricultura familiar y periurbana”, código 14-INV-449 fue elaborado en base a la convocatoria del año 2013 del Programa PROCIENCIA del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e implementado por Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA). Una de las finalidades del proyecto es la de mejorar el estado del conocimiento y la difusión de los resultados encontrados. Entre las actividades de difusión se contempla la publicación del presente manual que almacena las tecnologías y los procedimientos específicos originados en el marco del Proyecto y que son de utilidad para la labor hortícola. Este manual recoge el esfuerzo y el trabajo realizado por técnicos del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA) en forma conjunta con productores de tomate.

Rafael López
1° de Mayo, Distrito de Caaguazú



Ing. Agr. Alexis Vera
MAG - DEAG

Introducción

El cultivo sin suelo es una técnica que se utiliza para producir hortalizas en ambientes protegidos y como su nombre lo dice no está presente en el proceso el uso de suelo o tierra que son habituales en la producción hortícola. En Paraguay se cultivan alrededor de 1300 ha de tomate, siendo la hortaliza de mayor importancia económica del país con un rendimiento de 33 t /ha. Este rendimiento es inferior al promedio obtenido por países de la región, como Argentina con 44 t/ha, Uruguay 80 t/ha y Brasil con 60 t/ha. El cultivo de tomate, en muchos casos carece de la productividad esperada, por causa de las altas temperaturas, heladas, enfermedades y plagas. Este cultivo tiene un período de producción que varía entre 1 a 5 meses dependiendo de la zona de producción, de las condiciones climáticas, del sistema de cultivo y de la sanidad de la plantación. La horticultura protegida se presenta como una opción viable ante el cambio climático para agricultores familiares y peri urbanos. La validación de los sistemas de producción permitirá ofertar a los productores conocimientos aplicables de menor riesgo tecnológico. La presente publicación pretende fortalecer los conocimientos en el campo de la horticultura protegida, específicamente con sistemas sin suelo y de fertirriego; en la producción de tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero. En Paraguay existe muy poca investigación en estos campos, y el proyecto plantea responder entre otras cosas a la necesidad de complementar el sistema actual de producción de tomates. La propuesta tecnológica para el desarrollo de los sistemas productivos de tomate se fundamenta en la horticultura protegida, fertirriego, cultivo sin suelo y sustratos.

Horticultura protegida



La horticultura protegida es un sistema de cultivo que permite controlar el ambiente natural en el que se desarrollan las plantas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Las estructuras empleadas se denominan invernaderos o casa de vegetación y son estructuras cubiertas con material transparente que permite pasar la luz solar para el crecimiento de las plantas. El uso de estructuras de protección para cultivar hortalizas es cada vez más común y pareciera que el auge de cultivar bajo un plástico va en aumento. La agricultura y/o horticultura protegida es una técnica que utiliza cubiertas de protección contra las condiciones adversas del clima, plagas y enfermedades. Es un sistema que contribuye al incremento de la producción y productividad de las unidades económicas rurales, en particular, en aquellas regiones donde las condiciones climatológicas son adversas. También en invernadero o casa verde se puede producir verduras y hortalizas de calidad en áreas periurbanas para asegurar el suministro de alimentos seguros y ecológicos para la población urbana.

- ▶ El cultivo bajo cubierta gana terreno en Paraguay.
- ▶ La producción de tomate bajo agricultura protegida supone un incremento en el rendimiento por unidad de superficie.

Elementos a considerar:

- ▶ Factores climáticos
- ▶ Seres bióticos o vivos
- ▶ Materiales estructurales
- ▶ Diseño de la estructura
- ▶ Control del clima









Invernadero o casa de vegetación

El concepto de invernadero o casa de vegetación apareció en Europa en el siglo XVII, junto con la ciencia de cultivar plantas. Las estructuras de invernaderos fueron evolucionando desde la década de 1960, cuando el de polietileno llegó a estar ampliamente disponible y fueron hechas frecuentemente por los propios productores y construidos con materiales de aluminio, tubos de acero galvanizado especial o acero y los costos de construcción se redujeron considerablemente. Con la evolución de la industria del polietileno, permitió la fabricación de materiales más resistentes y su durabilidad se extendió de 2 a 4 años aproximadamente gracias a plásticos resistentes a los rayos ultravioletas. La ventilación es uno de los componentes más importantes en un invernadero, pensado para el trópico y para zonas subtropicales. Si no hay una ventilación apropiada las plantas en desarrollo pueden volverse proclives a los problemas.

El reto para la introducción del cultivo protegido en ambientes subtropicales de Paraguay contempla el diseño de un sistema de producción de cultivos de invernadero adaptado al clima local, caracterizado por los altos niveles de irradiación, temperatura exterior y humedad, en los que se pueda crear un microclima manejable dentro del invernadero en un rango adecuado para la producción de cultivos y con bajo riesgo de infestación de plagas y enfermedades.


Los factores climáticos a considerar en ambiente protegido son: luz, temperatura, humedad y viento.

Luz




La luz tiene un rol preponderante para el óptimo desarrollo vegetal, es esencial para realizar la fotosíntesis. La luz natural es la fuente disponible, pero en horticultura no son suficientes las cantidades. Por lo tanto, el uso de luz artificial se ha vuelto muy común para aumentar la producción y la calidad. Las plantas tienen una diferente respuesta a la luz de los colores, cada planta tiene su propia sensibilidad para los colores y la intensidad de la luz. En el caso de la fuente de energía ligera para las plantas, las reacciones de respuesta positiva son importantes para obtener los resultados óptimos en planta de producción. Sólo el 50% de la cantidad de luz natural llega a las plantas dentro de un invernadero. Los parámetros o indicadores de las características de la luz se determinan por calidad, cantidad, y duración. La exigencia de la intensidad de luz óptima, es el punto en el que se maximiza el proceso de fotosíntesis y el crecimiento de las plantas es mayor. Si el nivel de luz es menor, se reduce el crecimiento. El punto donde un aumento en la intensidad de la luz no aumentará la fotosíntesis se llama saturación de luz. Los Productores de hortalizas bajo invernadero se enfrentan a dos situaciones extremas en términos de iluminación. Cuando la intensidad de la luz es baja o muy alta afecta numerosos procesos en el desarrollo de la planta, como iniciar o retrasar la floración (fotoperiodismo), alargamiento excesivo (etiolación), (que inhibe el crecimiento) asociado con el sobrecalentamiento y el exceso de transpiración. La elección de la cubierta es una decisión muy significativa para el éxito del cultivo. Algunas características y propiedades de los plásticos son el espesor, propiedades mecánicas que es importante en zonas de vientos fuertes, transmisión de la luz, resistencia al polvo y plásticos con capas múltiples.

Temperatura



La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La temperatura óptima para las plantas hortícolas se encuentra entre los 15 y 25°C. Hay diversos sistemas para mantener una determinada temperatura en el interior de un invernadero, pero de pocos podemos decir que no constituyen un derroche energético. En esta ocasión nos vamos a referir a los sistemas para disminuir la temperatura en el interior de un invernadero.





El manejo de la temperatura se basa en la estructura y diseño del invernadero, así como el grado de tecnificación que éste posea. Así mismo, el grado de tecnificación hace referencia a la cantidad de equipo industrial instalado en el invernadero (sensores, actuadores y controladores), ya que no todos los invernaderos actuales utilizan actuadores para cambiar las condiciones ambientales monitoreadas. Por otra parte la estructura y diseño del invernadero, junto con el lugar de instalación y principalmente con la altura desde el suelo hasta la cumbre, proveen de la ventilación e insolación necesaria para mantener el invernadero bajo condiciones ambientales óptimas para el cultivo, permitiendo que el flujo de aire caliente y frío dentro del invernadero sea controlado de forma mecánica sin necesidad de utilizar dispositivos extras para mantener bajo control el ambiente interior del invernadero. Las estructuras más altas permiten una mejor ventilación, pero también son más vulnerables a los fuertes vientos. La temperatura también es la que requiere de mayores sistemas mecánicos de actuación para su control, debido a que los sistemas de aireaciones son diseñados para el control de esta variable, así mismo los sistemas mecánicos de calefacción y enfriamiento son utilizados para el mismo fin de control. La causa más común de la caída de la flor del tomate es la alta temperatura.

Rango de temperaturas para el crecimiento del tomate (°C)

Diurna		Nocturna		Solución Nutritiva		
<i>Máxima</i>	<i>Óptima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Óptima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Óptima</i>	<i>Mínima</i>
30	27-25	27	20-15	25	24-15	13

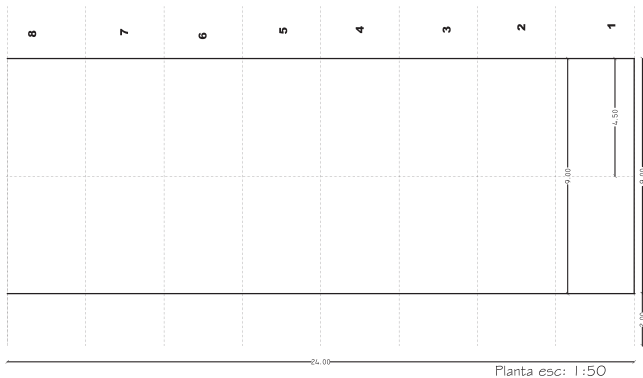
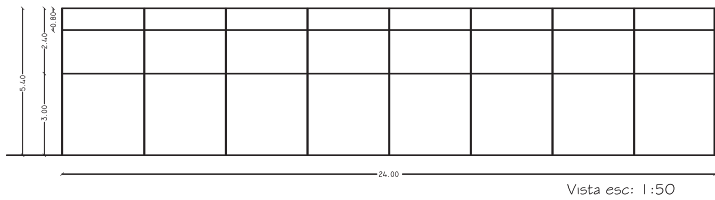
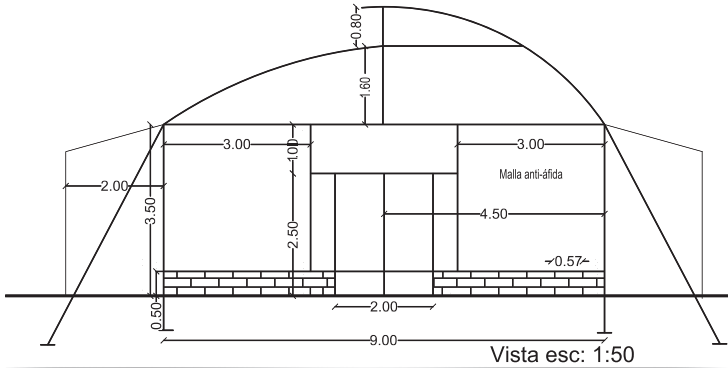
Viento

Es uno de los factores más importantes al momento de diseñar los invernaderos tropicales, las dimensiones y la forma de la estructura, además de la necesidad de abaratar costos se ven restringidos por la resistencia que deben presentar los invernaderos al viento.



Humedad relativa

Es la cantidad de agua en el aire en comparación con la cantidad total de agua que el aire puede contener y se expresa en porcentaje. La humedad debe manejarse de acuerdo con las necesidades de diferentes cultivos ya que afecta directamente a la transpiración de las plantas, se puede controlar con la ventilación, sombraje y aplicación de neblina de agua en el invernadero.



Plano de casa de vegetación. Corte, fachada y plano.
 Dirección de Obras e Infraestructura, IPTA



Cómputo de materiales y obras para invernadero de 216 m ²		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.
Desmonte /limpieza de terreno	m2	108,00
Excavación para nivelación de 30cm de profundidad por 15 de ancho de ladrillo común	ml	42,00
Muro de 0,15 de ladrillo común h min= 0,50	ml	42,00
Calce de cimentación para pilares con piedra triturada y cemento, 80cm de profundidad y de 30 x 30 cm de ancho	und.	12,00
Malla anti-áfidos y carpa de plástico	m ²	365,00
Caño de 10x10 cm (de 100) de 3,6 m de altura (pared de 2mm (columna portante) laterales	und.	10,00
Caño de 10x10 cm (de 100) de 5.86 m de altura (pared de 2mm (columnas portantes centrales)	und.	5,00
Cumbrera superior caño de 2 pulgadas, de 12 m largo (pared de 2mm)	und.	1,00
Cumbrera inferior caño de 2 pulgadas,de 12m (pared de 2mm)	und.	1,00
Larguero longitudinal caño de 1 1/2 pulgadas (pared de 2mm)	und.	2,00
Larguero transversal caño de 1 1/2 pulgadas (pared de 2mm)	und.	9,00
Banda de protección caño de 1 pulgada (pared de 2mm) de 9m metros de largo	und.	2,00
Banda de protección caño de 1 pulgada (pared de 2mm)de 2m de largo	und.	2,00
Caño circular para arco de 2 1/2 pulgadas. Y de 5,65m de largo	und.	5,00
Caño circular para arco de 2 1/2 pulgadas. Y de 4,75m	und.	5,00
Perfil sujetador de 3,00	und.	8,00
Perfil sujetador de 9m	und.	6,00
Perfil sujetador de 12m	und.	6,00
Alambre zig zag calibre 13(2m por kilo)de acero galvanizado.	ml	150,00
Cabos laterales 10 unidades	ml	44,60
Cabos frontales 2 unidades(frontal y posterior)	ml	41,00
Tensor para cabo	und.	12,00
De caños al esmalte sintético previo anti oxido	litros	5
Ladrillo común	und.	2.200,00
Cemento	kg	675,30
Arena lavada	m ³	2,96
Piedra triturada 4ta especial	tn	0,86
Piedra triturada 3ra especial	tn	1,64
Cal para muros perimetrales	kg	186,00



El cultivo del tomate



Se lo puede considerar como el cultivo más cosmopolita entre las hortalizas o sea que existe la posibilidad de producir este rubro en cualquier parte del mundo, en contrapartida a esta situación, nos encontramos ante un cultivo de alta complejidad en el manejo desde el punto de vista agronómico y de elevado riesgo desde el punto de vista económico.

En cuanto a su aprovechamiento como fuente de alimentación humana, podemos resaltar su nobleza, por las múltiples formas en que pueden ser aprovechadas, tanto en forma fresca o procesada.

En nuestro país es un cultivo que se encuentra en franca expansión, cada día son más los productores que se dedican a la producción de este rubro, inclusive existe la factibilidad de hacerlo todo el año, mediante la implementación de algunas técnicas, en las épocas de mayor dificultad.

Origen

Es originario de un estrecho territorio de los Andes, situado entre Chile y Ecuador, en donde se lo encuentra en su estado primitivo.

Clasificación taxonómica

Familia: *Solanáceas*

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

Originado de la especie Andina silvestre, *Lycopersicon esculentum* Var. Ceresiforme, que produce fruta tipo cereza.

Características botánicas

Es una planta herbácea de tallo flexible, incapaz de soportar el peso de las frutas y mantener un crecimiento vertical, en forma natural puede formar enredaderas, por la abundante ramificación lateral, siendo esto profundamente cambiado mediante la poda. Es un cultivo perenne, pero en nuestro medio se lo maneja como un cultivo anual.



Desde la siembra, hasta la producción de la nueva semilla, su ciclo biológico varía entre 4 a 7 meses. La parte aérea se encuentra cubierta en su totalidad por una fina pilosidad, de donde se desprende el aroma característico del cultivo.

Poseen hojas compuestas, dispuestas en formas opuestas, son lobuladas, con una longitud media entre 15 a 45 cm y desarrolla 5 a 9 lóbulos principales.

La raíz principal es pivotante, que puede llegar a crecer hasta los 2 metros de profundidad y hasta 3 metros en forma lateral. La mayor fuerza activa de la raíz se desarrolla hasta una profundidad de 50 cm.

Las flores están dispuestas en racimos o cachos, son hermafroditas, con una tasa de autopolinización que puede llegar a 98%. La flor está compuesta básicamente de 5 pétalos de color amarillo.

La fruta es una baya carnosa y jugosa, de forma ovalada, con un diámetro de 5 a 8 cm de color rojo, anaranjado o amarillo, el color rojo predominante se debe a la presencia de un pigmento denominado licopeno que es un antioxidante anticancerígeno. Posee de 2 a 10 lóculos, la cantidad de estos lóculos determinan el tamaño de la fruta.

Las semillas están recubiertas de pelos, son pequeñas, en la fruta se encuentra sumergida en una sustancia mucilaginosa.

La planta presenta dos hábitos distintos de crecimientos, que condicionan la forma de conducción del cultivo.

Hábito de crecimiento indeterminado

Con dominancia apical sobre las yemas laterales, deben ser tutoradas y desbrotadas, el tallo puede crecer más de 2,5 m de altura. El crecimiento de la planta es vigoroso y continuo, ocurriendo en forma paralela la formación de flores y frutas.

Hábito de crecimiento determinado

Son cultivares creados para el manejo en forma rastrera, con finalidad industrial, con tallos llegando apenas a 1 a 1.5 metro de altura, terminando en un racimo de flores, presenta desarrollo menos vigoroso, su principal virtud es la maduración casi al mismo tiempo de las frutas, facilitando la cosecha para su procesamiento.



Exigencias climáticas del cultivo

Por su origen, se adapta mejor a clima tropical de altitud, pero no presenta muchos problemas para producir en clima subtropical y templado secos.

Requiere de una temperatura diurna amena y una temperatura nocturna más fresca con una diferencia de 6 a 8°C entre ambas.

La semilla tiene capacidad de germinar en temperaturas que oscilan entre 11 y 40°C siendo lo ideal las comprendidas entre 25 a 30°C.

La temperatura apropiada para el desarrollo vegetativo es de 24 a 26°C durante el día y de 18 a 20°C de noche. El crecimiento se paraliza con temperaturas superiores a 40°C y por debajo de 5°C.

Es un cultivo exigente en cuanto a la intensidad de la luz solar, pero indiferente al fotoperiodo.

Suelo

Es adaptable a diversos tipos de suelos, con tal de que no sean muy arcillosos, muy arenosos, compactados o mal drenados. Los mejores resultados se obtienen en suelos de textura media, con alta fertilidad natural o adecuadamente corregidos y fertilizados.

La planta presenta moderada tolerancia a la acidez del suelo, siendo su ph ideal los comprendidos entre 5,5 a 6,5. En suelos más ácidos el encalado es indispensable.

Cultivares

Actualmente con el lanzamiento en forma frecuente de nuevos cultivares mejorados, las variedades tradicionales se están volviendo obsoletas.

Así han sido desarrollados cultivares con resistencia genética a una amplia gama de enfermedades y anomalías fisiológicas. Algunas presentan características genéticas de larga vida, con capacidad de conservación en poscosecha superior a las variedades tradicionales.

Los numerosos cultivares sembrados en nuestro medio pueden ser clasificados en grupos:



► **Grupo Santa Cruz o Perita**

La planta es alta, con hábito de crecimiento indeterminado, su tallo principal puede ultrapasar los 2 m de altura, en cultivos manejados a campo. La fruta presenta 2 ó 3 lóculos, de pulpa espesa, lo que le confiere mayor resistencia al manipuleo, pueden pesar entre 160 a 200 gramos, de menor tamaño, sabor pobre, si se lo compara con los demás grupos.

Los cultivares representantes en nuestro medio de este grupo son: Carina, Ravena, Vivacy, Santa Cruz Kada, Santa Clara, Bonus, Combat, Delta y Bravo.

► **Grupo lisa o ensalada**

Presentan frutas de mayor tamaño con relación al grupo anterior, generalmente con amplitudes variando entre 200 a 400 gramos, para frutas comerciales. Son de formato globular, típicamente pluriloculares, con 4 a 10 lóculos, los frutos son más delicados, presentando menor resistencia al manipuleo y al transporte, es apropiada para su consumo en fresco, en ensaladas exclusivamente. En cuanto a hábitos de crecimiento pueden ser indistintamente determinados o indeterminados.

En este tipo de fruta se observa frecuentemente anomalías fisiológicas graves conocido con el nombre de lóculo abierto.

Entre los cultivares más conocidos en nuestro medio tenemos:

Hábito de crecimiento determinado: Pyta Guasú, T-126, BHN 330, BHN 270, Acclaim y Sanibel.

Hábito de crecimiento indeterminado: Pietra, Pyta Pora, SuperCetapar, T – 70, Sofía, Romina y Supermax.

► **Grupo Cereza o Cherri**


Se trata de un grupo de cultivares destinados para el consumo en fresco, caracterizado por el minúsculo tamaño de sus frutos (15 a 25 gr.) biloculares, con atractiva coloración rojo o amarillo brillante, de excelente sabor.

Los cultivos comerciales todos son híbridos, altamente productivos, presentan racimos con 20 a 40 frutitas, son de crecimiento indeterminado por ende necesariamente tiene que ser tutorado, como ejemplo podemos citar el híbrido Lily TK y Nene, materiales de frutas rojas.






Grupo Italiano




Se trata de un grupo de cultivares introducidos recientemente en nuestro país, para consumo en fresco, los frutos son biloculares, típicamente alargados, con una longitud 1,5 a 2 veces mayor que el diámetro, son cosechados completamente maduros, con una atractiva coloración roja, puede ser utilizada para ensalada o preparación de salsa, generalmente son de crecimiento indeterminado, por ejemplo podemos citar: Red Sun, Plutón, Neptuno y Saturno.



Grupo Industrial




Obligatoriamente, tiene que ser conducida en forma rastrera, sin cuidados culturales sofisticados, buscando bajo costo de producción, las frutas deben presentar ciertas características:

- 
- Alta resistencia al transporte, inclusive a granel.
 - Coloración rojo intenso, de distribución uniforme en toda la fruta.
 - Elevado tenor de sólidos solubles.
 - Tenor adecuado de ácido cítricos.
 - Maduración simultanea para unificar cosechas.

Son de hábitos de crecimiento determinado, presentando inflorescencia terminal, son más ramificadas, son conducidas sin desbrote, amarre o tutoramiento.


Los cultivares de este grupo presentan dos formatos básicos:

- 
- *Periformes o peritas*: Similar al tipo Santa Cruz.
 - *Alargados*: Semejantes al tipo Italiano.

Cultivares más conocidos: Santa Adelia, Río Grande, Río Brasil e IPA 6.

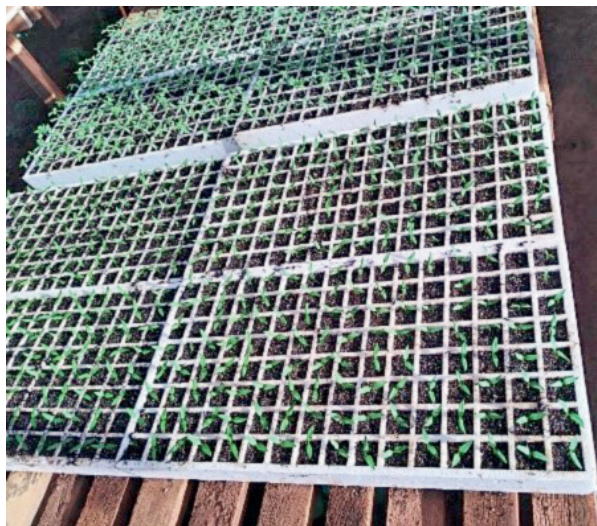
- Larga vida – Una característica genética.

Larga vida es un término utilizado para denominar frutas que inician más tardíamente su deterioro en poscosecha. Se trata de una nueva y notable característica genética, que puede ser incorporada a cualquiera de los cinco grupos de cultivares, no constituyéndose en un grupo aparte.



PRODUCCIÓN DE MUDAS

La semilla puede sembrarse directamente en macetas o en bandejas, lo más recomendable es producir mudas en bandejas, dada la facilidad que este método tiene, un uso más eficiente de las semillas, producción de plántulas sanas y buen desarrollo foliar y radicular. La ventaja del uso de macetas es la de permitir un tiempo de espera mayor antes del trasplante por el volumen del contenedor.



Producción de mudas en bandejas



Producción de mudas en macetas

TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN A NIVEL DE CAMPO

Selección de parcela – Criterios a considerar

- Evitar cultivos sucesivos de tomate en la misma parcela o su rotación con otras solanáceas, en un plazo no inferior a 3 años
- Seleccionar parcelas con pendientes leves (1 a 3%)
- El suelo debe ser suelto y profundo, con alto contenido de materia orgánica y buena fertilidad natural
- Dar preferencia a parcelas con buena exposición a la luz solar y de buena ventilación

Mejoramiento del suelo

a) Rotación de cultivo con abono verde.

- *De verano:* crotalaria, mucuna, *cumandá ybyrai*, canavalia, maíz, poroto.
- *De invierno:* lupino, avena negra y nabo forrajero.

b) Encalado

Consiste en la aplicación al suelo de un material encalante, principalmente cal agrícola para:

- Mejorar las condiciones de acidez del suelo.
- Suministro en forma económica de calcio y magnesio al suelo.
- Reducción de los efectos tóxicos del aluminio, hierro y manganeso.
- Reactivar la actividad microbiana del suelo.

Tipos de cal agrícola

- *Calcítica:* Aporta calcio.
- *Dolomítica:* Aporta calcio y magnesio.

La cantidad de cal agrícola a ser aplicada debe estar en función a lo recomendado según resultado de un análisis de suelo.

La forma de aplicar es al voleo cubriendo toda el área, incorporado en dos fases:



- 50% de la cantidad recomendada en forma profunda con un arado.
- 50% en forma superficial con una rastra.

La época de aplicación, por lo menos un mes antes del trasplante.

c) Materia orgánica

Estiércol de origen animal, compost u otro material es altamente benéfico para el mejoramiento del suelo, toda vez que sea incorporado con antelación al trasplante, se debe evitar la utilización de un material mal descompuesto, puede ocasionar daños a las plantas.

La cantidad recomendada para tomate es de 5 Kg/m² de estiércol vacuno o 3 kg/m² de gallinaza.

La forma de aplicación es al voleo o en forma localizada en surcos u hoyos de trasplantes, siempre mezclando el material con el suelo.

La época de aplicación, por lo menos una semana antes del trasplante.

Nutrición del tomate

La planta es altamente exigente en nutrientes minerales, la orden de extracción de macronutrientes es como sigue: K, N, Ca, S, P y Mg.

Fertilización

Fertilizantes aplicados al suelo

Las aplicaciones de fertilizantes al suelo en forma general y para todos los cultivos, necesariamente deben obedecer a las recomendaciones hechas en base a lo expresado por los resultados de un análisis de suelo.

En forma general para suelo de media y baja fertilidad se recomiendan las siguientes cantidades de NPK expresadas en Kg/ha

Tomate Tutorado

N: 300 a 400

P: 600 a 1000

K: 500 a 800

Tomate Rastrero

100 a 120

300 a 500

150 a 200

Fertilización básica – Tomate tutorado

Se realiza por lo menos 15 días antes del trasplante, en este momento se recomienda aplicar:



- 10% del total del nitrógeno recomendado.
- 100% del fósforo.
- 10% del total del potasio recomendado.

Los diferentes fertilizantes deben ser aplicados e incorporados al suelo para su rápida mineralización y para evitar pérdidas por volatilización en el caso de nitrógeno.

La aplicación puede hacerse al voleo o en forma localizada en surcos u hoyos de trasplante.

Fertilización de cobertura – Tomate tutorado

Nitrógeno	Potasio
Cobertura 1: 10% a los 40 días después de la siembra	15%
Cobertura 2: 10% a los 55 días	15%
Cobertura 3: 20% a los 70 días	20%
Cobertura 4: 20% a los 85 días	20%
Cobertura 5: 15% a los 100 días	15%
Cobertura 6: 15% a los 115 días	5%

Fertilización del tomate rastrojero

▶ Nitrógeno

20% antes y después del trasplante.

40% a los 25 a 30 días después del trasplante.

40% a los 50 a 60 días después del trasplante.

▶ Fósforo

100% antes del trasplante.

▶ Potasio

50% antes del trasplante.

30% a los 30 días después del trasplante.

20% a los 50 días después del trasplante.



Fertilización foliar

La fertilización foliar es una alternativa con que se cuenta para el suministro de nutrientes en forma complementaria a la fertilización aplicada al suelo, la ventaja que presenta esta forma de suministro de nutrientes es que se puede hacer las correcciones en cualquier etapa del cultivo.

Sistema de cultivo

Sistema de producción en hileras simples.

Sistema de producción en doble hileras.

En ambos casos se puede manejar el cultivo en tablones o en hileras corridas.

Levantamiento de tablones

Para sistema de producción en hileras simples:

- Ancho de base: 0,8 m
- Parte superior del tablón: 0,6 m
- Altura del tablón: 10 a 15 cm
- Longitud: A criterio de cada productor
- Separación entre tablones: 30 a 50 cm

Para sistema de producción en hileras dobles:

- Ancho de base: 1 a 1,2 m
- Parte superior del tablón: 0,8 a 1 m
- Altura del tablón: 10 a 15 cm
- Longitud: A criterio de cada productor
- Separación entre tablones: 30 a 50 cm

Sistema de riego

El sistema de riego recomendado para este cultivo es el sistema de riego por goteo, por la aplicación dirigida del agua de riego al suelo, sin crear ninguna perturbación a la planta, considerando que nos encontramos ante un cultivo con mucha propensión a problemas fitopatológicos y que la forma de regar es una de las vías de propagación de estos males.



La cantidad de agua a aplicar depende del estado de desarrollo del cultivo, se recomienda de 0.5 a 1 litro por planta por día, con esta cantidad el suelo se mantiene en su capacidad de campo.

Cobertura de suelo

Consiste en cubrir la superficie de suelo, especialmente a lo largo de las hileras o todo el tablón, con una lámina de plástico de uso agrícola en invierno o con paja seca en el verano. Las ventajas son:

- Notable economía de agua de riego.
- Reduce las fluctuaciones hídricas y térmicas, en la camada superficial del suelo.
- Disminuye la incidencia de malezas.
- Repelente de áfidos y ácaros si el color es claro.

Instalación de sombraje

Para cultivos planificados a partir de octubre, se debe tener en consideración el uso de un sombraje, para atenuar el impacto de los fuertes rayos solares que pueden afectar en forma drástica la producción en esta época del año, el material más utilizado para este caso es la malla de plástico para media sombra de color negro, de 32 a 35% de retención de luz, cuya altura dependerá del hábito de crecimiento del cultivo a implantar.

Distancia de plantación

En sistema de hileras simples:

- Entre hileras: 0.8 a 1m
- Entre plantas: 0.6 a 0.7m

En sistema de doble hileras:

- Entre hileras: 0.6 a 0.7m
- Entre plantas: 0.6 a 0.8m
- Entre doble hileras: 1m





Trasplante

El trasplante se realiza cuando las mudas reúnen las siguientes condiciones:

- 20 a 30 días después de la siembra.
- 10 a 15 cm de altura.
- 3 ó 4 hojas verdaderas.

Tutorado

▶ *Hábito de crecimiento determinado*: Varas de tacuara u otro vegetal de 1.5 m auto sostenidas por alambre fino o hilo ferretería.

▶ *Hábito de crecimiento indeterminado*: Varas de tacuara u otro vegetal de 2.2 metros de largo sostenidas por una estructura de postes y alambres.

Conducción de rama

▶ *Hábito de crecimiento determinado*: La conducción de ramas se realiza dejando crecer todas las ramas que aparecen por encima del primer racimo floral.

▶ *Hábito de crecimiento indeterminado*: pueden ser conducidos con 1 ó 2 ramas.


▶ *Conducción con 1 rama*: Se mantiene la dominancia apical del tallo principal.

▶ *Conducción con 2 ramas*: Se mantiene la dominancia apical del tallo principal y se deja crecer el primer brote axilar que aparece sobre el primer racimo floral.

Amarre


El amarre se realiza para sujetar las ramas al tutor, de tal forma a mantener la planta erecta, aun cargados de frutas, para el amarre se utiliza principalmente en nuestro medio, hilo de ferretería de 9 a 11 cabos, el amarre se realiza en forma cruzada, no muy apretado porque puede estrangular la planta.






En el caso de planta de crecimiento determinado, el amarre con hilo debe ser reforzado con cinta de plástico colocada a ambos lados de las hileras, en forma continua, esto para ayudar a soportar el peso de los frutos, sin este apoyo las ramas se desgajan perdiéndose parte de la producción.

Desbrote




El tomate es una especie con capacidad de brotar en todas las axilas, éstos deben ser eliminados en forma sistemática a medida que vayan apareciendo, el mejor momento es cuando estos brotes todavía están tiernos antes de que adquieran la consistencia leñosa para facilitar su eliminación, la medida ideal es antes que sobrepasen los 10 cm de longitud, en este momento se lo puede quebrar con la mano, sin la necesidad de utilizar una herramienta cortante, que también puede convertirse en fuente de contaminación de organismos patógenos.

Control de malezas



En la fase inicial de desarrollo, posterior al trasplante, dependiendo de la época, la plantación es altamente sensible a la presencia de malezas de variadas especies, que entran a competir con el cultivo por espacio, luz, nutrientes y agua, por eso es importante contar con una estrategia de control de malezas, ésta puede ser manual o mecánica. Cuando las plantas se encuentran en pleno desarrollo la incidencia de la invasión baja, debido al sombreado que genera el cultivo.

Punto de cosecha

- 
- 90 a 130 días después de la siembra.
 - 70 días después del trasplante.
 - Parte interna de la fruta forma material gelatinoso.
 - Semilla presenta resistencia al corte.

ANOMALÍAS O ENFERMEDADES FISIOLÓGICAS

Estos disturbios fisiológicos o enfermedades carenciales, como son denominados comúnmente, no son de origen parasitario y afectan principalmente a los frutos del tomate. Se citan a continuación los más comunes en nuestro medio:





1. Pudrición apical: Esta anomalía es más común en frutas, especialmente en los racimos inferiores, puede ocasionar la pérdida de más del 50% de las frutas de una planta. Se caracteriza por una mancha negra, dura y seca bien visible en la parte extrema de las frutitas, en algunos casos esta mancha se puede localizar en el interior de la fruta sin presentar síntomas externos.

La causa básica de esta anomalía, es la falta de calcio en el tejido de la parte apical, ocasionado por la falta del elemento en el suelo o por un desequilibrio nutricional a partir de una excesiva concentración de sales solubles de amonio, potasio, magnesio y sodio, que acarrea la deficiente absorción del calcio, aunque este se encuentre en cantidades suficientes en el suelo. Otra causa es la falta de agua que ocasiona altas concentraciones de sales solubles perjudicando la absorción del calcio.

Las plantas del grupo con frutas del tipo peritas son las más susceptibles.

En forma preventiva se puede controlar el problema mediante el encañado y en forma curativa con aplicación foliar de calcio.

2. Lóculo abierto: Esta anomalía se restringe a los frutos pluriloculares de las plantas del grupo lisa o ensalada, cuando mayor es el número de lóculo y el peso de la fruta la incidencia es mayor.





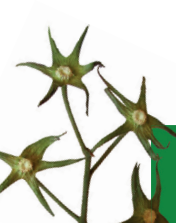

Se manifiesta en las más diversas condiciones y se caracteriza por una mal formación en la pared de la fruta, como si algo hubiese impedido la soldadura de los carpelos durante su formación, las aberturas exponen el interior de los lóculos, exhibiendo el tejido corticoso y necrosado de la placenta.

Las posibles causas todavía no fueron bien determinadas, se considera que la deficiencia de boro, es una de ellas.

En suelos carentes de boro, se sugiere aplicar 2 gr/planta de bórax.

3. Caídas de flores y frutas: Numerosos son los factores que ocasionan la caída de las flores y de las frutas todavía en formación, uno de ellos es la elevada temperatura nocturna, ocasionando baja producción en verano. También causan caídas, carencias y desbalances nutricionales, enfermedades e insectos plagas.



- 
- 
- 
- 
- 
- 
4. **Frutos huecos:** Las frutas presentan espacios en su interior, cuyas paredes ceden a una leve presión de los dedos y con un peso inferior a lo normal. Esto se debe principalmente a aplicaciones excesivas de nitrógeno en ausencia de suministro balanceado con potasio. También las temperaturas extremas, tanto frío como calor, ocasionan esta anomalía.
 5. **Rajadura de los frutos:** Fluctuaciones acentuadas en el tenor de agua en el suelo, ocasiona variaciones en la turgencia, provocando tachaduras radiales y concéntricas en los frutos. Tales alteraciones repentinas ocurren en primavera-verano, cuando un periodo seco es precedido de lluvias torrenciales, con aumento de la turgencia interna y rotura de la película externa. Manteniendo el balance hídrico en el suelo se soluciona el problema.
 6. **Escaldaduras:** La escaldadura ocurre cuando los frutos son expuestos directamente a la acción de la luz solar intensa, próximo a la cosecha, la parte afectada se torna de color blanquecino y arrugado. La defoliación intensa causada por fitopatógenos o insectos son generalmente los que contribuyen para la exposición de los frutos al sol, también plantas con reducida capacidad foliar.
 7. **Frutos amarillos:** La temperatura alta reduce o impide la síntesis del pigmento rojo (licopeno) y favorece la formación del pigmento amarillo anaranjado (el caroteno), razón por la cual se producen frutas amarillentas.
 8. **Amarillamiento de hojas bajas:** El amarillamiento de las hojas bajas, con una clorosis que se inicia en las márgenes de los folíolos y avanza para el centro en forma de una V, sin afectar a las nervaduras, es el síntoma clásico de la deficiencia de magnesio, al contrario del calcio, el magnesio se transloca de las hojas más viejas a las hojas más nuevas en forma rápida, ocasionando así el amarillamiento de la parte más baja de las plantas.
 9. **Enrollamiento de las hojas bajas:** Ocurre generalmente por falta de agua en el suelo, se resienten en primer lugar las hojas más viejas.
 10. **Fitotoxicidad del herbicida:** Ocurre principalmente por deriva ocasionada por el viento o por utilizar equipos de aplicación de herbicidas en fumigaciones contra plagas y enfermedades.

El síntoma principal es la reducción de la superficie foliar afectada, tornándose éstas de consistencia coriácea, dependiendo del estado de desarrollo de las plantas y de la dilución del producto, en algunos casos la planta puede recuperarse totalmente, sin afectar la producción, en otros hay pérdidas parciales o totales.

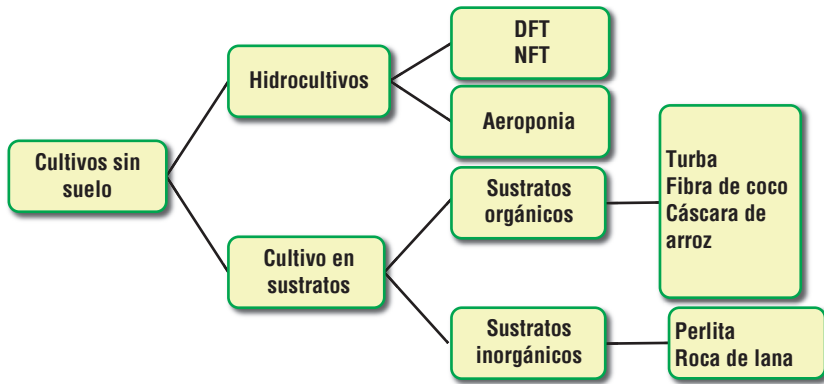
Cultivos sin suelo o cultivos hidropónicos



Sistema hidropónico DFT

El cultivo de tomate, en muchos casos carece de la productividad deseada por causa de la alta temperatura, heladas, enfermedades y plagas, además de la inadecuada nutrición vegetal. Los cultivos sin suelo necesariamente requieren de infraestructura o ambiente protegido que sirven para aislar el cultivo de condiciones climáticas adversas y que son comúnmente llamados invernadero o casa de vegetación. La horticultura protegida se presenta como una opción viable ante el cambio climático para agricultores familiares y peri urbanos. El sistema cerrado permite que las hojas y la planta no se mojen por efecto de la lluvia, evitando el ambiente propicio para las enfermedades además preservar la calidad del producto. En los sistemas hidropónicos no se puede permitir el ingreso del agua de lluvia debido a que alteraría las condiciones del cultivo y principalmente el equilibrio de la solución nutritiva.

La validación de los sistemas de producción permitirá ofertar a los productores conocimientos aplicables de menor riesgo tecnológico. La presente sección de la publicación pretende fortalecer los conocimientos en el campo de la horticultura protegida, específicamente con sistemas sin suelo y de fertirriego; en la producción de tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero. En Paraguay existe aún muy poca investigación en estos campos, y el proyecto plantea responder entre otras cosas a la necesidad de complementar el sistema actual de producción de tomates. La propuesta tecnológica para el desarrollo de los sistemas productivos de tomate se fundamenta en la horticultura protegida, fertirriego, cultivo sin suelo y sustratos.



Clasificación de los cultivos sin suelo

Hidrocultivo o cultivos hidropónicos: Forma especial de cultivo de plantas en la cual ésta se desarrolla sobre una solución acuosa de sales minerales. Los sistemas más frecuentes son los sistemas NFT (*Nutrient Film Technique*) y DFT (*Deep Flow Technique*). El sistema de NFT que, traducido al español significa “la técnica de la película de nutriente”, es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo. Consiste en caños o canales provistos de aberturas superiores donde fluye una lámina de solución nutritiva de extremo a extremo. El material vegetal se asienta en las aberturas y la raíz entra en contacto con la solución nutritiva. La solución nutritiva fluida se colecta en un reservorio de donde se impulsa de nuevo por acción de una bomba.

El sistema DFT, está constituido por un reservorio de solución nutritiva que presenta recirculación de la solución igual que el NFT, por medio de una bomba, eliminando la necesidad de aireación y presenta la disposición



de una plancha sobre la superficie de la solución nutritiva con las mismas ventajas y desventajas del sistema flotante.

Aeroponía es el proceso de cultivar plantas en un entorno aéreo o de niebla sin hacer uso de suelo. La palabra “aeroponía” viene de los términos griegos *aero* y *ponos* que significan respectivamente aire y trabajo.

Cultivo en sustratos

Es el modo más generalizado y es muy utilizado para cultivar hortalizas que producen frutos como tomates, pimientos, frutillas. Se utilizan sustratos embolsados en sacos de plástico con un volumen y dimensiones variables en función al tipo de material disponible para el desarrollo del cultivo. A veces dichos sacos se cuelgan verticalmente, disponiéndose las plantas en agujeros laterales realizados en los mismos, pero lo normal es que se coloquen horizontalmente sobre el suelo, especialmente en cultivos hortícolas de porte alto. Dado que cada una de estas unidades se utiliza para unas pocas plantas, resulta más sencillo controlar los ataques de enfermedades de raíz, y así mismo es más fácil manejar y reponer el sustrato. Otra ventaja es que el contenedor al ser de material plástico, resulta barato y ligero, ofreciendo al mismo tiempo unas buenas condiciones de opacidad. Por el contrario, la principal desventaja es que se requiere una mayor uniformidad de riego al estar la raíz confinada en una unidad de cultivo de pequeño volumen. Los sustratos pueden ser de origen orgánico como la turba o *peat moss* que es un musgo que pertenece al género *Sphagnum*, el cual comprende otras 150 a 350 especies de musgos diferentes, comúnmente conocidos como musgos de turbera. La composición de los sustratos comercializados en Paraguay tiene como componente principal a la turba.

Propiedades de los sustratos

Son sistemas que usan sustratos como medio de cultivo, en los cuales se puede brindar a la raíz un balance entre los poros que retenga la solución y los poros más grandes que proporciona oxígeno a la raíz o en su defecto que sólo sirvan como un medio sólido de apoyo para el anclaje de las raíces y desarrollo de las plantas sin reaccionar con la solución nutritiva. Las funciones asignadas al sustrato son:

- Retener y dar la solución nutritiva a la raíz (agua, nutrientes, pH, CE, etc.).



- Brindar oxígeno a la raíz.
- Proporcionar temperatura adecuada a la raíz.
- Dar obscuridad a la raíz.
- Ayudar al anclaje y soporte de la planta.
- Amortiguar los cambios que se den en la solución nutritiva o en el ambiente, protegiendo a la raíz.

Preparación de sustrato casero

El sustrato casero se prepara carbonizando la cascarilla de arroz



- * **Encender la leña seca u otro material combustible como aserrín. Luego coloque el hornillo y la chimenea encima de las brasas.**
- * **Apile la cascarilla de arroz alrededor de la hornilla, en forma de talud o montillo y a medida que se vaya quemando, se debe ir recubriendo con más cascarilla de arroz hasta que quede completamente carbonizada. No se deben formar cenizas.**
- * **Retire la chimenea y se debe regar abundantemente hasta apagar completamente.**



Cáscara de arroz carbonizada con perlita



Cáscara de arroz



Sustrato de turba con vermiculita

Soluciones nutritivas



Es una solución de agua con fertilizantes, donde los nutrientes se encuentran en forma disuelta en la concentración y en las proporciones adecuadas para ser aprovechadas por las plantas con el objetivo de que logren un crecimiento y desarrollo óptimo. Es el conjunto de fertilizantes disueltos en el agua, que origina una solución con nutrientes asimilables en forma rápida, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas, donde no se requiere un proceso de mineralización como ocurre en el suelo.

Nutrientes esenciales

Todas las plantas necesitan nutrientes para su crecimiento. En la horticultura las plantas se nutren del suelo a través de los nutrientes que se encuentran en forma natural, de los abonos orgánicos y de la fertilización química que se aplica al suelo. En hidroponía, las plantas no se cultivan en el suelo, por lo que los nutrientes deben suministrarse directamente a través



de la solución con la que se riega. Los nutrientes esenciales son divididos en dos categorías: macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos que se necesitan en mayor cantidad y los micronutrientes son requeridos en menor cantidad siendo esenciales para el crecimiento de las plantas y desempeñan un papel importante en la nutrición equilibrada de los cultivos. Son tan importantes para la nutrición de las plantas como los macronutrientes primarios y secundarios, aunque las plantas no requieren tanto de ellos. La carencia de cualquiera de los micronutrientes en el medio puede limitar el crecimiento, incluso cuando todos los macronutrientes se encuentran disponibles.

Nutrientes esenciales para las plantas	
Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono (C)	Boro (B)
Hidrógeno (H)	Cobre (Cu)
Oxígeno (O)	Hierro (Fe)
Nitrógeno (N)	Manganeso (Mn)
Fósforo (p)	Molibdeno (Mo)
Potasio (K)	Zinc (Zn)
Calcio (Ca)	Níquel (Ni)
Magnesio (Mg)	Cloruro (Cl)
Azufre (S)	
El C, H y O son extraídos del aire	

Fertilizantes o sales para hidroponía

Como se escribió más arriba las plantas requieren ciertos elementos químicos para crecer y estos se obtienen a partir de sales fertilizantes que los contienen en forma de iones. Una sal puede aportar más de un nutriente esencial. Si bien existen formulaciones completas, el manual solo describirá la preparación de una solución nutritiva utilizando sales simples.

Preparación de la solución nutritiva

La solución nutritiva está compuesta por las sales disueltas en el agua en una proporción o mezcla equilibrada, que luego se pueden aplicar al sus-



trato a través del riego por goteo. Es habitual preparar una solución madre donde la concentración de las sales es más elevada para facilitar el manejo y aplicación. Además se evita el pesaje diario de los fertilizantes.

Para hacer una solución *stock* de nutrientes, se necesita un mínimo de dos tanques. Un tercer recipiente de menor volumen sería aconsejable para los micronutrientes. No se pueden hacer soluciones madres de nutrientes en un solo tanque. La razón es que por encima de más de 10 veces de concentración, el calcio reacciona con los sulfatos y fosfatos para formar sulfato de calcio insoluble y fosfato de calcio. Los dos tanques de nutrientes se rotulan con Tanque A y Tanque B. La designación de A y B es universal, y esto es para evitar confusiones sobre lo que hay en cada tanque de nutrientes. El volumen total del tanque A y B se calcula en base al requerimiento de las necesidades de solución nutritiva final. El nitrato de calcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se diluye en el Tanque A y el nitrato de potasio KNO_3 , junto con el Fosfato mono amónico y el Sulfato de Magnesio se diluyen en el Tanque B. La solución estándar se puede utilizar para los cultivos de tomate en sustrato, pero al trasplante es mejor utilizar una concentración del 50% de la misma.

Sales simples que se utilizan como fertilizante

Fertilizantes	Estándar (g/l)	Concentración $\frac{1}{2}$ (g/l)	Concentración $\frac{1}{4}$ (g/l)
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,94	0,47	0,235
Nitrato de potasio KNO_3	0,81	0,405	0,2025
Fosfato mono amónico $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP)	0,15	0,075	0,0375
Sulfato de Magnesio MgSO_4	0,49	0,245	0,1225
Conductividad mS/cm	2-2,4	1-1,4	0,4-0,5

Preparación de solución madre o solución *stock*

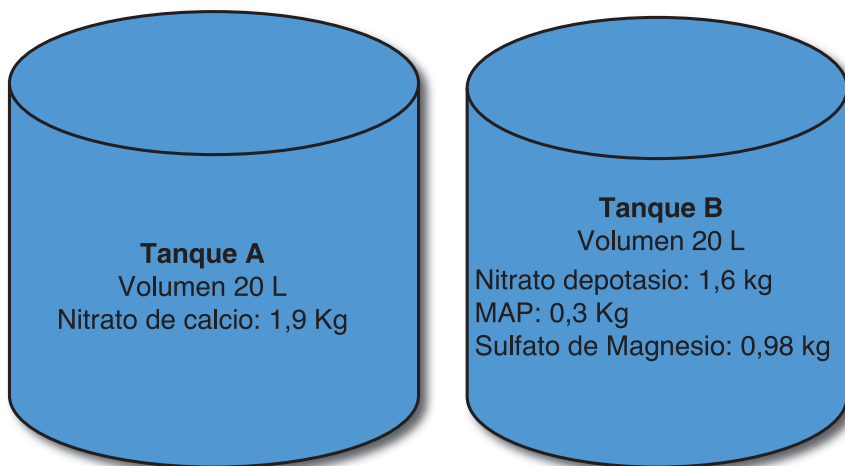
1. Pesarse las sales o fertilizantes en las cantidades requeridas.
2. Diluir el Nitrato de calcio, 1,9 Kg en el tanque A y el Nitrato de potasio: 1,6 kg.

MAP: 0,3 Kg, Sulfato de Magnesio, 0,98 kg en el tanque B.

3. La solución madre formulada en el ejemplo tiene 100 veces más que su concentración normal.
4. La solución final de concentración normal o entera se prepara tomando 100 ml de A y 100 ml de B y se diluye en 10 litros de agua. Si en invernadero tenemos el tanque de riego con una capacidad de 500 L se debe tomar 5 L de A y 5 L de B y diluirlo en 500 L.
5. Hasta los 45 días después del trasplante es preferible usar el 50% de la concertación normal.

ESQUEMA DE PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

1. SOLUCIÓN NUTRITIVA MADRE



En soluciones concentradas o madres nunca se debe mezclar fuentes de calcio con fertilizantes fosfatados, mucho menos con fertilizantes sulfatados debido a que se forman precipitados insolubles.

2. SOLUCIÓN NUTRITIVA FINAL PARA 100 LITROS

1. Medir 1000 ml del Tanque A
2. Medir 1000 ml del Tanque B
3. Micronutrientes
4. Mezclar en un tanque de 100 Litros



Micronutrientes

Los micronutrientes se pueden adquirir en forma de quelatos, como por ejemplo quelato de hierro 22 mg/l, Cloruro de manganeso 1,81 mg/l, ácido Bórico H_3BO_3 2,86, 1,81 mg/l, Sulfato de Cobre 0,08 1,81 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0,22 1,81 mg/l Sulfato de Zinc $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, Molibdato de sodio 0,025 mg/l ($Na_2MoO_4 \cdot H_2O$).

Monitoreo de la solución nutritiva

El control de la solución nutritiva en el campo se efectúa mediante la medición del pH y de la conductividad eléctrica.

Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es también un elemento esencial a considerar. El valor del pH de una solución nutritiva tiene un gran impacto en la cantidad de nutrición que una planta puede absorber. Es esencial verificar los niveles de pH de manera regular, preferiblemente a diario, incluso se tiene que tener cuidado de medir y mezclar la solución nutritiva correctamente. Como regla general se recomienda tener el pH entre 5,5 y 6,5.

Conductividad eléctrica

Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo. Se mide con un instrumento denominado *EC meter*. Los valores para la solución estándar o 100% está alrededor de 2,4 mS/cm, (mili-siemens por centímetro) y al 50% está alrededor de 1,2 mS/cm. Para regar mudas de hortalizas la solución nutritiva debe tener 25% de la concentración.

Invernadero con fertirriego y cultivos en bolsas



Cultivo de tomate en sustrato en roca de lana





Tomate en bolsas con sustrato en estado de maduración y verde





La fertirrigación en tomate



La fertirrigación es la aplicación al cultivo conjuntamente de agua de riego y fertilizantes en forma disuelta. Los fertilizantes se pueden inyectar al sistema de forma continua o dosificada. Lo segundo es lo más usual en sistemas donde interviene el suelo como medio de cultivo. El riego por goteo o localizado es el método que mejor se adapta a la fertirrigación. El método más utilizado de inyección de fertilizantes es el inyector Venturi.

Ventajas de la fertirrigación

Los fertilizantes en forma disuelta se depositan en la zona radicular y se distribuyen más homogéneamente. El abonado se realiza de acuerdo a las necesidades de las plantas y de acuerdo a su desarrollo en las distintas etapas, lo que facilita un uso más eficiente de los fertilizantes.

Fertilizantes para fertirrigación

Los fertilizantes utilizados en fertirriego pueden ser compuestos sólidos y líquidos y una característica importante es su alta solubilidad. Los fertilizantes líquidos son abonos preparados en disoluciones y se utilizan de acuerdo a las indicaciones de su fabricante.

Formulaciones de fertilizantes para hortalizas

Inicial	Desarrollo	Crecimiento	Producción	General
15-30-10	18 -6 -18	24 -10 -10	12-6-40	18-18-18
13-30-10	16 -6 -28		13-8-24+3	20-20-20
10 -50-10			16-06-28	30 -30 -30
			11 – 08- 38	

EL RIEGO POR GOTEO O LOCALIZADO

Conceptos

El sistema de riego que mejor se adapta a los ambientes protegidos es conocido como riego por goteo o localizado. Las características del sistema consisten en mojar la zona radicular y no toda la superficie de la parcela, además los caudales aplicados son pequeños, a baja presión y con alta frecuencia. El regado frecuente permite disminuir el *stress* hídrico de la planta que se produce entre los intervalos de riego prolongado.



Componentes del riego localizado

Fuente de agua



El agua de riego debe ser almacenado en reservorios de plástico o depósitos construidos mediante la excavación de tierra de forma generalmente trapezoidal o de vaso. El reservorio puede ser cubierto con una membrana de plástico o geomembrana cuyo espesor es de 200 a 250 micras. En caso de no disponer con geomembrana se puede impermeabilizar el reservorio con arcilla compactada.



Cabezal de riego

Comprende un conjunto de elementos que sirven para impulsar, filtrar, inyectar fertilizantes y controlar los caudales de riego.

Filtros

Los filtros sirven para retener las impurezas del agua, como los materiales orgánicos (algas, residuos de vegetales) y las impurezas inorgánicas (arena, limo y arcilla). Existen diferentes tipos de filtros como los de arena, de mallas y el de anillas. El más utilizado es el de anillas.

Equipos de fertirrigación

Son dispositivos para inyectar los fertilizantes disueltos en la red de riego. Existen varios tipos como el tanque de fertilización, los dosificadores de abono y bombas hidráulicas. El inyector o tubo venturi es el más común y de menor costo de instalación.



Inyector tipo Venturi foto superior



Inyector instalado



Medidor de humedad (pF)



Cinta de goteo

La red de distribución conduce el agua desde el reservorio hasta el cultivo por un sistema de tuberías. Las tuberías según su orden se llaman primarias y secundarias. Las tuberías de menor orden o diámetro distribuyen el agua a lo largo de su longitud a través de emisores o goteros. Los tipos de goteros son varios con caudales de 1 a 4 litros/hora. El gotero más económico es el incorporado a una cinta de riego. La cinta portadora de los goteros es de pared delgada y eso hace que sean de bajo costo.

Cantidades necesarias de riego de los cultivos

La cantidad de agua a ser aplicada en cada riego debe ser suficiente para reponer la tasa de evapotranspiración de los cultivos desde el último riego así como para compensar las pérdidas de agua en el sistema. Para determinar el momento de riego se puede recurrir a los valores de la fuerza con la que el agua es retenida en el suelo. Esta fuerza se puede determinar utilizando los tensiómetros de suelo o medidores de pF. La zona verde del manómetro indica suelo con agua disponible para el cultivo y la zona amarilla indica suelo saturado, en esas dos franjas no es necesario regar y la zona roja del manómetro indica el período de riego.

En general la cantidad de agua a aplicar se mide en milímetros de lámina de agua (mm), por lo tanto si regamos 1 mm estamos aplicando 1 litro de agua por metro cuadrado. Para saber cuántos milímetros de agua por cada metro cuadrado riega un sistema determinado, en este caso de riego localizado, se multiplica la cantidad de goteros por metro cuadrado por el caudal de cada gotero que es definido por el fabricante y se expresa en litros/hora. Un gotero vierte entre 1 a 4 litros/ hora. El primer riego en hortalizas debe ser importante de manera a tener un suelo a capacidad de campo y en especial al momento del trasplante. En general los riegos iniciales se aplican dosis de 10 mm a 50 mm. Posterior al riego inicial las dosis diarias de riego en hortalizas fluctúan entre 5 a 50 mm.



Identificación y manejo de plagas del tomate



El tomate (*Solanum lycopersicum*) es atacado por diferentes especies de insectos plagas, causante de daños significativos, entre los cuales se encuentran los insectos transmisores de virus, la palomilla y el ácaro. El control actual de estos insectos depende principalmente de la aplicación continua de los insecticidas y acaricidas. El uso indiscriminado de pesticidas puede generar la aparición de formas resistentes y la contaminación del ambiente, haciendo necesario encontrar alternativas de manejo. Una alternativa a esta problemática es el manejo integrado de plagas, encaminado en reducir el uso de pesticidas, favorecer la acción de enemigos naturales, empleo de técnicas culturales y la utilización de extractos naturales, para así obtener productos de calidad. El MIP propone utilizar todas las técnicas y métodos disponibles y compatibles entre sí para mantener a la población de una plaga en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico.

Para la implementación del MIP se debe considerar las siguientes etapas: Identificación de las principales plagas, monitoreo y determinación de los niveles de control, evaluar los métodos de control más adecuados para implementar el manejo y la evaluación, y seguimiento a lo largo de toda la fase del cultivo para hacer correcciones y establecer niveles de éxito.

Metodología

- En el día del trasplante se realiza la primera aplicación de insecticida en forma preventiva para el control de insectos chupadores (Mosca Blanca, Trips y Pulgón) hasta los 21 días posteriores al trasplante (4 veces), también se realizan observaciones semanales para determinar apariciones de plantas con síntomas de virus eliminando dichas plantas.
- A partir de los 21 días se realizan observaciones tomando 20 plantas al azar, de cada planta se toman 3 hojas anotando el nivel de daño de las plagas encontradas, realizando la aplicación de productos selectivos, si el nivel de daño es leve, registrando en una planilla la cantidad de insectos plagas encontrados en estas plantas, en las trampas pegajosas y de agua.
- Para la realización de este trabajo se necesitan, trampas pegajosas, trampas de agua, frasco con alcohol y estereoscopio para la identificación de insectos en el laboratorio.



- La aplicación de insecticidas – acaricidas se realiza con un nivel leve de plagas debido a que los productores de la zona no hacen un manejo adecuado del cultivo.
- En el momento de la cosecha se aplican productos de 3 y 1 día de periodo de carencia.
- El nivel de daño se determina de acuerdo a la escala que se presenta en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Nivel de daño del ácaro. CIHB, año 2017.

Nivel		Número de ácaros observados en la hoja	Número de Pulgones observados en la hoja	Número de Mosca Blanca observados en la hoja	Número de orugas observados por planta
0	Nada	0	0	0	0
1	Leve	1 a 20	1 a 20	1 a 10	2
2	Mediano	21 a 100	21 a 100	11 a 30	
5	Fuerte	Más de 101	Más de 101	Más de 31	

Para determinar la densidad poblacional del ácaro se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{Dens X 100: } \frac{(1 \times \text{número total de hojas con nivel leve} + 3 \times \text{número total de hojas con nivel mediano} + 5 \times \text{número total de hojas con nivel fuerte})}{\text{N}^\circ \text{ total de hojas observadas} \times 100}$$

Características de las principales plagas

Mosca blanca *Bemisia tabaci*



Normalmente se ubican en el envés de las hojas. El ciclo completo puede durar entre 21 y 36 días. El adulto y la ninfa se alimentan del tejido de las hojas, extrayendo savia, lo cual entorpece el crecimiento de la planta. Cuando la población es alta causa el debilitamiento de la planta, además excreta un líquido azucarado sobre el cual se desarrolla un hongo llamado fumagina.



Pulgones *Myzus persicae*



Son insectos de cuerpo blando y viven en colonias que normalmente se alojan en el envés de las hojas y en los brotes terminales. Tienen una reproducción rápida, capaz de dar nacimiento a partir de los 7 días. Tienen un aparato bucal chupador con la cual extraen savia de las plantas. Es importante detectarlos tempranamente porque son transmisores de virus; también producen una excreción azucarada sobre la que se desarrolla un hongo de color negro (fumagina) que dificulta la fotosíntesis.

La palomilla *Tuta absoluta*



Es una plaga perjudicial del cultivo, produce daños muy importantes en casi todas las partes de las plantas.

El gusano de esta plaga al inicio es minador de las hojas, luego pasan a los brotes, ramas, tallos y frutos verdes y maduros realizando perforaciones y causando pudriciones y caída de los mismos.

Ácaro rayado *Tetranychus urticae*



Llamados comúnmente “arañuelas” siendo su apariencia la de pequeñas arañas de coloración rojiza. Se ubican normalmente en el envés de las hojas, produciendo un moteado característico, especialmente a lo largo de la nervadura central. Se desarrollan en condiciones de altas temperaturas y baja humedad. Su ciclo es de 15 a 20 días pero en condiciones óptimas se completa en 7 días.

MÉTODOS DE CONTROL

CONTROL CULTURAL:

Es un método de control preventivo el cual consiste en el empleo de algunas prácticas agrícolas que se realizan en el manejo de un cultivo o algunas modificaciones de ellas, las cuales contribuyen a prevenir y dismi-

nuir las poblaciones de los insectos y daños haciendo el ambiente menos favorable para su desarrollo.

Utilización de tul o tela organza: Después de la siembra cubrir totalmente el almácigo con tul o tela organza, para evitar el ingreso de los insectos vectores de enfermedades. Es importante realizar esta medida de control para evitar la aparición del virus en la etapa de siembra y trasplante principalmente entre los meses de diciembre a abril.



Desbrote: La eliminación de los brotes debe realizarse lo más pronto posible, porque además de producir una herida pequeña, los huevos, ninfas y larvas de insectos se concentran en estos brotes, por tanto es una práctica importante desde el punto de vista sanitario.



CONTROL ETOLÓGICO

Es el control de plagas aprovechando los estímulos que se relacionan al comportamiento y que sirven como atrayentes de los insectos.

Las trampas adhesivas usadas en invernadero y en exterior, **son medios esenciales para detectar plagas de insectos** y seguir el desarrollo de sus poblaciones. Además pueden servir para controlar las plagas cuando las usamos en alta densidad (elevado nº de trampas por planta o m²). La densidad de trampas a colocar es de 5 por cada 100 m² cuando se usan para detección y seguimiento de plagas.

Cuando se utilizan como medio de control, la densidad debe ser de 1 por cada 2 m² y en cultivos de interior debe ser de 1 por m².



Trampas de luz. Funcionan mejor durante la noche, se utiliza por lo general luz blanca o luz negra, la forma de eliminar a los insectos es por medio de corriente eléctrica, pero también pueden estar impregnadas en alguno de sus lados de sustancias pegajosas o insecticidas.



Trampas de luz



Trampas de agua. Las trampas fueron instaladas dentro de la parcela de dos invernaderos totalmente cerrados en Caacupé y Capiibary. Estas trampas para la detección de pulgones consistieron en palanganas de color amarillo que fueron colocadas a 0,7 m de altura sobre un soporte de hierro, se llenaron de agua con detergente hasta 2/3 de su volumen aproximadamente.

CONTROL QUÍMICO:

Aplicación de insecticidas para la prevención de enfermedades virósicas.

En caso que no se cubra el almácigo con tela organza pulverizar los plantines en cada etapa de aparición de la primera, segunda, tercera y cuarta hojita verdadera. Realizar sin falta en forma calendarizada por semana.

Inmediatamente después del trasplante en el invernadero, pulverizar con productos de contacto, luego continuar la pulverización después de una, dos, tres, y cuatro semanas, a partir de ahí, observar y eliminar las plantas con síntomas de virus.

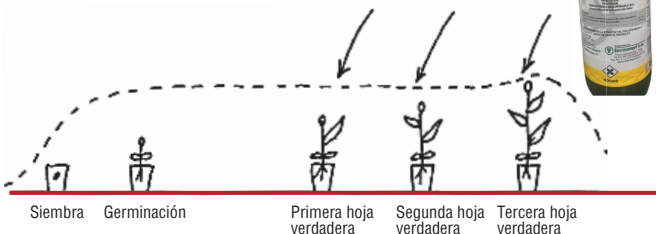
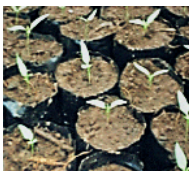


Métodos para evitar la infestación de las enfermedades virósicas en el cultivo de tomate

En el almácigo

Protección del almácigo con cobertura (tela gasa)
 Aplicación de insecticidas 3 veces

Insecticida:
 Cipermetrina



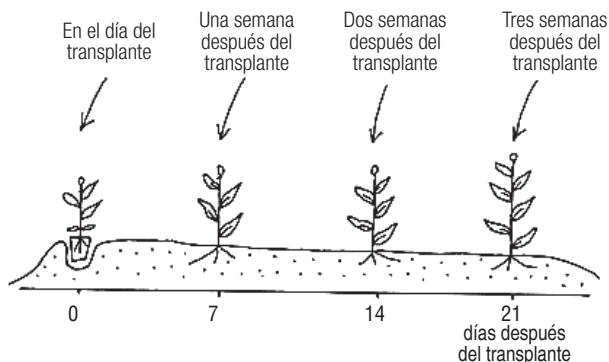


En el campo

Aplicación de insecticidas cada semana después del transplante (total 4 veces)



La hora de la aplicación



CONTROL QUÍMICO

En condiciones de invernadero, la mayoría de las plagas de las plantas cultivadas, encuentran un hábitat favorable para su desarrollo, incentivando su multiplicación y con ello se incrementan los daños. En cambio, otras plagas se ven limitadas por el exceso de calor y humedad, o por el obstáculo que le ofrecen las mallas antiáfidos colocadas en las aberturas.

Teniendo en cuenta que los invernaderos generalmente favorecen el desarrollo de las plagas y que los daños son más severos respecto a los que se manifiestan al aire libre, la detección temprana y la correcta determinación de la plaga en cuestión, favorecerá la toma de decisiones.

Criterios de decisión

Monitoreo: Es el medio por el cual se tiene que decidir el momento oportuno para realizar una aplicación y elegir el principio activo a utilizar.



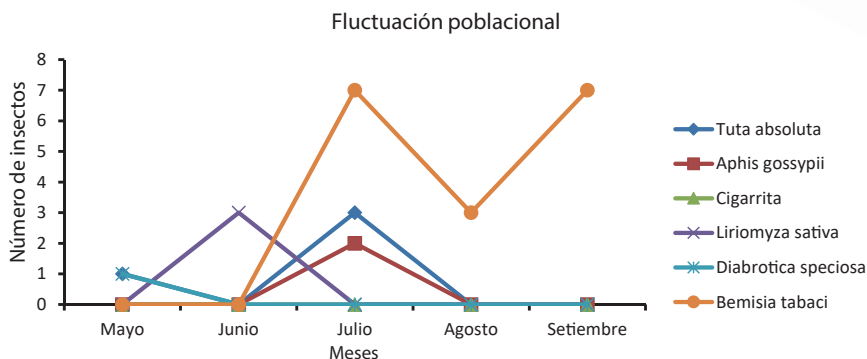
Niveles críticos de infestación para hacer una aplicación de control

Nombre común	Nombre científico	Etapa fenológica	Muestreo	Niveles de infestación
Palomilla	Tuta absoluta		Revisar 10 plantas / sitio	1-2 larvas / planta 2 hojas con daños nuevos en una planta de cada punto
Pulguilla	Epitrix spp.	Trasplante a inicio de floración	Revisar 10 plantas / sitio	50 adultos / muestreo
Pulgón	Myzus persicae	Floración a cosecha	Revisar 10 plantas / sitio	50 plantas con colonias de áfidos
Oruga de la hoja	Diaphania hialynata	Trasplante a inicio de floración	Revisar 10 plantas / sitio	1 oruga en 6 hojas; 1 oruga en 15 yemas
Oruga del fruto	Diaphania nitidalis	Momento de la floración y fruto	Revisar 10 frutos / sitio	1 oruga en 30 frutos

Resultado y discusión

Primer Año

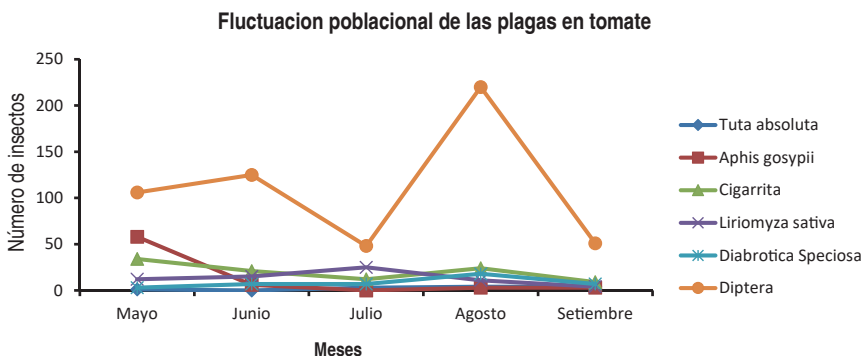
Los insectos aparecieron en baja población debido a los tratamientos preventivos para el control de vectores en la primera etapa del cultivo y al monitoreo y control oportuno de las demás plagas.



Fluctuación poblacional de plagas en el cultivo de tomate manejado en IPTA, 2017.

- T. absoluta** tuvo una baja población mediante el monitoreo y control oportuno.
- A. gossypii** con una alta población durante el mes de mayo.
- L. sativa** apareció durante la primera etapa del cultivo, disminuyendo finalmente debido al control.

La aparición de la Díptera (*Musa spp.*) fue por el estiércol vacuno utilizado como abono.



Fluctuación poblacional de plagas en el cultivo de tomate manejados en finca de productor en Capiibary, Año 2017.

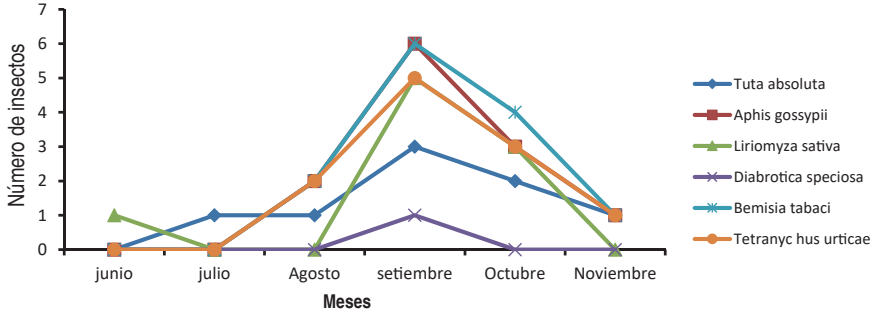
Segundo Año

Al inicio del cultivo no se registraron poblaciones de los insectos vectores (*B. tabaci* y *A. gossypii*) debido a las aplicaciones preventivas con insecticidas hasta los 21 días posteriores al trasplante. Las poblaciones de los insectos fueron bajas mediante el monitoreo realizado semanalmente y



que de acuerdo al nivel de daños de las plagas presentes se realizaban las aplicaciones con productos selectivos. En los meses de agosto a octubre se observaron las poblaciones más altas.

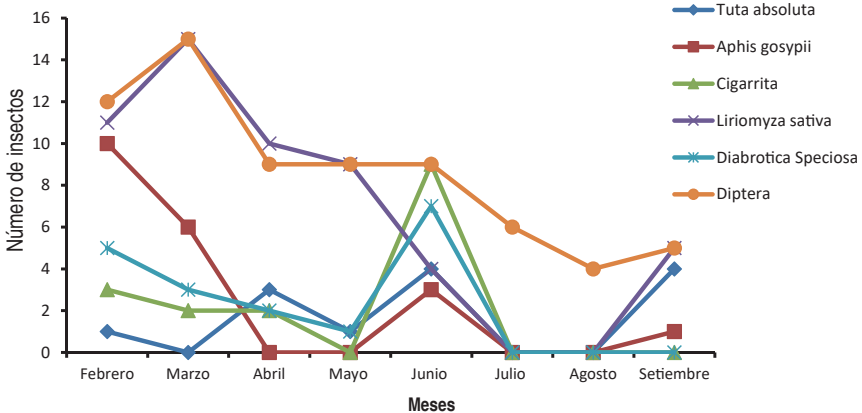
Fluctuación poblacional de plagas



Fluctuación poblacional de plagas en el cultivo de tomate manejado en Caacupé, IPTA, 2018.

Las plagas tuvieron un comportamiento similar durante todo el ciclo del cultivo, registrándose las poblaciones más altas en el mes de junio y a partir de setiembre. La utilización de trampas permitieron la detección oportuna de las plagas presentes en el cultivo y realización de las aplicaciones con los insecticidas selectivos. La Díptera (*Musa spp.*) tuvo una población alta durante todo el ciclo del cultivo debido al estiércol vacuno utilizado como abono.

Fluctuación poblacional de plagas



Fluctuación poblacional de plagas en el cultivo de tomate manejado en finca de productor en Capiibary, 2018.

Los productos utilizados durante la etapa inicial del cultivo para pre-



venir la presencia de insectos vectores fueron *imidacloprid* (sistémico) y cipermetrina (contacto). Los demás productos fueron aplicados de acuerdo a los resultados del monitoreo (tabla 1).

Tabla 1. Productos utilizados en el cultivo del tomate. Caacupé, CIHB. Año 2018.

Nombre técnico	Dosis en 20 L de agua	Tiempo de espera para la cosecha (días)
Imidacloprid	6-10 g	7
Cipermetrina	15 cc	21
Abamectina	15 cc	3
Spinosad	4 cc	4
Methoxifenocide	20 cc	1

Conclusión

Con el MIP se logró reducir el número de aplicaciones de insecticidas.

Las poblaciones de las plagas fueron bajas durante el ciclo del cultivo.

Recomendaciones

Efectuar el monitoreo semanal, de acuerdo a la aparición de las plagas hacer las aplicaciones con productos selectivos. Las pulverizaciones se deben realizar a la mañana temprano o a la tardecita, evitando las horas más calurosas del día. En los días calurosos y con altas poblaciones, las aplicaciones se deben hacer 2 veces por semana para disminuir el nivel poblacional. La pulverización se debe ejecutar mojando bien el envés de las hojas. Alternar los productos para evitar la resistencia de insectos a los productos químicos. Mediante la implementación del MIP se pudo reducir el número de aplicaciones de productos químicos (de las 35 aplicaciones calendarizadas se redujo a 13 aplicaciones).





Capiibary 2017



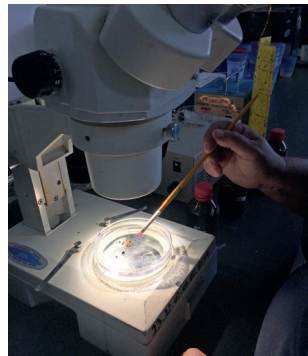
Caacupé 2017



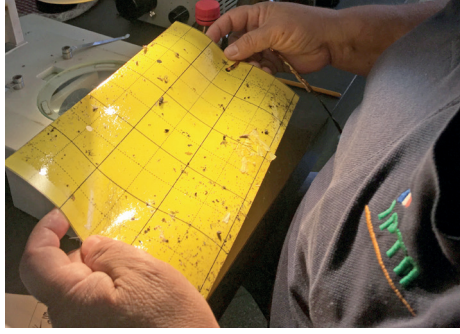
Capiibary 2 capiibary 018



Caacupé 2018



Conteo de plagas recolectadas de las trampas de agua



Conteo de plagas caídas en trampas pegativas





Literatura consultada

CEICKOR (Centro de Investigación y Capacitación Koppert Rapel). sf. Principales plagas y enfermedades del tomate en invernadero. (en línea). Consultado 13 ene 2016. Disponible en <http://frutastejerina.com/PLAGAS-Y-ENFERMEDADES-TOMATE.pdf>

HUI LUO, FUSHENG LI. 2018. Tomato yield, quality and water use efficiency under different drip fertigation strategies. *Scientia Horticulturae*, n 235:181-188.

JOSÉ LUIS FUENTES YAGÜE. Técnicas de Riego. I.S.B.N.: 84-341-0772-4. IRYDA – 1992. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

INATEC (Instituto Nacional Tecnológico); DGFP (Dirección General de Formación Profesional). 2003. Manual para el estudiante: Niveles y umbrales de daños económicos de la plaga. (en línea). 51 p. Consultado 25 nov 2018. Disponible en http://www.incidenciapolitica.info/biblioteca/146_completo.pdf

MAHAJAN G., SINGH K.G., 2006. Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. *Agricultural Water Management*, 84, n 1-2:202-206.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY); JICA (Agencia de Cooperación Técnica Internacional del Japón). 2002. Manual de Técnicas de Cultivo de hortalizas de fruta: Tomate, Melón, Frutilla. Caacupé, PY. 204 p

Rojas M, J; Castillo D, M. 2007. Planeamiento de la Agro-Cadena del tomate en la región Central Sur de Costa Rica. (en línea). Puriscal, CR. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Región Central Sur. Programa Regional de Hortalizas. 75. P. Consultado 6 ene. 2018. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00063.pdf>

Wyckhuys, KAG; Fuentes, LS; Niño, NE; Espinosa, L; De Vis, R; Escobar, H. 2009. Manejo integrado de plagas y enfermedades. (en línea). Eds.: Escobar, H; Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. 2ed. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA). 184 p. Consultado 13 ene 2018. Disponible en <http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/tomate/files/assets/basic-html/page4.html>



IPTA



**Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria
Tembiporupyahu kokue Paraguái pegua Ñangarekoha**

ISBN: 978-99967-0-766-7



9 789996 707667