



Manual de cultivo del Tomate al aire libre

Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias

BOLETÍN INIA / Nº 376

ISSN 0717 - 4829



INDAP
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile

Coordinadores responsables:

Marcelo Zolezzi V., Ing. Agrónomo. M. Sc.
Coordinador del Programa Nacional de Transferencia Tecnológica y Extensión

Patricio Abarca R., Ing. Agrónomo. M. Sc.
Encargado regional convenio INIA – INDAP, Región de O’Higgins

Editora:

Andrea Torres P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Autores:

Alejandra Guzmán L.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Alejandro Antúnez B.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA La Platina

Fabio Corradini S.
Ing. Agrónomo, Mg. / INIA La Platina

Jorge Riquelme S.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA Raihuén

Juan Pablo Martínez C.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA La Cruz

Luis Salinas P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Marjorie Allende C.
Ing. Agrónomo / INIA Ururi

Natalia Olivares P.
Ing. Agrónomo, Mg. / INIA La Cruz

Patricio Abarca R.
Ing. Agrónomo. M. Sc. / INIA Rayentué

Paulina Sepúlveda R.
Ing. Agrónomo, M. Sc.

Sofía Felmer E.
Ing. Agrónomo / INIA Rayentué

Comité editorial:

Ernesto Cisternas A.
Ing. Agrónomo. Dr. / INIA La Cruz

Andrea Romero G.
Periodista / INIA Dirección Nacional

Andrea Torres P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Eliana San Martín C.
Periodista / INIA La Cruz

Diseño y diagramación:

Carola Esquivel
Ricardo Del Río

Boletín INIA N° 376

ISSN 0717 - 4829

Este documento fue desarrollado en el marco del convenio de colaboración y transferencia entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos, recopilando información, antecedentes técnicos y económicos del cultivo de tomate al aire libre.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

©2017. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
Fidel Oteíza 1956, Piso 11, Providencia, Santiago. Teléfono: +56-2 25771000

Santiago, Chile, 2017.



Manual de cultivo del tomate al aire libre

Boletín INIA
INIA - INDAP, Santiago 2017

ISSN 0717 - 4829



ÍNDICE

PRÓLOGO	9
---------	---

CAPÍTULO 1.

IMPORTANCIA Y CONSIDERACIONES DEL CULTIVO DEL TOMATE	11
1.1. Introducción	11
1.2. Importancia económica del tomate	12
1.3. Superficie nacional de tomate	13
1.4. Generalidades del cultivo	14
1.5. Requerimientos edafoclimáticos	16
1.5.1. Suelo	16
1.5.2. Clima	16
Bibliografía consultada	18

CAPÍTULO 2.

NUTRICIÓN Y FERTILIDAD EN TOMATE AL AIRE LIBRE	19
2.1. Introducción	19
2.2. Nutrición en tomate	19
2.3. Fertilización del tomate	22
2.3.1. Fertilización nitrogenada	22
2.3.1.1. Épocas de aplicación del nitrógeno	23
2.3.2. Fertilización fosfatada	24
2.3.2.1. Dosis de fósforo	24
2.3.2.2. Épocas de aplicación del fósforo	25
2.3.3. Fertilización potásica	26
2.3.3.1. Dosis de potasio	26
2.3.3.2. Épocas de aplicación del potasio	27
Bibliografía consultada	27

CAPÍTULO 3.

ENFERMEDADES EN TOMATE AL AIRE LIBRE	29
3.1. Introducción	29
3.2. Principales enfermedades que afectan al tomate al aire libre	31
3.2.1. Pudrición gris	31
3.2.1.1. Síntomas	31
3.2.1.2. Diseminación	34

3.2.1.3. Supervivencia	34
3.2.1.4. Control	34
3.2.2. Tizón temprano, mancha negra de la hoja	35
3.2.2.1. Síntomas	35
3.2.2.2. Diseminación	36
3.2.2.3. Supervivencia	36
3.2.2.4. Control	36
3.2.3. Oídio, peste cenicienta, moho polvoriento	36
3.2.3.1. Síntomas	36
3.2.3.2. Diseminación	37
3.2.3.3. Supervivencia	38
3.2.3.4. Control	38
Bibliografía consultada	39

CAPÍTULO 4.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN TOMATES AL AIRE LIBRE	39
4.1. Introducción	39
4.2. Antecedentes para implementar el MIP en el cultivo del tomate al aire libre	40
4.2.1. Mosquita blanca de los invernaderos. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	40
4.2.1.1. Control físico	44
4.2.1.2. Control cultural	44
4.2.1.3. Control biológico	45
4.2.1.4. Control químico	45
4.2.2. Polilla del tomate. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	46
4.2.2.1. Control biológico	50
4.2.2.2. Control químico	50
4.2.2.3. Manejo cultural	50
4.2.3. Mosca minadora de las chacras. <i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard)	51
4.2.3.1. Manejo cultural	54
4.2.3.2. Control químico	54
4.2.4. Gusanos cortadores	54
4.2.4.1. Control cultural	56
4.2.4.2. Control químico	56
4.2.4.3. Control biológico	56
Bibliografía consultada	57

CAPÍTULO 5.

MANEJO DEL RIEGO EN TOMATE	59
5.1. Introducción	59
5.2. Disponibilidad de agua	59
5.3. Tipos de fuentes de agua	60
5.4. Calidad química y biológica del agua de riego	61
5.5. Demanda de agua en el cultivo del tomate	63
5.5.1. Coeficiente del cultivo	66
5.6. Tecnificación del riego en el cultivo del tomate	67
5.7. Monitoreo y control del riego	68
5.8. Periodos fenológicos críticos de riego	70
Bibliografía consultada	71

CAPÍTULO 6.

CONDUCCIÓN Y PODA EN TOMATE AL AIRE LIBRE O “EMPARRONADO”	72
6.1. Introducción	72
6.2. Hábito de crecimiento	72
6.2.1. Tomates determinados	72
6.2.2. Tomates indeterminados	74
6.2.2.1. Conducción	74
6.3. Poda	75
6.3.1. Poda de formación	75
6.3.1.1. Poda a un eje	76
6.3.1.2. Poda a dos o más ejes	76
6.3.2. Poda de brotes	77
6.3.3. Eliminación de hojas	78
6.3.4. Despunte	79
6.4. Raleo de frutos	80
Bibliografía consultada	81

CAPÍTULO 7.

REGULACIÓN DE PULVERIZADORES PARA APLICACIÓN EN TOMATES

AL AIRE LIBRE	82
7.1. Introducción	82
7.2. Aplicación de plaguicidas para tomates al aire libre	83
7.2.1. Condiciones atmosféricas o ambientales	83
7.2.2. Oportunidad de aplicación	83
7.2.3. Tipo de plaguicida y dosificación	83
7.2.4. Condición del cultivo y diseño del huerto	84
7.2.5. Regulación de pulverizadores neumáticos de mochila	87
Bibliografía consultada	93

PRÓLOGO

Este documento se desarrolla en el marco del convenio de colaboración y transferencia de recursos entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos, recopilando información, antecedentes técnicos y económicos del cultivo de tomate al aire libre.

Este manual tiene la misión de entregar a los extensionistas y agricultores, información útil en base a conceptos, experiencias y sugerencias prácticas que sirvan para el buen manejo del cultivo del tomate al aire libre, especialmente en huertos de pequeños y medianos agricultores que buscan el equilibrio económico y productivo. En ningún caso se pretende imponer una técnica o un concepto de manejo, más bien, una guía que permita a técnicos y agricultores elaborar propuestas conjuntas que se ajusten a la realidad predial, con una visión rentable y sustentable, tanto económica como ambientalmente.

Este documento está compuesto por varios capítulos, conforme a los manejos más relevantes e importantes del proceso productivo de este cultivo, esperando que sea de utilidad como manual práctico, medio de información y documento de consulta, para enfrentar las diferentes temáticas del tomate.

CAPÍTULO 1.

IMPORTANCIA Y CONSIDERACIONES DEL CULTIVO DE TOMATE

Marjorie Allende C.

Ing. Agrónomo

INIA Ururi

1.1. Introducción

El tomate *Solanum lycopersicum* (o su denominación anterior *Lycopersicum esculentum* Mill., que aún es ampliamente utilizada), pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para consumo fresco e industrializado.

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo.

De la familia de las Solanáceas es una planta herbácea cuyo hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y, sobre esta base, ser cultivada de diversas formas, planificándose la cosecha según objetivo, encontrándose producciones destinadas a procesos industriales o a consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas, especialmente en aquellos cultivos establecidos al aire libre.

Por esta razón, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia. Es así como actualmente el cultivo de tomate se visualiza bajo sistemas productivos diversos como, por ejemplo, bajo plástico de polietileno o bajo malla antiáfido, acompañados de gran variedad de portainjertos según requerimiento (tolerancia a sales, nemátodos, gran vigor, internudos cortos, entre otros). De esta forma se mantiene la oferta durante todo el año con altas producciones, no obstante, para lograr el éxito del productor es imprescindible disponer de la información del mercado, de manera de ajustar la fecha de siembra según ventanas de oferta.

1.2. Importancia económica del tomate

Estimaciones de la FAO indican que el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción, alcanzando en el año 2013; 4,7 millones de hectáreas (ha) y una producción de 164 millones de toneladas (t).

En Chile, el tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción, ocupando el 40^{to} lugar en superficie mundial, con 13.864 ha, y el lugar 24^{to} en producción, con 872.485 toneladas, cuyo rendimiento promedio (63 t/ha) supera a los de países como China, Italia, México y Brasil, entre otros. Ver Cuadro 1.1.

A nivel nacional, el cultivo de tomate presenta una alta rentabilidad, lo que ha permitido que hace más de una década experimente un sostenido desarrollo, incorporando tecnologías importadas desde países donde el cultivo de tomate es tradición y vanguardia (mediterráneo). Hoy, no obstante, la estrechez de mercado sumada a los altos volúmenes de comercialización, especialmente con la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, colocan al rubro en un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a manejar costos y a aumentar la búsqueda de mercados externos para mantener la rentabilidad.

Cuadro 1.1. Superficie y volumen de tomate producido por país en 2011*.

País	Superficie (miles ha)	Volumen (miles t)
China	986	48.577
India	865	16.826
Estados Unidos	149	12.625
Turquía	270	11.003
Egipto	212	8.105
Irán	184	6.824
Italia	104	5.950
Brasil	71	4.417
España	50	3.821
Uzbekistán	58	2.585
México	85	2.436
Rusia	117	2.201
Ucrania	86	2.112
Otros países	1.497	31.542
Total	4.734	159.023

* Incluye tomate para consumo fresco e industrial.

1.3. Superficie nacional de tomate

En Chile, el tomate para consumo fresco ocupa el tercer lugar de los cultivos hortícolas con mayor superficie. Sólo lo antecede el maíz para consumo fresco (choclo) y la lechuga. En la Figura 1.1, se grafica la evolución que ha experimentado la superficie de tomate para consumo fresco entre los años 2009 y 2014, en los que la superficie se ha mantenido sin grandes variaciones entre 4.902 y 5.463 hectáreas, lo cual representa sólo un 10,3%.

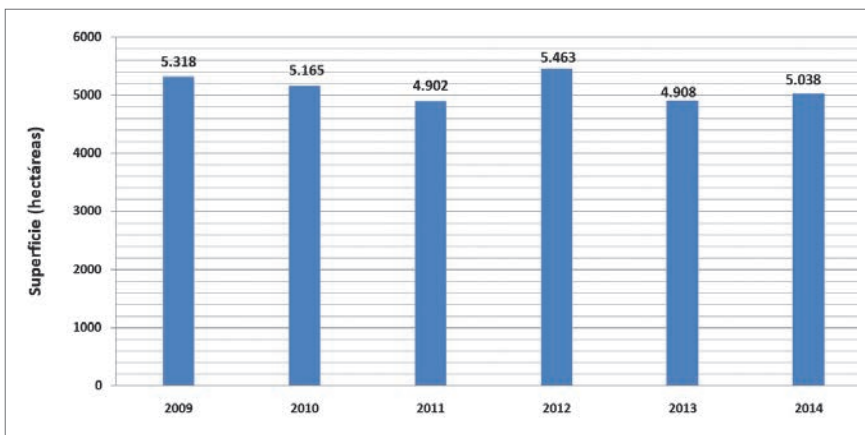


Figura 1.1. Evolución de la superficie de tomate para consumo fresco.

El cultivo de tomate a lo largo del país tiene ciclos productivos distintos según la época de siembra estacional durante el año, diferenciándose el tomate de invierno de Arica con el tomate de verano de Talca u otra localidad. Por esta razón, debiera existir una comparación de la superficie entre ciclos por separado. La combinación de estos ciclos por la distribución geográfica del cultivo, hacen posible una oferta continua de tomate para consumo fresco durante todo el año, consolidándose el abastecimiento del mercado por la incorporación de innovaciones tecnológicas, como sistemas de cultivo protegidos (malla antiáfido, plástico y mixtos), nuevas variedades y portainjertos, entre otros.

El 69% de la superficie nacional de tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y Del Maule, siendo la Región de O'Higgins la de mayor superficie con 973 hectáreas (19%), seguida por las regiones de Valparaíso y Del Maule, con 876 y 869 hectáreas respectivamente (17% c/u); y por la Región Metropolitana, con 756 hectáreas (15%). Figura 1.2.

La producción de tomate para uso agroindustrial, en tanto, está concentrada geográficamente en las regiones de O´Higgins y Del Maule, donde se encuentra el área de influencia de las plantas procesadoras de pulpa concentrada. Esta producción presenta un período de cosecha más definido debido al uso de variedades de hábito determinado.

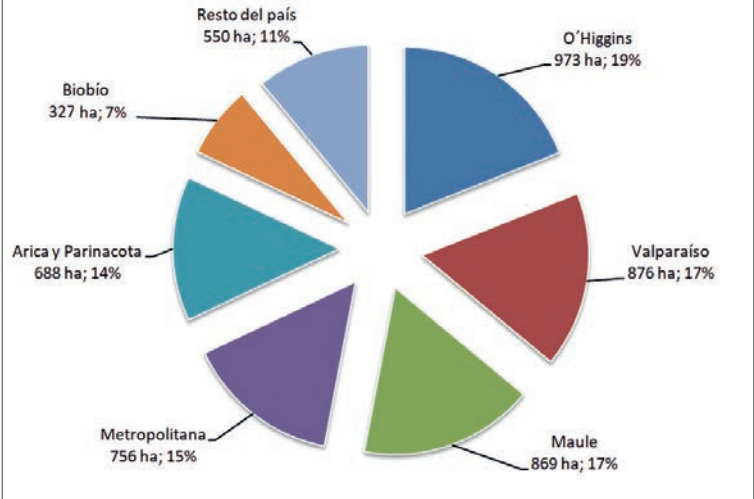


Figura 1.2. Superficie plantada con tomate para consumo fresco, 2014.

Se estima que del total de la superficie de tomate destinada al consumo fresco (6.000 ha), un 20% corresponde a cultivo bajo invernaderos, lo que supera las 1.000 hectáreas bajo este tipo de producción, sin hacer distinción entre plástico (polietileno) y malla antiáfido. Este último sistema es el más usado en la Región de Arica y Parinacota para enfrentar la alta presión de plagas.

1.4. Generalidades del cultivo

El tomate es una hortaliza que presenta una alta diversidad genética, existiendo innumerables variedades con distinto aspecto, color y sabor, además de presentar una demanda que aumenta continuamente y, con ello su producción y comercialización. No obstante, este incremento de la producción obedece más bien a un mayor rendimiento que a un crecimiento en la superficie cultivada. Estos más altos rendimientos a su vez, son producto esencial de la incorporación de altas tecnologías de cultivo, que permiten el manejo de los factores ambientales (climáticos) y recursos naturales (agua, suelo, fertilizantes), junto con el manejo y prácticas adecuadas del cultivo. Esto permite la oferta de tomate durante todo el año. En Cuadro 1.2, se presenta detalladamente la estacionalidad del cultivo.

Cuadro 1.2. Estacionalidad de tomate para consumo fresco en Chile.

Zonas productivas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valle Azapa (aire libre-malla)					■	■	■	■	■	■	■	
Copiapó (invernadero)								■	■	■		
Copiapó (parrón aire libre)			■	■	■							
Ovalle (aire libre)			■	■	■							
Ovalle (invernadero)					■	■				■	■	
Limache - Quillota (invernadero)					■	■				■	■	■
Limache - Quillota (parrón)		■	■	■								
Talca (invernadero)											■	■
Talca - Curicó (aire libre)	■	■										
Pichidegua (S. Vicente) (invernadero)										■	■	■
Pichidegua (S. Vicente) (aire libre)	■	■	■	■								■
Rengo y Quinta de Tilcoco (aire libre)	■	■	■	■								

La Región de Arica y Parinacota desempeña un rol de abastecedor invernal a nivel nacional, ya que el tomate que se consume en el país entre junio y octubre, proviene en un alto porcentaje de esta región. A fines de noviembre aparecen los primeros tomates de la zona central (regiones Metropolitana, O'Higgins y Del Maule), producción que finaliza a principios de abril, en lo que es considerado como una estacionalidad normal.

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se clasifican en dos grupos: las variedades de crecimiento determinado, cuyos tallos terminan en un ramillete floral que marca el punto donde se termina el crecimiento, y las variedades de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente. Estas últimas son las más utilizadas comercialmente y en las cuales es posible encontrar rendimientos que superan las 200 t/ha bajo condiciones desfavorables, como los cultivos establecidos en laderas de cerros con escasez hídrica y alta concentración de sales, en los valles de Azapa y Llutu en el extremo norte del país.

El uso de cubiertas de protección es una tecnología ampliamente difundida. La malla antiáfido en el norte es un sistema de exclusión de plagas, que mejora a su vez la condición ambiental (microclima) bajo la estructura. El uso de polietileno en la zona centro sur del país es la tecnología que permite salir al mercado de manera anticipada. Otra tecnología es el uso plantas injertadas y cuyos patrones pueden ser tolerantes a sales y/o enfermedades, lo que ha permitido extender los ciclos productivos, logrando encontrar plantas hasta de 24 racimos de calibre extra. Figura 1.3.

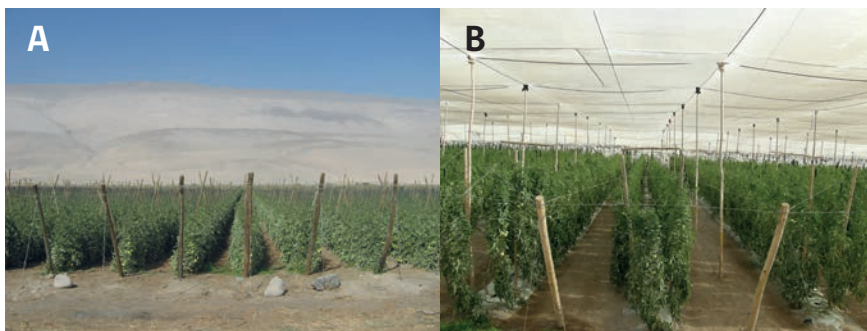


Figura 1.3. Cultivo de tomate en la zona norte. (A) Plantas francas al aire libre. (B) Plantas injertadas bajo malla antiáfido.

1.5. Requerimientos edafoclimáticos

1.5.1. Suelo

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad.

En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Al respecto, es posible encontrar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8, como casos en la Región de Arica y Parinacota, siendo un factor posible de manejar, ya que el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH. Situación similar respecto a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, incluso en suelos enarenados, es el presentar conductividades superiores a 3 dS/m (técnica que reduce evapotranspiración al disminuir el movimiento del agua por capilaridad).

1.5.2. Clima

Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Su rusticidad asociada a nuevas variedades permite el cultivo en condiciones adversas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. Por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas templados. Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos

trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color. Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades.

Cuadro 1.3. Temperaturas críticas para el cultivo de tomate.

Se huela la planta		-2°C
Detiene su desarrollo		10-12°C
Desarrollo normal de la planta		18-25°C
Mayor desarrollo de la planta		21-24°C
Germinación óptima		25-30°C
Temperaturas óptimas		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

No obstante, se debe considerar que los valores de temperaturas por sí solos son referenciales, puesto que su interacción con otros factores repercute mayormente. Por ejemplo, la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen.

Respecto de la humedad relativa, el desarrollo del tomate requiere que ésta oscile entre 60 y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas que, además, dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También se vincula al agrietamiento del fruto o "rajado", cuando se presenta un período de estrés hídrico, seguido de un exceso de humedad en el suelo por riego abundante.

La luminosidad en el cultivo de tomate cumple un rol importante, más allá del crecimiento vegetativo de la planta, ya que el tomate requiere de al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer. Estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre este proceso y la fecundación. En zonas de alto polvo en suspensión, como es el caso de Arica, en períodos de recambio de cultivo se realizan frecuentes lavados de las cubiertas de los invernaderos, con el objetivo de mejorar la producción y evitar posterior exceso de crecimiento vegetativo. Sin embargo, estudios indican que el fotoperiodo no sería un factor crítico a diferencia de la intensidad de radiación, que si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras y coloración irregular, entre otros.

Bibliografía consultada

- El cultivo del tomate. Disponible en: www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm. Consultado, Julio 2016.
- A. Flaño, 2013., Situación del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.
- A. Flaño, 2015, El mercado del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.
- González, V.; Sepúlveda, R. y González, M. 2014. Mejoramiento de los sistemas de producción de tomate bajo malla antiáfido. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 293, 70 p.
- Escalona, V.; et al. 2009. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región.
- INE. 2008. Instituto Nacional de Estadísticas. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Chile. Disponible en: www.censoagropecuario.cl . Consultado, Julio 2016.
- SQM S.A., Guía de manejo, nutrición vegetal de especialidad Tomate, 2006. Disponible en: http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf. Consultado, Julio 2016.
- FAO. 2003. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf> . Consultado Julio 2016.

CAPÍTULO 2.

NUTRICIÓN Y FERTILIDAD EN TOMATE AL AIRE LIBRE

Juan Pablo Martínez C.

Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Cruz

Luis Salinas P.

Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

Fabio Corradini S.

Ing. Agrónomo, Mg.
INIA La Platina

2.1. Introducción

El propósito de cualquier programa de nutrición mineral en tomate es suministrar los elementos o compuestos minerales o iones nutrientes que son absorbidos por la planta en la dosis y momento oportuno, para optimizar su utilización por el cultivo.

El tomate, como cualquier planta, requiere elementos nutritivos imprescindibles o esenciales, que son aquellos que no deben faltar para el funcionamiento fisiológico y el desarrollo completo del ciclo vegetativo. Cabe señalar que los criterios de esencialidad de un elemento nutritivo son:

- La deficiencia del elemento impide a la planta completar su ciclo vegetativo.
- La deficiencia es exclusiva del elemento en cuestión.
- La falta del elemento no puede ser reemplazada por otro.

2.2. Nutrición en tomate

Son 17 los elementos considerados esenciales para el crecimiento y producción de todas las especies cultivadas, incluido el tomate.

Los 3 elementos esenciales con mayor requerimiento por parte de la biomasa de la planta (raíces, tallo, hojas y fruta) son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Estos elementos representan el 90% de la materia seca de la planta. De ellos, el C es suministrado desde la atmósfera, el cual es transformado en carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. El H y el O son proporcionados por el agua.

De los nutrientes minerales esenciales para la planta se distinguen los de mayor requerimiento y se encuentran en más alta proporción en ella, denominados macronutrientes. Entre los macronutrientes se consideran primarios: el nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca); y secundarios: el fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S). Aquellos elementos esenciales requeridos en menor proporción en la planta se denominan micronutrientes. Se consideran como micronutrientes (o elementos minerales traza) los siguientes: zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y, últimamente, pero sin importancia práctica, el níquel (Ni). Este criterio para diferenciar los nutrientes puede llevar a confusiones, ya que, en casos de extremos de déficit de un micronutriente, puede adquirir más relevancia que un macronutriente.

La necesidad de agregar vía fertilización alguno de los 17 elementos minerales esenciales surge de si el balance entre lo que la planta requiere y lo que el suelo suministra es insuficiente. Este déficit nutricional se acentúa en casos en que el nutriente es poco móvil y no logra llegar al sitio estratégico de acción, tales como hojas, flores o frutos cuajados. En uno u otro caso será necesario reponer la diferencia vía fertilización al suelo o foliar. Cabe señalar que los suelos del área plantada con tomates en la Región de Valparaíso son de buena fertilidad, pero sólo existen algunos problemas con la disponibilidad de micronutrientes como Zn, B y Fe. En cuanto a los suelos del norte de Chile existen limitaciones por exceso de sales, principalmente boro (B).

Se recomienda hacer análisis químico del agua y del suelo. Esto es importante en el programa nutricional, ya que determina la capacidad de suministro de nutrientes hacia la planta. Con la adecuada interpretación de estos análisis, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente, por tanto, se considera un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo. Cabe destacar que los períodos de mayor consumo nutricional y una mayor acumulación de biomasa en la planta se asocian con una extracción superior de nutrientes. En este sentido, con el inicio del cuajado y crecimiento de los frutos comienza a aumentar las necesidades de nutrientes de la planta y, en consecuencia, cualquier déficit de algún elemento repercutirá de manera negativa en el crecimiento y rendimiento del tomate.

En las primeras etapas de crecimiento de la planta de tomate, las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan en la planta. En las etapas finales del cultivo, los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto.

Es importante destacar que expertos que han estudiado las extracciones de nutrientes en plantas injertadas, entre los datos obtenidos indican que los cultivos incompatibles tienen menor rendimiento con respecto a una planta franca, produciendo un marchitamiento en las hojas, debido a un déficit hídrico

producido por la baja conductividad hidráulica del xilema. En caso contrario, cuando existe compatibilidad, las plantas injertadas presentaron mayor vigor, lo que se refleja en un incremento de 9% en acumulación de materia seca y en una mayor acumulación de todos los macronutrientes, excepto para magnesio.

La principal finalidad del injerto en tomate es obtener tolerancia a patógenos del suelo, pero se ha ampliado el objetivo de esta práctica a la obtención de mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral en la parte aérea, al incremento en el vigor de la planta y a la vida de postcosecha de la fruta. Por esto, debe ser riguroso en la nutrición del cultivo, ya que la planta no permite exceso de fertilizante al ser más eficiente en la extracción del nutriente.

También se debe destacar el uso simultáneo de portainjerto y variedades vigorosas. Esto tiende a reducir el rendimiento comercial cuando el cultivo no se maneja en forma adecuada; punto importante al momento de la elección del portainjerto. Es poco frecuente que el criterio de selección de un portainjerto sea por la eficiencia para la extracción de nutrimentos. Casi siempre se selecciona por tolerancia a los estreses bióticos y abióticos (causados por el medioambiente). Por tanto, conocer el comportamiento nutricional que tienen las variedades al ser injertadas, ayuda para la elaboración de un programa de fertilización óptimo, para mejorar la calidad del fruto, evitar un crecimiento excesivo de la planta y ser más eficiente en el aporte nutricional.

El Cuadro 2.1, muestra los contenidos promedios de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja, tallo y raíz de plantas francas e injertadas. Se observa que existe mayor contenido de N y K en las plantas injertadas en relación a las plantas francas.

Cuadro 2.1. Contenidos promedio de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja tallo y raíz de tomate comercial franco e injertado cultivado bajo condiciones hidropónicas.

Tomate		Órgano			
Macroelemento	Tipo de planta	Fruto	Hoja	Tallo	Raíz
N (%)	Franca	2,57 ± 0,08	3,46 ± 0,22	2,61 ± 0,11	4,10 ± 0,10
	Injertada	2,86 ± 0,06	3,74 ± 0,20	2,65 ± 0,10	3,70 ± 0,14
P (%)	Franca	0,30 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,59 ± 0,06
	Injertada	0,32 ± 0,02	0,37 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,48 ± 0,05
K (%)	Franca	3,22 ± 0,09	2,84 ± 0,21	3,33 ± 0,32	2,90 ± 0,37
	Injertada	3,63 ± 0,14	3,08 ± 0,24	3,93 ± 0,38	2,56 ± 0,26
Mg (%)	Franca	0,10 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,20 ± 0,01	0,64 ± 0,04
	Injertada	0,13 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,71 ± 0,49	0,65 ± 0,03
Ca (%)	Franca	0,10 ± 0,01	4,46 ± 0,22	1,51 ± 0,04	1,75 ± 0,13
	Injertada	0,14 ± 0,01	4,82 ± 0,22	1,61 ± 0,04	2,01 ± 0,16

INIA La Cruz (2016).

2.3. Fertilización del tomate

La estrategia recomendada para el cálculo de fertilización del tomate se basa fundamentalmente en conocer la extracción de nutrientes por parte de la fruta y lo requerido para el crecimiento de la biomasa vegetativa aérea.

Un adecuado programa de manejo nutricional sólo se puede hacer cuando existe una comprensión clara del rol de todos los nutrientes. En consecuencia, por estar el crecimiento de los cultivos estrechamente vinculado a una adecuada nutrición mineral, el conocimiento de la extracción que realiza la planta de estos elementos en el suelo, se convierte en información básica para el diseño y planificación de la fertilización de los cultivos.

El uso de portainjertos en tomate implica un sistema de raíces más vigoroso y activo que tenga la capacidad de absorber una mayor cantidad de nutrientes (nitrógeno), por tanto, los niveles descritos para una planta franca (Cuadro 2.2), deberían ser distintos a los encontrados en una planta injertada.

Cuadro 2.2. Requerimiento de nutrientes de plantas de tomate franco por tonelada de fruta producida.

Nutriente	kg de nutriente / t de fruta
N	2,6
P	0,5
K	3,9
Ca	1,6
Mg	0,4

En términos de extracción mineral se determinó que los coeficientes de extracción de nutrientes (kg/t) del tomate fueron: 3,0; 1,0; 5,0; 2,5 y 1,0 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

2.3.1. Fertilización nitrogenada

- Dosis de nitrógeno. En tomate al aire libre, para cualquier rendimiento, se ha calculado que la necesidad de N es de 2,6 kg N/t de fruta. Este valor incluye la biomasa vegetativa (tallos, hojas). Los cálculos están basados en el llamado Modelo de Stanford, ampliamente aplicado y con éxito en los rubros dados en Chile. En términos simples, la dosis viene dada por:

$$\text{DOSIS} = (\text{extracción del cultivo} - \text{aporte del suelo}) / \text{eficiencia nitrógeno}$$

Entonces el cálculo de dosis se realiza de la siguiente manera, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Requerimiento neto nitrógeno para 160 t: $2,6 \text{ kg N/t} \times 160 \text{ t} = \mathbf{416 \text{ kg/ha}}$.
- b) Aporte suelo estimado = **56 kg/ha**.
Este valor proviene del aporte por parte del suelo, entregado por el análisis de suelo (por ejemplo 28 ppm de N mineral). Para estimar el aporte del contenido de N en ppm se multiplica por un factor 2 (28 ppm x 2). Este factor resulta de la transformación del contenido en ppm considerando 1 ha, la cual pesa alrededor de 2.000 t, el suelo contiene 56 kg. En suelos normales el aporte es mucho menor (alrededor de 30-50 kg N/ha).
- c) Saldo a cubrir: requerimiento cultivo - aporte del suelo = $312 \text{ kg/ha} - 56 \text{ kg/ha} = \mathbf{360 \text{ kg/ha}}$.
- d) Dosis N a aplicar: saldo a cubrir / eficiencia recuperación: $360/0,75 = \mathbf{480 \text{ kg N/ha}}$.

El 75% corresponde a la aplicación del fertilizante nitrogenado a través de riego por goteo.

De acuerdo al nivel productivo se pueden estimar dosis de N (kg/ha) aproximadas que debería aplicar (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Requerimiento neto y dosis de nitrógeno (referencia, kg/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate emparnadado (t/ha).

Rendimiento(t/ha)	Requerimiento neto N (kg/ha)	Dosis de N (kg/ha)
120	312	341
160	416	480
200	520	618
240	624	757

Estos cálculos son referenciales y pueden modificarse, de acuerdo principalmente al tipo de suelo donde se realizará la aplicación, ya que, en el caso de los aportes de suelos, se pueden presentar valores altos, intermedios o bajos, por tanto, se va a modificar el requerimiento. Además, se consideró una eficiencia de recuperación de nitrógeno del 75%.

2.3.1.1. Épocas de aplicación del nitrógeno

El ciclo de cultivo del tomate tiene una duración de alrededor de 90 días desde el momento del trasplante hasta el final de la cosecha. Este período se compone de cuatro etapas, sincronizadas con las distintas etapas fenológicas del cultivo, las cuales son:

- 0 - 32 DDT ▶ Trasplante, establecimiento y desarrollo.
- 32 - 48 DDT ▶ Iniciación floral a formación de fruto.
- 48 - 76 DDT ▶ Formación de fruto a inicio de cosecha.
- 76 - 90 DDT ▶ Inicio a fin de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación de N (estimada en 480 kg de N/ha) en la temporada, calculado para una producción de 160 t/ha, considerando un 15% fertilización de base (72 kg N/ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes que se muestran en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Parcialización de la aplicación de la dosis de referencia en la temporada.

Período de aplicación	% de la dosis de referencia	kg N /ha
1. 0-32 DDT	14	67
2. 32-48 DDT	34	163
3. 48-76 DDT	29	139
4. 76-90 DDT	8	39

2.3.2. Fertilización fosfatada

La fertilización con fósforo (P) se utiliza con el objetivo principal de aumentar el desarrollo radicular, así como también para todas las funciones a nivel fisiológico de la planta de tomate.

Este mineral se encuentra de manera abundante en gran parte de los suelos de la zona en donde se cultiva tomate. Sin embargo, es un mineral de baja movilidad en el suelo y ocasionalmente aparecen niveles deficitarios de P en tomate. Es por ello que se deben realizar aplicaciones de fósforo lo más cerca posible al sistema radicular.

2.3.2.1. Dosis de fósforo

El requerimiento neto de fósforo (P) para un cultivo de tomate se estima multiplicando el coeficiente de extracción P (0,5 kg P/t) por las toneladas de fruta producida.

a) Requerimiento neto de P para 160 t/ha: $160 \text{ t/ha} \times 0,5 \text{ kg P/t} = \mathbf{80 \text{ kg P/ha}}$.

b) Aporte suelo estimado = **16 kg/ha** (análisis de suelo indicó 32 ppm de P-Olsen, nivel medio). Este valor se obtiene dividiendo las ppm de P-Olsen por 2 (factor de conversión).

- c) Saldo a cubrir: requerimiento cultivo - aporte suelo= 80 kg P/ha - 16 kg/ha = **64 kg P/ha.**
- d) Dosis de P a aplicar= Saldo a cubrir/ eficiencia recuperación = 64 kg P /0,33= **194 kg de P/ha.**
- e) Conversión a P₂O₅: dosis P x factor conversión = 194 kg de P/ha x 2,3 = **446 kg P₂O₅/ha.**

En el Cuadro 2.5, se muestra el requerimiento neto de P y dosis de fósforo (kg/ha) para distintos niveles productivos en tomate al aire libre.

Cuadro 2.5. Requerimiento neto y dosis de fósforo (P, P₂O₅) (kg/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate al aire libre (t/ha).

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto P (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)
120	60	133	306
160	80	193	444
200	100	254	584
240	120	315	725

Estos cálculos son referenciales, ya que varían según la cantidad de ppm de P-Olsen que indique el análisis de suelo, con lo cual se modificaría el aporte del suelo.

En cuanto a las fuentes de fósforo se recomienda los fosfatos monoamónicos (MAP) y el ácido fosfórico, dado que estas formas son las más eficientes. Estos fertilizantes presentan una mayor movilidad en la zona radicular.

Es recomendable informarse sobre qué fuente de P es la que incluyen los fertilizantes que se aplicarán; si son en base a fosfato diamónico el P es de muy baja eficiencia en suelos neutros y alcalinos.

2.3.2.2. Épocas de aplicación del fósforo

Dentro del ciclo de cultivo del tomate, el fósforo se aplica con una distribución parcializada dentro de las primeras tres etapas del cultivo, que va desde el momento del trasplante hasta el inicio de la cosecha.

- 0 - 32 DDT ▶ Trasplante, establecimiento y desarrollo.
- 32 - 48 DDT ▶ Iniciación floral a formación de fruto.
- 48 - 76 DDT ▶ Formación de fruto a inicio de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación del P (estimada en 444 kg de P_2O_5 /ha) de la siguiente manera, en la temporada calculado para una productividad de 160 t/ha, considerando un 33% fertilización de base (147 kg P_2O_5 /ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes del Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Período, porcentaje (%) de la aplicación y kg de P_2O_5 /ha a suministrar en la temporada.

Período aplicación días después del trasplante (DDT)	% de la dosis de referencia	kg P_2O_5 /ha
1. 0 - 32 DDT	25	111
2. 32 - 48 DDT	21	93
3. 48 - 76 DDT	21	93

2.3.3. Fertilización potásica

El coeficiente de extracción de potasio (K) por parte de la planta es la más alta de todos los nutrientes, con un valor 3,9 kg de K/t de fruta producida.

Cabe señalar que el K se considera como el catión más importante, regulando el turgor dentro de la planta. Sin embargo, es antagonista del Ca con respecto a movilidad a la fruta, por lo cual se debe aplicar correctamente, ya que un exceso de potasio en la fertilización afectaría negativamente en los contenidos de Ca en la fruta, produciendo problemas en postcosecha.

2.3.3.1. Dosis de potasio

- El coeficiente de extracción de K (fruta + biomasa vegetativa) es de 3,9 kg/t.
- Requerimiento neto de K para 160 t/ha = $160 \text{ t} \times 3,9 \text{ kg/t} = \mathbf{624 \text{ kg de K/ha}}$.
- Aporte suelo estimado = **225 kg K/ha** (análisis de suelo indicó 225 ppm de K disponible = alto).
- Saldo a cubrir = requerimiento neto de K - aporte suelo = $624 \text{ kg K/ha} - 225 \text{ kg/ha} = \mathbf{399 \text{ kg K/ha}}$.
- Dosis de K a aplicar = saldo a cubrir/eficiencia recuperación = $399 \text{ kg/ha}/0,80 = \mathbf{499 \text{ kg K/ha}}$.

Conversión a K_2O : dosis K x factor conversión = $499 \text{ kg K/ha} \times 1,2 = \mathbf{599 \text{ kg de } K_2O /ha}$.

Cuadro 2.7. Requerimiento neto y dosis de potasio (K) (kg K₂O/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate emparronado (t/ha).

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto K (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha)	Dosis de K ₂ O (kg/ha)
120	468	304	365
160	624	499	599
200	780	694	833
240	936	889	1.067

2.3.3.2. Épocas de aplicación del potasio

El potasio por su importancia en la regulación hídrica dentro de la planta está presente en todo su ciclo productivo, concentrando las aplicaciones en el período de mayor demanda de la fruta, que es desde inicio de cuaja hasta inicio de cosecha.

En cuanto a fuentes se recomienda utilizar el nitrato de potasio (KNO₃) y el sulfato de potasio (K₂SO₄).

Se sugiere parcializar la aplicación del potasio (K) estimada en 599 kg de K₂O / ha en la temporada, calculado para una producción de 160 t/ha, de acuerdo a los porcentajes indicados en el Cuadro 2.8.

Cuadro 2.8. Parcialización de la aplicación de K en la temporada.

Período de aplicación	% de la aplicación	kg N /ha
1. 0-32 DDT	12	72
2. 32-48 DDT	37	222
3. 48-76 DDT	36	215
4. 76-90 DDT	15	90

Bibliografía consultada

- Betancourt, P. y Pierre, F. 2013. Extracción de micronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanumly copersicum* L. var. ALBA) en la casa de cultivo en Quibor, Estado Lara. 25(3):181-188.
- Godoy, H.; Castellanos, J.; Alcántara, G.; Sandoval, M. y Muñoz, J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrientes. Tierra Latinoamericana 27:1-9.

- Hernández, M.; Chailloux, M.; Moreno, V.; Mojena, B. y Salgado J. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 4: 71-78.
- Lee, J. 2003. Advances in vegetable grafting. *Chronica Horticulturae* 43: 13-19.
- Lee, S. 2007. Production of high quality vegetable seedlings grafts. *Chronica Horticulturae* 759: 169-174.
- Oda, M. 2007. Vegetable seedling grafting in Japan. *Acta Horticulturae* 759:180.
- Marschner, P. 2012. Marschner`s mineral nutrition of higher plants. Marschner P. (ed.). Third edition. Academic Press. London, UK. Waltham and San Diego, USA. 645 Rincón, S.L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *Phytoma* 135: 34-46.
- Rivero, R. M.; Ruiz, J. M. y Romero, L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food Agriculture and Enviroment* 1: 70-74.
- Ruiz, R. 2006. Manejo del suelo y nutrición en suelos con problemas de aireación. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina. 27-28 de septiembre de 2006. 20 p.
- Sepúlveda, F.; Rojas C.; Carrasco, J., y Morales A. 2012. Metodología en la toma de muestra de suelo y su importancia. Informativo INIA Ururi N° 58:1-4.
- Tjalling, H. 2006. Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. SQM. 84 pp.
- Villasana, J. 2010. Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León. Para obtener el Título de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad autónoma de Nuevo León. 1-68 pp.

CAPÍTULO 3.

ENFERMEDADES EN TOMATE AL AIRE LIBRE

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo, M. Sc.

3.1. Introducción

Para que ocurra una enfermedad es necesario que existan en forma simultánea tres factores fundamentales: un hospedero susceptible, un medio ambiente favorable y un agente causal. Si alguno de estos factores no está presente, no ocurrirá la enfermedad.

Entre los agentes causales es posible encontrar hongos, bacterias, virus y nemátodos, los que pueden provocar pérdidas importantes en el rendimiento, como también en la calidad comercial de los tomates. Estos agentes pueden afectar a las plantas en diferentes estados de desarrollo y disminuir su vida útil. Dependiendo de la incidencia y severidad de los problemas fitopatológicos, pueden transformarse en factores limitantes para la producción, provocando pérdidas económicas a los productores de tomate.

Cada enfermedad produce síntomas que en algunos casos son fáciles de reconocer; pero pueden ser confundidos con daños provocados, por ejemplo, con deficiencias nutricionales. Por ello, el correcto diagnóstico del problema es fundamental para tomar las medidas de control en forma certera y oportuna.

El cultivo de tomate al aire libre es afectado por una serie de enfermedades que merman la producción. La incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de la planta y el medioambiente.

Este capítulo constituye una ayuda a técnicos y profesionales, como también a productores, para realizar correctamente la identificación de las enfermedades más frecuentes que ocurren en el cultivo de tomate al aire libre y así elegir el método de control más adecuado.

Las enfermedades que afectan al cultivo del tomate al aire libre deben ser manejadas para minimizar los efectos nocivos que éstas tienen sobre las plantas, evitando una contaminación del medioambiente con fungicidas químicos disponibles y minimizando los costos de control, de manera de no afectar la

productividad del cultivo. La mejor manera es utilizando el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), el cual se basa en las siguientes premisas:

- **Mantener un nivel aceptable de la enfermedad.** Esto significa que, en general, la enfermedad no debe eliminarse, sino mantenerla en un nivel que no produzca daño económico. Estos umbrales de infección deben ser fijados para cada enfermedad y para cada plantación.
- **Utilizar prácticas culturales preventivas y genéticas.** Esto incluye la selección de variedades resistentes cuando estén disponibles, el uso de plantas injertadas en patrones resistentes a las enfermedades más comunes de un lugar y el uso de prácticas de manejo (riego, fertilización, control de malezas, eliminación de restos del cultivo dañado, entre otras) que minimicen las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades.
- **Monitoreo permanente de la presencia de enfermedades.** El manejo de las enfermedades debe basarse en un diagnóstico certero, para lo cual es imprescindible conocer los agentes que están afectando a las plantas. Se debe ser capaz de reconocer los síntomas que el problema produce e identificar el agente causal. Identificado el agente causal, éste debe someterse a un monitoreo sistemático para determinar su incidencia (porcentaje de plantas afectadas por la enfermedad) y severidad (expresado como la intensidad del daño en cada planta) en el campo a lo largo de la temporada.

Junto con registrar el comportamiento de las enfermedades, hay que llevar un registro del clima (temperatura y humedad) para estimar cuándo se producirán los daños de la enfermedad.

- **Control mecánico.** Los métodos mecánicos de control deberán ser considerados. Esto incluye la eliminación de las fuentes de inóculo para interrumpir la reproducción de las enfermedades. El laboreo mecánico para el control de malezas es a menudo una fuente importante de inóculo para muchas enfermedades.
- **Control químico.** Los controles químicos deben usarse sólo cuando sea necesario y, con frecuencia, sólo en momentos específicos del ciclo de una determinada enfermedad. Debe privilegiarse el uso de agroquímicos específicos y/o biológicos de bajo impacto al medioambiente, por sobre los de amplio espectro de acción. Estos últimos deben utilizarse en las dosis mínimas recomendadas por el fabricante, respetando las precauciones que se indican en la etiqueta en cuanto a los períodos de carencia, al efecto residual del producto, la disposición de los envases y la protección de las

personas que aplican los agroquímicos. Deben utilizarse productos que estén autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el cultivo.

- **Evaluar permanentemente los resultados de las estrategias de control empleadas.** Es muy importante evaluar en forma sistemática los resultados de los programas de control para corregir y mejorar los métodos y optimizar los resultados.

Junto con la utilización del MIPE es recomendable el uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que son las acciones involucradas en la producción, almacenamiento, procesamiento y transporte de productos de origen agropecuario, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y el bienestar laboral. Ellas incluyen el manejo de suelo, del agua, de los fertilizantes y de los productos fitosanitarios, durante el cultivo, la cosecha, el empaque, el transporte y el almacenado del producto.

Las BPA también norman la higiene en el predio, los servicios básicos para el personal, el respeto a la legislación laboral, el manejo de los residuos líquidos y sólidos del predio y el mantenimiento de registros.

3.2. Principales enfermedades que afectan al tomate al aire libre

3.2.1. Pudrición gris

La Pudrición gris es una enfermedad causada por el hongo *Botrytis cinerea* (Teleomorfo = *Botryotinia fuckeliana*) y es capaz de infectar a las plantas de tomate (*Solanum lycopersicon*) en cualquier estado de desarrollo del cultivo, es decir, desde almaciguera a cosecha. El patógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas cercanas a los 20°C

3.2.1.1. Síntomas

Los síntomas se pueden manifestar en pecíolos, tallos, hojas y frutos, dañados o senescentes. Estas lesiones acuosas aparecen en los tallos (Figura 3.1).



Figura 3.1. (Izquierda) Pudrición del tallo. (Derecha) Micelio gris con abundante esporulación.

Luego aparecen lesiones cancrosas y necróticas de color café claro, las que pueden estrangular el tallo parcial o totalmente (Figura 3.2).



Figura 3.2. Lesiones cancrosas de *Botrytis cinerea*.

Las lesiones necróticas rodeadas por un halo clorótico, a menudo con forma de "V" aparecen en los folíolos (Figura 3.3). En flores se produce necrosis, escasa cuaja y desarrollo de una pudrición acuosa en frutos inmaduros. En frutos maduros aparecen pequeñas lesiones amarillas, necróticas y esféricas conocidas

como manchas fantasmas, con un diámetro de entre 3 y 10 mm. Se presenta un moho aterciopelado grisáceo sobre los tejidos parasitados (Figura 3.4).



Figura 3.3. Mancha en V típica de daño por *B. cinerea*.



Figura 3.4. Frutos con pudrición y abundante esporulación.

El hongo comúnmente esporula observándose la presencia de varios conidióforos, los cuales producen innumerables conidias (Figura 3.5).



Figura 3.5. Conidióforo y conidias de *Botrytis cinerea*.

3.2.1.2. Diseminación

Las conidias son transportadas por el viento y, posiblemente, por efecto del salpicado producido por las lluvias o riego por aspersión.

3.2.1.3. Sobrevivencia

Botrytis cinerea sobrevive como saprofito en restos de cultivos y como esclerocio en el suelo.

3.2.1.4. Control

- Reducir la humedad en los cultivos. Evitar o reducir el riego por aspersión cuando sea usado este tipo de irrigación.
- Ventilación adecuada. Deshoje y desbrote del cultivo. Aumentar la distancia entre surcos.

- Eliminar los órganos enfermos tan pronto como éstos aparezcan.
- Reducir fertilización nitrogenada.

3.2.2. Tizón temprano, mancha negra de la hoja

3.2.2.1. Síntomas

El tizón temprano causado por *Alternaria solani* ataca la parte aérea de la planta del tomate en todos sus estados de crecimiento y desarrollo, siendo las hojas maduras las que presentan una mayor incidencia de la enfermedad.

Los síntomas se caracterizan por lesiones circulares de color café a negro en hojas maduras (Figura 3.6). Estas lesiones pueden estar rodeadas de un halo clorótico. El diámetro de estas lesiones circulares varía entre 8 y 10 mm y pueden alcanzar varios centímetros cuando las condiciones climáticas son favorables y/o cuando se fusionan con otras lesiones, comprometiendo gran parte de la planta y adquiriendo un aspecto de tizón o quemado.

Las lesiones similares pueden observarse en tallos, pecíolos y pedúnculos. En infecciones severas, las plantas comienzan a defoliarse y los frutos quedan expuestos a daños por el sol.



Figura 3.6. Manchas anilladas de color café en hojas.

También puede atacar flores, produciendo su caída, y frutos pequeños. En frutos cercanos a la madurez produce lesiones hendidas, firmes, de color café oscuro o verde oliváceo. Las lesiones en tallos pueden provocar estrangulamiento parcial o total de la planta.

3.2.2.2. Diseminación

La enfermedad puede ser diseminada por semillas contaminadas o al comercializar almácigos infectados. Las conidias pueden ser transportadas por el viento, agua de lluvias y riego por aspersión.

3.2.2.3. Sobrevivencia

Alternaria solani produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir por varios años en el suelo. También puede sobrevivir como micelio, conidias y clamidosporas en la superficie de semillas de tomate, en restos de plantas, malezas y otros hospederos solanáceos como berenjena, pimiento y papa.

3.2.2.4. Control

Monitorear permanentemente el cultivo para determinar incidencia de la enfermedad y tomar medidas de control.

a) Control cultural

- Rotar cultivos, incluyendo especies no susceptibles.
- Eliminar restos de cultivo enfermos mediante aradura profunda.
- Utilizar plantas sanas provenientes de semilla certificada, libre de la enfermedad y desinfectada.
- Utilizar cultivares resistentes.

b) Control químico

- Se sugiere el uso de fungicidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad y cultivo correspondiente (Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Tebuconazol, etcétera).

3.2.3. Oídio, peste cenicilla, moho polvoriento

3.2.3.1. Síntomas

El agente causal del Oídio está identificado como *Leveillula taurica* (anamorfo: *Oidiopsis taurica*), *Oidium neolycopersici*, *O. lycopersici*. Los síntomas de esta enfermedad se pueden apreciar en toda la parte vegetativa de la planta y se caracteriza por presentar manchas irregulares de color verde amarillentas, parcialmente necrosadas en las hojas.

Las manchas se cubren con micelio de color blanquecino que puede extenderse por ambas caras de las hojas, como también tallos y peciolas (Figura 3.7). Cuando hay ataques severos en la planta, el hongo la cubre completamente, causando defoliación y necrosis.



Figura 3.7. Micelio color blanquecino, manchas pulverulentas. (Izquierda) En hojas. (Derecha) En tallos.

En ataques severos de la enfermedad el tejido foliar se marchita, hay reducción del crecimiento y pérdida de rendimiento cuando los frutos son expuestos al sol (Figura 3.8).



Figura 3.8. Planta severamente afectada por oídio, deshidratación de hojas.

3.2.3.2. Diseminación

Las conidias del hongo son diseminadas por el viento.

3.2.3.3. Sobrevivencia

Las especies causantes de oídio son parásitos obligados y sobreviven en restos de tomate y hospederos alternos.

3.2.3.4. Control

Monitorear permanentemente para establecer en forma oportuna las medidas de control

a) Control cultural

- Eliminar restos de tomate y malezas enfermos tan pronto como termine la temporada de cosecha.
- Mantener los cultivos lo más ventilados posible.
- Controlar las plantas voluntarias y malezas hospederas.
- Usar variedades con mayor resistencia
-

Bibliografía consultada

Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. 638 p. Sexta edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile.

Bruna, A. 2005. Enfermedades del tomate. En: Escaff, M. et al. El cultivo de tomate en invernadero. Boletín INIA, 128, 79 p.

Estay, P. y Bruna, A. 2002. Insectos y ácaros asociados al tomate en Chile. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Serie Libros INIA N°7. 111 p.

CAPÍTULO 4.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN TOMATES AL AIRE LIBRE

Natalia Olivares P.
Ing. Agrónomo, M. Sc.
INIA La Cruz

Alejandra Guzmán L.
Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

4.1. Introducción

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una estrategia sostenible, que combina diferentes herramientas de control. Entre sus características destaca el uso óptimo y reducido de plaguicidas, favoreciendo la acción de los enemigos naturales y el control biológico. Su fundamento está constituido por principios ecológicos que reconocen e interpretan los cambios en la dinámica poblacional de la plaga y sus relaciones.

La aplicación del MIP requiere de antecedentes sobre la plaga, hospederos y el medio donde se encuentra. Uno de los aspectos fundamentales del MIP es lograr una combinación armónica de los métodos más eficientes de control, con el objetivo de reducir y mantener las poblaciones de las plagas a un nivel bajo el umbral de daño económico. Estos umbrales permiten decidir hasta qué punto el cultivo puede soportar una determinada plaga sin sufrir daño económico. El hecho de establecer tolerancias de daño, por bajas que sean, permite la presencia de pequeñas poblaciones de la plaga sin mayores efectos sobre la producción agrícola.

Una adecuada implementación de un programa de MIP considera:

- Identificación de las plagas y sus enemigos naturales.
- Monitoreo de las plagas, determinando los niveles de infestación de la plaga, la presencia de enemigos naturales y el efecto de las condiciones ambientales sobre éstas.
- Umbral de daño económico.

- Toma de decisión de manejo, en relación a los datos obtenidos desde el monitoreo.
- Herramientas de manejo: control natural, cultural, físico, biológico, químico, entre otros.

4.2. Antecedentes para implementar el MIP en el cultivo del tomate al aire libre

4.2.1. Mosquita blanca de los invernaderos. *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)

Plaga originaria de América. Se encuentra presente en Chile desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos, incluido Isla de Pascua. Es una especie polífaga. Se encuentra asociada a cultivos, tales como tomate, ají, pimentón, pepino de ensalada, sandía, melón, zapallo italiano, frejol, tabaco, alfalfa, trébol, kiwi, nogal, palto, ciruelo, vid, guayabo y eucaliptus, así como en alrededor de 27 malezas, como el falso té, malva, correhuela, rábano y diente de león.

La mosquita blanca de los invernaderos presenta 4 estados de desarrollo: huevo, ninfa, pseudopupa y adulto. Tiene una metamorfosis incompleta y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciéndose a medida que las temperaturas aumentan en la temporada.

Todos los estados de desarrollo se ubican en el envés de las hojas. Los ataques se inician en los brotes recién formados, en donde las hembras depositan los huevos. Durante su vida, una hembra puede poner entre 150 y 350 huevos. Los adultos son de color amarillo recubiertos con una cera blanca, miden entre 1,5 a 3 mm de largo, siendo los machos un poco más pequeños que las hembras. Los huevos son de forma oval y alargada, de color blanco amarillento cuando están recién ovipuestos, tornándose a un color gris-negruzco antes de la eclosión. Las ninfas son ovaladas y aplastadas, siendo el primer estadio ninfal el único móvil. Inicialmente son de color transparente opaco, tornando a verde claro, amarillo o marrón claro. Las pseudopupas son ovaladas, de color blanco opaco con los ojos rojos.



Figura 4.1. Adulto de *T. vaporariorum*.



Figura 4.2. Huevos de *T. Vaporariorum*.





Figura 4.3. Ninfas de *T. Vaporariorum*.



Figura 4.4. Pupas de *T. Vaporariorum*.

El daño directo es provocado por la succión de la savia, debilitando las plantas en caso de ataques severos. El daño indirecto es debido a la abundante mielecilla que la plaga produce, lo que favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos.



Figura 4.5. *T. Vaporariorum* en el envés de las hojas.



Figura 4.6. Fumagina en hojas de tomate.



Figura 4.7. Fumagina en frutos de tomate.

Entre los principales enemigos naturales se encuentran los depredadores como *Tupiocori* ssp., *Chrysoperla* spp. y los parasitoides de ninfas como *Encarsia formosa*, *E. haitiensis*, *E. luteola*, *E. lycopersici*, *E. porteri* y *Eretmocerus corni*.

El **monitoreo** de esta plaga se debe hacer durante el desarrollo de todo su ciclo, tomando muestras al azar (60 plantas/hectárea), recorriendo el campo en forma de X.

Se debe registrar la presencia de huevos, ninfas y adultos.

4.2.1.1. Control físico

Trampas amarillas sólo a inicios del cultivo para detectar adultos.

4.2.1.2. Control cultural

- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y después de la cosecha.

- Inspección de las plantas provenientes de la o las plantineras y aquellas que vengan infestadas.

4.2.1.3. Control biológico

- Uso del depredador *Chrysoperla* spp. Este depredador debe ser liberado al observarse los primeros ejemplares, y concentrado en los focos presentes en la plantación.
- Uso del parasitoide *Encarsia formosa*. Este parasitoide debe ser liberado temprano, al ser detectados los primeros huevos cercanos a eclosión (negros).

4.2.1.4. Control químico

- Aplicación de plaguicidas (ver Cuadro 4.1).



Figura 4.8. Trampa física-amarilla.



Figura 4.9. Liberación de crisopas.

4.2.2. Polilla del tomate. *Tuta absoluta* (Meyrick)

Esta plaga es originaria de Sudamérica. Se encuentra presente en Chile desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos. Corresponde a una plaga primaria, presente en todas las temporadas del cultivo. Dentro de sus principales hospederos están el tomate, berenjena, tabaco y papa; y malezas, como el tomatillo, chamico y palqui.

T. absoluta presenta cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. Tiene una metamorfosis completa y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciendo la duración a medida que las temperaturas aumentan en la temporada.

Los adultos son pequeñas polillas de color pardo grisáceo que miden alrededor de 1 cm con las alas expandidas, presentan antenas largas y delgadas, que

pueden estar extendidas sobre el cuerpo. Durante su vida, una hembra puede colocar entre 40 a 50 huevos, dispuestos preferentemente en los brotes recién formados, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Ocasionalmente, pueden ser ovipuestos en los sépalos, desde donde las larvas nacidas pueden llegar a los frutos. Los huevos son de forma cilíndrica, de color blanco cremoso recién ovipuestos. Cambian a amarillo-anaranjado en pleno desarrollo, llegando a color plomizo antes de la eclosión. Las larvas penetran en el interior de las hojas, alimentándose hasta que mudan, momento en el cual pueden pasar a otra hoja o fruto. Las larvas al nacer son de color blanco y sobre ellas se puede reconocer su cabeza oscura. Luego, son de color verde con una línea rosada en el dorso y alcanzan hasta 8 mm de largo. Las pupas se encuentran en capullos blancos ubicados preferentemente en el suelo. Son de color verde cuando está recién formadas, tornándose café oscuro.



Figura 4.10. Larva de *T. absoluta*.



Figura 4.11. Pupa de *T. absoluta*.

El daño es provocado por las larvas. Éstas se alimentan del tejido interno de las hojas formando galerías transparentes. En los frutos, la larva genera perforaciones y galerías internas. Si los ataques son en frutos recién cuajados, suelen deformarlos. Ambos daños afectan el valor comercial del fruto.



Figura 4.12. Galería en hojas.



Figura 4.13. Perforación en frutos.



Figura 4.14. Daño en ápice.

Entre los principales enemigos naturales están los parasitoides de huevos *Trichogramma nerudai*, *T. pretiosum*, *Trichogramma toideabractae*, y los parasitoides de larvas *Apanteles gelechiidivoris* y *Dineulophus phthorimaeae*.

El **monitoreo** de esta plaga se debe realizar a lo largo de todo el cultivo, muestreando al azar entre 60 a 100 plantas/hectárea, recorriendo el campo en forma de X y revisando ovipostura en hojas apicales, presencia de larvas y daño de galerías en hojas.

4.2.2.1. Control biológico

Uso de parasitoides del género *Trichogramma*, los cuales oviponen en el interior de los huevos de *T. absoluta* y otros lepidópteros.

La dosis recomendada es 100 pulgadas de *Trichogrammas*/ha. Las liberaciones de este controlador se deben realizar cuando se observan los primeros huevos de *T. absoluta* en las hojas. La liberación se debe relacionar con la densidad y distribución de la plaga, colocando una mayor densidad en los focos detectados.

4.2.2.2. Control químico

- Instalación de trampas de feromonas desde el trasplante, inicialmente a una altura de 0,4 m para elevarlas a 1,2 m, orientadas de acuerdo a los vientos predominantes. La distancia mínima entre trampas debe ser de 30 m. Se deben revisar semanalmente de manera de determinar las capturas diarias.
- Aplicaciones foliares con capturas de 70 machos/día y 0% de daño; capturas de 50 machos/día con 6% de plantas con huevos y/o larvas; capturas 25 machos/día y 10% de plantas con huevos y/o larvas.
- Uso de insecticidas biológicos, como es la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse, muriendo a los 2 a 4 días por septicemia. Como no tiene efecto translaminar se debe aplicar al observar los primeros huevos en las hojas y repetirse a los 7 días.
- Uso de insecticidas convencionales (ver Cuadro 4.1).

4.2.2.3. Manejo cultural

- Inspección de las plantas provenientes de la plantinera, de manera de eliminar las que vengán infestadas antes del trasplante.

- Deshoje y retiro de hojas con larvas y/o daño.
- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y de la cosecha.

4.2.3. Mosca minadora de las chacras. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)

Esta plaga es originaria de Centro y Sudamérica. Se encuentra en Chile desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Aysén, incluidos Isla de Pascua y Juan Fernández. Es una especie polífaga, que ataca diversas hortalizas y plantas ornamentales, tanto al aire libre como invernadero, tales como tomate, papa, acelga, arveja, lechuga, alfalfa, trébol, clavel y lisianthus, y malezas como chamico, palqui y tomatillo.



Figura 4.15. Larva de mosca minadora.

Este insecto presenta los estados de: huevo, larva, pupa y adulto. Su rango óptimo de temperatura para su desarrollo es entre los 20°C y 27°C. Los adultos son de color negro con manchas de color amarillo en cabeza y tórax, miden en promedio 2,2 mm, siendo las hembras de un tamaño mayor a los machos. Durante su vida, una hembra puede poner hasta 80 huevos, dispuestos preferentemente en el haz de la hoja. Los huevos son pequeños, levemente arriñonados y de color blanco, miden en promedio 0,28 mm de largo por 0,15 mm de ancho. Las larvas no presentan patas y su extremo anterior es aguzado, no diferenciándose claramente una cabeza. Son de color blanco cremoso, de 3 mm de largo. Penetran

en las hojas, alimentándose del tejido interno, formando galerías. Las pupas son cilíndricas y segmentadas. Su coloración varía de café-amarillo a café oscuro. Se pueden encontrar sobre las hojas o en el suelo.



Figura 4.16. Pupa de mosca minadora.

El daño ocurre en las hojas, cuando los adultos perforan las hojas tanto para alimentarse como para depositar los huevos, lo que se evidencia como una serie de puntos blancos. Las larvas producen galerías angostas al interior de la hoja, las que aumentan de tamaño a medida que la larva crece. Se reduce la capacidad fotosintética de la planta, y con ataques severos la hoja muere prematuramente.



Figura 4.17. Galerías de larva minadora.



Figura 4.18. Micro perforaciones por oviposición.

Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas, como *Diglyphus begini*, *Chrysochari ssp.*, *Opius chilensis*, *Didimotropis cercius*, *Euparacrias phytomizae* y *Lamprotatus tubero*, y parasitoides de pupas como *Ganaspidium sp.*

El **monitoreo** se puede realizar con trampas amarillas con pegamento, en donde se observa a los adultos. Siendo las picaduras o puntos de alimentación el primer indicio del inicio de la infestación.

4.2.3.1. Manejo cultural

- Inspección de las plantas provenientes de la plantinera, de manera de eliminar las infestadas antes del trasplante.
- Deshoje y retiro de hojas con larvas y/o daño.
- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y de la cosecha.

4.2.3.2. Control químico

Aplicación de plaguicidas según Cuadro 4.1.

4.2.4. Gusanos cortadores

En este grupo de insectos-plagas encontramos las especies: *Heliothis zea* (Boddie); *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel); *Pseudoleucania bilitura* (Guenée); *Agrotis lutescens* (Blanchard); *Copitarsia turbata* (Herrich-Schäffer); *Trichoplusia ni* (Hübner).

Todos corresponden a especies de lepidópteros. Son plagas ocasionales y estacionales, observándose principalmente en primavera-verano.



Figura 4.19. Larvas alimentándose de fruto.



Figura 4.20. Daño en fruto.

El daño es causado por sus larvas que se alimentan de las hojas y frutos verdes. En estado de plántulas, cortan a nivel de cuello, lo que provoca la pérdida de plantas.

Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas como los himenópteros del género *Apanteles* y dípteros de la familia *Tachinidae*, y parasitoides de huevos del género *Trichogramma*.

El **monitoreo** de los adultos se puede hacer con trampas de luz, en las que caen más machos que hembras, ya que éstas últimas vuelan por lo general a ras de suelo.

4.2.4.1. Control cultural

- Preparación del suelo mediante rastrajes, para exponer a las pupas invernales que se encuentran enterradas en el suelo a la deshidratación y a los pájaros.
- Eliminación de malezas aledañas, ya que son reservorio de las pupas invernales.

4.2.4.2. Control químico

- Aplicaciones foliares: con 2% de frutos dañados del primer racimo y cuatro larvas capturadas en 100 plantas se debe iniciar el control con algún plaguicida al cuello de la planta.
- Uso de insecticidas biológicos, como la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse y muere a los 2 - 4 días por septicemia.

4.2.4.3. Control biológico

Los enemigos naturales ejercen su acción sobre huevos y larvas, destacándose las especies de dípteros de la familia *Tachinidae*, de los géneros *Actinoplagia*, *Archytas*, *Gonia*, *Incampa* y *Peleteria*. También sobresalen micro himenópteros de las familias *Braconidae*, *Ichneumonidae* y *Trichogrammatidae*, este último parasitoide de huevos. Como depredador de huevo en condiciones de campo en la zona central se destaca el chinche de la familia *Anthicoridae*, *Orius insidiosus* (Say).

Cuadro 4.1. Fechas de monitoreo en tomate al aire libre.

Plaga	Estructura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mosquita blanca	Hojas												
	Fruto												
Polilla del tomate	Hojas												
	Fruto												
Mosca minadora	Hojas												
Gusanos cortadores	Planta												
	Frutos												

Bibliografía consultada

Estay, P. 2000. Polilla del tomate. Informativo INIA N° 9, La Platina. Enero 2000, Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf>. Consultado en junio 2016.

Estay, P. y Bruna, A. 2002. Insectos, ácaros y enfermedades asociadas al tomate en Chile. Centro Regional de Investigación La Platina. Colección Libros INIA N° 7. ISSN: 0717-4713. Santiago, Chile 2002. 111 p.

Estay, P. 2007. Control biológico de plagas claves en tomate: mosquita blanca de los invernaderos. Revista Tierra Adentro, septiembre-octubre 2007. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34459.pdf>.

Estay, P. 2007. Control biológico de plagas claves en tomate: polilla del tomate. Revista Tierra Adentro, septiembre-octubre 2007. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34460.pdf>

Larraín, P. 2001. Polilla del tomate y su manejo. Informativo INIA N° 1, Intihuasi. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR27899.pdf>. Consultado en junio 2016.

Larraín, P. 2001. Mosca minadora de las chacras. Revista Tierra Adentro N° 38. Mayo-junio 2001. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR26940.pdf>. Consultado en junio 2016.

- Larraín, P. 2002. Mosca minadora de las chacras y su manejo. Informativo INIA N° 3, Intihuasi. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR29097.pdf>. Consultado en junio 2016.
- Rojas, S. 2005. Control biológico de plagas en Chile, historia y avances. Centro Regional de Investigación La Cruz. Colección de libros INIA N° 12. ISSN: 0717-4713. Santiago, Chile 2005. 115 p.
- Vargas R., A. Alvear y N. Olivares 2003. Guía de campo Plagas en tomate, clavel y palto. Centro de Investigación La Cruz. Boletín INIA N° 105. ISSN 0717-4829. Santiago, Chile 2003. 67 p.

CAPÍTULO 5.

MANEJO DEL RIEGO EN TOMATE

Alejandro Antúnez B.

Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Platina

Sofía Felmer E.

Ing. Agrónomo
INIA Rayentué

5.1. Introducción

El adecuado manejo del agua de riego tiene gran relevancia en la horticultura nacional, determinando la producción y calidad que define el retorno por ventas al productor. En relación al riego, se deben considerar al menos factores como la disponibilidad de agua, la especie y variedad, la densidad de plantación, la calidad química y biológica del agua, los períodos fenológicos críticos de la especie y el instrumental que ayude a la programación y control del riego. Este capítulo, busca orientar al productor de tomate en las interrogantes básicas que determinarán el manejo y programación del riego en esta especie, para lograr adecuados niveles de producción y calidad.

En términos generales, el cultivo de tomate requiere suficiente agua para reponer la humedad perdida por evapotranspiración (ET). El riego también servirá para enfriar el cultivo por medio de la transpiración, especialmente en días muy calurosos, además de permitir la lixiviación de sales que se acumulan en la zona de raíces. Como se revisará en este capítulo, la cantidad de agua que requiere el tomate dependerá de las condiciones meteorológicas durante el ciclo de cultivo, de las propiedades físicas de retención de agua en el suelo y de las prácticas de riego.

5.2. Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua determinará la superficie a establecer con tomates. En el diseño de riego en Chile, en general, se proyectan sistemas que cuenten con una adecuada seguridad de riego. Para ello, se desarrolla un ejercicio estadístico que permite determinar el “caudal disponible con 85% de probabilidad de excedencia” (Q85%). En términos sencillos, este valor representa el volumen de agua por unidad de tiempo que posee el predio en al menos 85 años en una serie de 100.

Una adecuada determinación de la disponibilidad de agua, suscitará en gran parte el éxito de la producción de tomates.

Como en todas las hortalizas, la escasez de agua de riego afectará fuertemente el rendimiento y calidad del cultivo. En años de escasez de agua se recomienda ajustar la superficie regada a la disponibilidad real de agua. En términos generales, la disponibilidad de agua necesaria para cultivar una hectárea de hortalizas en rotación (considerando especies de diferente requerimiento hídrico) equivale a aproximadamente 1 L/s. Es decir, un productor que tenga un pozo noria de caudal 3 L/s, puede cultivar y regar adecuadamente una superficie de 3 hectáreas de hortalizas regadas por goteo. Este requerimiento tenderá a aumentar en zonas en que se requiera regar en exceso para lixiviar sales y a disminuir en zonas donde esta práctica no sea necesaria por la ocurrencia de lluvias invernales.

5.3. Tipos de fuentes de agua

Las fuentes de agua de un predio pueden ser del tipo superficial o subterráneo. Fuentes superficiales son las derivadas de embalses, tranques, esteros, ríos o derrames, cuyos derechos de aprovechamiento están efectivamente inscritos y se encuentran disponibles en el predio, por medio de obras de conducción abiertas (canales con o sin revestimiento) o cerradas (tuberías). Fuente de agua profunda o sub-superficial corresponden a caudales extraídos mediante una captación subterránea de menos de 20 metros de profundidad, en cuyo caso se denomina noria o pozo somero y de más de 20 metros de profundidad son denominados pozos profundos.

Para determinar el caudal disponible de un pozo o noria, se realiza una prueba de bombeo. Esta prueba estima el caudal máximo que puede entregar el pozo, sin sufrir agotamiento. Esta prueba de bombeo determina un caudal que se utiliza como respaldo técnico para solicitar a la Dirección de Aguas, la autorización para utilizar el agua a extraer desde el acuífero. En este caso, el valor inscrito y demostrado por medio de una prueba de bombeo y que efectivamente entrega la bomba instalada en el pozo, es el que se considera disponible para el riego del predio (Q85%).

Cuando se cuenta con derechos de agua superficiales (derivados de canales), conviene realizar un análisis estadístico que contenga caudales del río o del canal matriz, con una serie de datos de al menos 15 años consecutivos. Esta serie se ordena de menor a mayor y se calcula el caudal que tiene la probabilidad de 85% de ocurrencia, descontando de este valor, las pérdidas por conducción que

ocurren frecuentemente en los canales (entre bocatoma y predio) y ponderando por el número de acciones del predio en relación al canal matriz. Así se obtiene el caudal disponible para el riego del predio (Q85%).

Es importante destacar que el Q85% representa un caudal continuo expresado en litros por segundo (L/s). Motivos prácticos relacionados con la seguridad de funcionamiento de los equipos y las jornadas de trabajo de los operarios, hacen que en la práctica se proyecte la explotación del recurso por un máximo de 18 horas en vez de 24 horas continuas. La dificultad práctica de utilizar el agua durante la noche, puede compensarse mediante la construcción de tranques o acumuladores nocturnos de agua. Estos embalses almacenan agua durante las horas en que no se está haciendo uso del recurso, permitiendo aumentar el caudal disponible cuando efectivamente se realiza la labor del riego.

5.4. Calidad química y biológica del agua de riego

Los aspectos de calidad del agua de riego se relacionan con la conservación del recurso suelo y la mantención del equipo de riego en óptimas condiciones. También, la calidad química y biológica del agua cobra especial relevancia, de manera de responder a mercados internacionales cada vez más exigentes, sometidos a regulaciones de trazabilidad en la cadena productiva.

En el agua de riego, pueden estar disueltas una serie de cationes (calcio, Ca^{2+} ; sodio, Na^+ , magnesio, Mg^{2+} , potasio, K^+) y aniones (cloruro, Cl^- ; sulfato, SO_4^{2-} ; carbonato, CO_3H^- ; bicarbonato, CO_3^{2-}) que se van acumulando en el perfil de suelo. El uso regular de aguas salinas contribuye a aumentar la salinización del suelo y la consiguiente disminución de la productividad del cultivo. La salinización del suelo determina el incremento del potencial osmótico del mismo, con lo cual se dificulta la capacidad de absorción de agua por parte de las raíces del árbol. Por otro lado, salinidad con alto contenido de sodio y bajo en calcio, induce problemas de estructuración del suelo, que reduce la infiltración de agua en el suelo y puede llegar a causar obstrucción en equipos de riego localizado.

La evaluación de la calidad del agua se hace por medio de un análisis químico, físico y biológico, a partir de una muestra de agua de riego. Los principales parámetros que definen el riesgo del uso de un determinado tipo de agua son el contenido salino (C) expresado en g/L y la conductividad eléctrica (CE) en dS/m ($C = 0,64 \times CE$). A partir de estos parámetros se evalúa el riesgo de salinización de un suelo regado, siguiendo las recomendaciones de FAO (Ayers y colaboradores, 1987) incluidas en el Cuadro 5.1.

En general, con contenidos mayores a 2 g/L o con conductividad eléctrica mayor a 3 dS/m, los problemas de salinidad pueden ser muy graves. En este caso, deben implementarse medidas de manejo tales como lavado frecuente de sales.

Cuadro 5.1. Niveles de riesgo de salinización a partir del contenido salino y la conductividad eléctrica del agua de riego (Ayers y colaboradores, 1976).

Contenido salino (g/L)	Conductividad eléctrica (dS/m)	Riesgo
< 0,45	< 0,7	Ninguno
0,45 < C < 2,0	0,7 < CE < 3,0	Ligero a moderado
> 2,0	> 3,0	Alto, severo

De acuerdo a Maas y Hoffman (1977), la máxima salinidad del suelo que tolera el cultivo del tomate es de 2,5 dS/m, con una reducción de cerca del 10% en la producción por cada unidad de incremento de la salinidad por encima de ese límite. También se ha visto que las plantas de tomate que crecen en un medio salino, con más de 4,7 dS/m, sufren alteraciones en su metabolismo y lo reflejan produciendo un sistema radical menor, hojas adultas abarquilladas y hojas jóvenes de color verde más intenso y enrolladas sobre sí mismas, racimos con menor número de flores y frutos de menor tamaño (Nuez, 2001). En estos casos, se necesitará aplicar una fracción de agua adicional a los requerimientos de evapotranspiración (fracción de lixiviación) que puede ascender a 30% o más de la demanda evapotranspirativa.

Por otra parte, a pesar del filtrado riguroso a que se somete el agua de riego en sistemas presurizados, siempre persisten sólidos en suspensión, sustancias disueltas o microorganismos contenidos en el agua de riego que escapan a esta barrera. De esta forma, el material en suspensión puede provocar obstrucciones en los emisores de riego localizado. Estos materiales pueden clasificarse de acuerdo al riesgo de obstrucción, en función de su concentración en el agua de riego, como lo muestra el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Riesgo de obstrucción de emisores de riego, de acuerdo a las características físico-químicas del agua de riego (Ayers y colaboradores, 1987).

Elemento	Ninguno	Moderado	Grave
Sólidos en suspensión (mg/L)	< 50	50 - 100	> 100
Sólidos solubles (mg/L)	< 500	500 - 2.000	> 2.000
Manganeso (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Hierro (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ácido sulfhídrico (mg/L)	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
pH	< 7,0	7,0 - 8,0	> 2,0

Además del criterio físico-químico, la calidad microbiológica del agua es de gran importancia tanto para el mercado nacional como internacional. La Norma Chilena (NCh 1333) clasifica como apta para riego, al agua con concentraciones menores a 1.000 coliformes totales por 100 ml, destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo (Nissen y colaboradores, 2000). Este criterio se ajusta al de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aunque difiere de la legislación de países desarrollados. Por ejemplo, la norma japonesa considera agua apta para riego al agua con concentraciones menores a 50 coliformes totales por 100 ml de agua, en tanto la del Estado de California debe contener menos de 2,2 coliformes totales por 100 ml para el riego de cultivos.

5.5. Demanda de agua en el cultivo del tomate

Básicamente, la cantidad de agua que necesita un cultivo de tomates dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, de la cantidad de precipitación y de la tasa de evapotranspiración del huerto.

En cuanto a la capacidad de retención del suelo, para evaluar la cantidad de agua aprovechable para las plantas, interesa conocer la fracción de agua que está entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

Capacidad de campo es el contenido de agua que queda retenida en el suelo luego de que éste se ha regado y dejado drenar libremente por un lapso de 24 a 48 horas y se mide en laboratorio sometiendo la muestra de suelo saturada a una succión de 1/3 de atmósfera.

El punto de marchitez permanente representa el límite inferior del agua retenida por el suelo disponible para la planta y se mide en laboratorio sometiendo la muestra de suelo saturada a una succión de 15 atmósferas. De esta forma, descontando el valor de PMP del valor de CC del suelo, es posible calcular la cantidad de agua que retiene un suelo, la que multiplicada por la densidad aparente del suelo (Da) y la profundidad de suelo (Prof), permite determinar la humedad aprovechable del suelo $[HA = (CC - PMP) \times Da \times Prof]$.

En general, los suelos agrícolas que menos agua retienen son los del tipo arenoso, que pueden almacenar del orden de 40 mm de agua en un metro de profundidad de suelo. Un suelo que tenga poca retención de humedad, requerirá riegos frecuentes, con láminas de agua relativamente menores a reponer (tiempos de riego cortos). Por otro lado, suelos arcillosos finos pueden almacenar hasta 200 mm de agua en un metro de suelo, permitiendo riegos de menor frecuencia, pero con mayor carga de agua (tiempos de riego largos).

En términos fisiológicos, a medida que el suelo se deseca, el agua remanente no está igualmente disponible para la planta. La mayor disponibilidad de agua ocurre cuando el suelo está a capacidad de campo, disminuyendo gradualmente a medida que el suelo pierde humedad.

El tomate es extremadamente sensible al estrés hídrico. Independiente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verá afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del número y tamaño de frutos, aunque con un aumento en los sólidos solubles del fruto, se registrará una reducción notoria en la calidad del producto que dificultará su comercialización.

Se ha demostrado que en presencia de virus, el estrés hídrico puede agravar la condición del cultivo. En riego por surcos, para evitar el detrimento fisiológico de las plantas de tomate por falta de agua fácilmente disponible, el riego se efectúa cuando se ha agotado cerca del 30% del agua aprovechable. En riego localizado en cambio, se recomienda el uso de riego frecuente (agotamiento del 10 a 20% del agua aprovechable en el suelo), evitando la saturación del suelo que puede gatillar el ataque de patógenos que afecten al cuello de la planta.

La evapotranspiración del cultivo (ET) estará determinada por factores propios del clima de la zona y por aspectos específicos relacionados con la variedad, período fenológico, densidad de plantación y manejo del cultivo. Para el diseño de un sistema de riego, se debe conocer la evapotranspiración del cultivo de referencia de la zona (ET_0). Al respecto, existen publicaciones nacionales que entregan valores medios mensuales de ET_0 para las principales localidades del país. Debe tenerse especial precaución para que el sistema satisfaga los requerimientos de ET_c de los meses de máxima demanda del cultivo.

A nivel de campo, y con el fin de registrar la ET_0 de un determinado sitio, se recurre usualmente a dos tipos de medición: mediante el cómputo diario de ET_0 a partir de registros meteorológicos, o a partir de la evaporación de bandeja. Cuando se decide implementar una estación meteorológica para el cómputo de la ET_0 , se requiere registrar radiación solar, temperatura, presión de vapor o humedad relativa y velocidad del viento (Figura 5.1). Estos datos se integran generalmente en la ecuación FAO 56 Penman-Monteith. En Chile, existe una amplia red de estaciones meteorológicas que pueden revisarse en el sitio www.agromet.cl.



Figura 5.1. Estación meteorológica.

Si se dispone de un evaporímetro de bandeja Clase A, es necesario adaptar los registros de evaporación del sitio en que está emplazado el instrumento, multiplicando la altura de agua diaria de evaporación de bandeja (EB) por un coeficiente de bandeja (K_b). En general, este coeficiente fluctúa entre 0,6 y 0,9, siendo 0,7 el valor más usado en Chile, que corresponde a una situación de emplazamiento de la bandeja rodeada de césped regado (Figura 5.2).

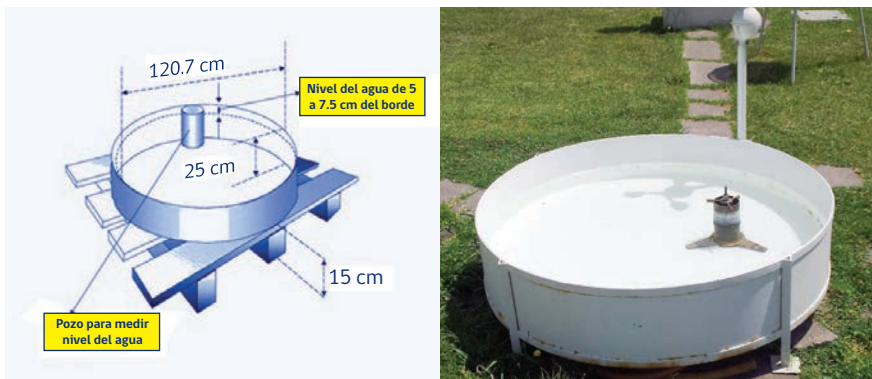


Figura 5.2. Evaporímetro de bandeja Clase A.

5.5.1. Coeficientes de cultivo

Para determinar la demanda del cultivo (ET_c), es necesario multiplicar el término ET_o por el valor del coeficiente de cultivo (K_c) para el tipo, variedad y densidad de plantación del tomate. Existen varias fuentes que reportan coeficientes de cultivo, aunque el propio productor puede validar y ajustar sus propios K_c de acuerdo a su experiencia y manejo específico.

El coeficiente de cultivo FAO para tomates es 0,7 para la etapa inicial; 1,15 para la etapa media y 0,70 a 0,90 para la final (Allen y colaboradores, 1998).

En el Cuadro 5.3, se presenta un resumen de la duración de las etapas fenológicas publicadas en FAO 56, para tomate (Allen y colaboradores, 1998), con diferente propósito, en dos áreas agroecológicas. Cabe destacar que la duración de estas etapas puede reducirse o extenderse dependiendo de múltiples factores, entre los que destacan las prácticas de poda, el uso de variedades indeterminadas y el uso de portainjertos.

Cuadro 5.3. Duración de la etapa fenológica para tomate (Allen y colaboradores, 1998).

Zona	Inicial	Desarrollo	Media	Final	Total
Tipo Mediterránea	35 días	40 días	50 días	30 días	155 días
Tipo Árida	25 días	40 días	60 días	30 días	155 días

En términos generales, para optimizar el manejo del riego en tomates, es conveniente realizar una programación preliminar basada en la mejor estimación que se tenga disponible de la ET_c , obtenida de la EB o ET_o , calculada a partir de un evaporímetro de bandeja o de una estación meteorológica y de un K_c adecuado a las condiciones agronómicas con que se maneja el cultivo. Una vez aplicado cierto criterio de riego, es conveniente apoyar la programación del riego en terreno con algún método o instrumental para decidir la aplicación, duración y frecuencia de riego.

Las necesidades netas (NN) de riego estimadas para la zona central fluctúan en general entre 1.500 y 6.000 m^3/ha , dependiendo de la zona, la variedad, del uso de cubiertas plásticas, del uso de mallas antiáfidos y la pluviometría del año de cultivo, entre otras.

A partir de las necesidades netas de un cultivo, es posible determinar las necesidades brutas de riego, al considerar la eficiencia del sistema de riego ($NB = NN / \text{eficiencia de riego}$). Por ejemplo, considerando una necesidad neta de 4.500 m^3/ha , si se riega por goteo (eficiencia del 90%) se requerirán 5.000 m^3/ha de agua de riego. En la misma zona de cultivo y variedad, regando por surcos se requerirán 10.000 m^3/ha (eficiencia del 45%).

Debe tenerse en cuenta que el cultivo de tomate bajo plástico, malla antiáfido o invernadero, ha demostrado tener requerimientos hídricos del orden de 1/3 a los que tendría el mismo cultivo al aire libre. De esta forma, la estimación de requerimientos hídricos por medio de estos coeficientes pierde importancia y debe colocarse el énfasis en el monitoreo del agua en el suelo para ajustar la programación de riego.

Está demostrado que la tecnificación del riego mejora la eficiencia del uso del agua en forma considerable. Tradicionalmente, el tomate se regaba por surcos, con una eficiencia de riego estimada en 45%. Sin embargo, evaluaciones de campo indican que este nivel de eficiencia difícilmente se alcanza en riego por surcos y que en la práctica este valor fluctúa entre 25% y 35%. En la actualidad, el riego por surcos está totalmente desaconsejado para el cultivo bajo plástico o bajo malla antiáfido, ya que genera condiciones de alta humedad relativa que gatilla enfermedades en las plantas. De esta forma, se reserva el uso del riego por surcos para el cultivo de tomate al aire libre, exclusivamente.

5.6. Tecnificación del riego en el cultivo del tomate

Para mejorar la eficiencia de riego en surcos, el principal cuidado será el control del tiempo de aplicación de agua de riego, asegurando que el agua llegue a la profundidad de raíces de las plantas de tomate (puede alcanzar hasta 1 metro de profundidad) a lo largo de todo el surco de riego.

En la práctica, un riego por surcos eficiente debe diseñarse antes de la siembra o trasplante, de manera de ajustarse al largo de surcos recomendado, lo que depende de la velocidad de infiltración de agua en el suelo, que se relaciona estrechamente con la textura de suelo. En general, en tomates se recomienda el uso de surcos cortos (60 a 80 metros) en suelos arenosos; y surcos relativamente largos (120 a 150 metros) en suelos arcillosos. En este cultivo es importante no sobre saturar las mesas o surcos de riego, ya que el exceso de agua favorecerá el desarrollo de pudriciones en el cuello de la planta. Cuando la salinidad sea un problema, el trasplante del tomate en el medio del camellón (evitando la parte más alta), permitirá que las sales afecten en menor grado al cultivo. También se ha probado que el riego de surcos alternadamente, favorece el desplazamiento de sales evitando afectar al cultivo.

En Chile, uno de los principales problemas detectados en riego por surcos es la falta de acondicionamiento mínimo del terreno para el riego superficial, que incluya el emparejamiento del suelo. En general, movimientos de tierra de hasta 300 m³/ha son considerados viables económicamente, con el fin de dejar el suelo

con una pendiente uniforme que facilite la conducción de agua por las regueras y el escurrimiento del agua a lo largo del surco de riego. Una tecnificación del riego más avanzada en riego superficial, es el reemplazo de acequias de cabecera por un sistema de mangas o tuberías a baja presión. A este sistema, puede acoplarse un sistema de control de pulsos de riego que podría permitir aumentar la eficiencia de riego hasta 65% (Figura 5.3). Se ha visto que, con riego por surcos, el agrietamiento en suelos arcillosos puede causar problemas por *Phytophthora*, ya que el agua tiende a moverse por las grietas saturando el camellón donde está la planta. Para reducir este problema, se recomienda el riego frecuente en este tipo de suelos cada 4 a 5 días, con tiempos cortos que impidan el agrietamiento del suelo.



Figura 5.3. Riego por pulsos en cultivos hilerados.

En las últimas décadas, el cultivo de tomates bajo plástico o malla antiáfido e incluso al aire libre, incluye el riego por goteo, con eficiencias potenciales del orden de 90%. Esta tecnología permite al agricultor prácticamente doblar la superficie que cultivaba antes por surcos. Además, mediante el riego localizado, el productor puede controlar de forma eficiente la cantidad de agua aplicada, pudiendo implementar sistemas de inyección de fertilizantes e incluso pesticidas disueltos en la línea de riego. Por otro lado, la incidencia de malezas y el control de plagas y enfermedades se ve favorecido al poder controlar el agua aplicada o dirigirla hacia la zona de raíces.

5.7. Monitoreo y control del riego

Generalmente, la programación del riego se basa en la medición directa o en cálculos de balance de agua en el suelo. En estos últimos se efectúa un balance en el que el cambio en contenido de agua en el suelo en un determinado

tiempo, está dado por la diferencia de entradas de agua al sistema (riego más precipitación) y las pérdidas (escorrentía superficial, más drenaje, más evapotranspiración). Existe una amplia disponibilidad de instrumentos y equipos que permiten controlar el contenido de agua en el suelo: tensiómetros (Figura 5.4), bloques de yeso (Figura 5.5) y otros basados en capacitancia. Es conveniente recordar que el suelo es heterogéneo y se requerirá de un buen número de sensores para representar en forma adecuada el contenido de agua en el suelo.



Figura 5.4. Tensiómetros.



Figura 5.5. Bloques de yeso y sensores de capacitancia.

Se debe comprobar que el agua, en la labor del riego ha sido capaz de infiltrar adecuadamente en el perfil de suelo, en toda la extensión del surco y a la profundidad en que crecen las raíces. Se pueden plantear diferentes técnicas de monitoreo, siendo la más elemental la exploración del suelo mediante calicatas o barreno (Figura 5.6), verificando por medio del tacto el grado de humedad del

suelo. También se puede emplear el tensiómetro que es un instrumento que mide la fuerza con que está siendo retenida el agua en la matriz del suelo. Este instrumento, cuando marca entre 0 y 5 centibares (cb), indica que el suelo está recién regado y se encuentra cercano a saturación. El suelo requiere riego en el cultivo de tomates, si su lectura está entre 15 y 20 cb en riego por goteo o cuando marca entre 25 y 30 cb en riego por surcos.



Figura 5.6. Monitoreo de humedad de suelo mediante barreno y calicatas.

Técnicas de monitoreo más sofisticadas se basan en la capacitancia del suelo, tales como sondas FDR (Frequency Domain Reflectometry) y TDR (Time Domain Reflectometry). La sonda capacitiva está compuesta de una barra sobre la cual está impreso un circuito eléctrico que conecta sensores. Éstos se pueden montar cada 20 centímetros hasta una profundidad de unos 100 cm en el caso de tomates. Una estación de monitoreo puede constar de una dos o tres sondas, que registran el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades.

Cabe destacar que todos los sensores de agua en el suelo deben instalarse en la zona del bulbo húmedo, cercano al lateral o cinta de riego.

5.8. Períodos fenológicos críticos de riego

Como se revisó anteriormente, el cultivo del tomate es muy sensible tanto al exceso, como al déficit de riego. Sin embargo, pueden definirse algunos períodos críticos, en que la falta de agua determinará fuertes pérdidas en el rendimiento comercial del cultivo.

- Pre-plantación a pre-floración: durante este período, el requerimiento de

evapotranspiración es bajo y consiste fundamentalmente en evaporación directa desde el suelo.

- Floración a cuaja de frutos: el follaje del cultivo se desarrolla rápidamente entre floración y cuaja de frutos, fenómeno que ocurre en paralelo en la mayor parte de las variedades cultivadas. El requerimiento de agua del cultivo es reducido al inicio de esta etapa, pero aumenta para llegar al máximo al final de este período. Debe mantenerse el suelo cercano a capacidad de campo (10 a 15 cb de tensión), en los primeros 50 cm de profundidad de suelo. Para ello, se recomienda regar frecuentemente en riego localizado y cada 4 ó 5 días en riego por surcos, dependiendo de la demanda atmosférica.

Bibliografía consultada

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. La calidad del agua para agricultura (Estudios FAO: riegos y Drenajes nº 29). Roma: Re. FAO. 1987. 174 p.

Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1976. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.

NORMA CHILENA OFICIAL Nº 1.333/78 aprobada por D.S. MOP Nº 867/78 (D.O. 22.05.78).

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

Maas, E.V. & Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance – current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., ASCE 103 (IR2): 115-134.

Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa Libros Gandhi. ISBN: 84-7114- 549-9. México D.F. 797 p.

CAPÍTULO 6. CONDUCCIÓN Y PODA EN TOMATE AL AIRE LIBRE O “EMPARRONADO”

Juan Pablo Martínez C.

Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Cruz

Luis Salinas P.

Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

6.1. Introducción

La conducción y poda del tomate al aire libre se realiza de acuerdo al tipo de hábito de crecimiento de la variedad y al potencial productivo del cultivo. El propósito de este manejo es obtener el mayor rendimiento con fruta de calidad, sin embargo, el nivel productivo es más bajo que en tomate cultivado bajo condiciones de invernadero.

6.2. Hábito de crecimiento

Se diferencian dos tipos de tomates de acuerdo a su hábito de crecimiento: determinados e indeterminados.

6.2.1. Tomates determinados

El hábito de crecimiento determinado se produce cuando en el ápice caulinar detiene el desarrollo del brote por la formación de dos inflorescencias consecutivas (Figura 6.1).

El crecimiento de tomates determinados se lleva a cabo a baja altura, denominándose “tomate botado”. Este tipo de tomate es para fines industriales (salsa, jugos, concentrados, etcétera) y para consumo fresco en algunas variedades (Figura 6.1). El establecimiento del cultivo es por siembra directa o con platinos plantados sobre la hilera. El sistema de riego es por surcos, el cual se va desplazando a medida que crece la planta (Figura 6.2), ya que, se deben mantener secos los frutos y tallos para reducir las pérdidas por pudrición.

A Crecimiento determinado

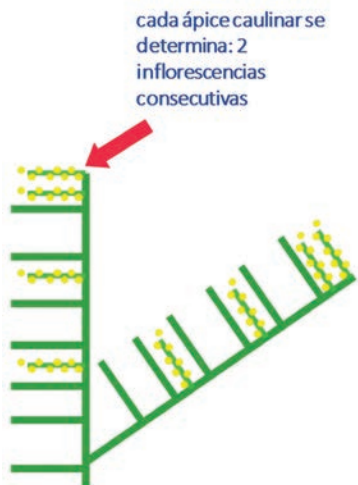


Figura 6.1. (A) Esquema de hábito de crecimiento de planta de tomate determinado o tomate botado. (B) Frutos de tomate botado. (C) Cultivo de tomate botado.

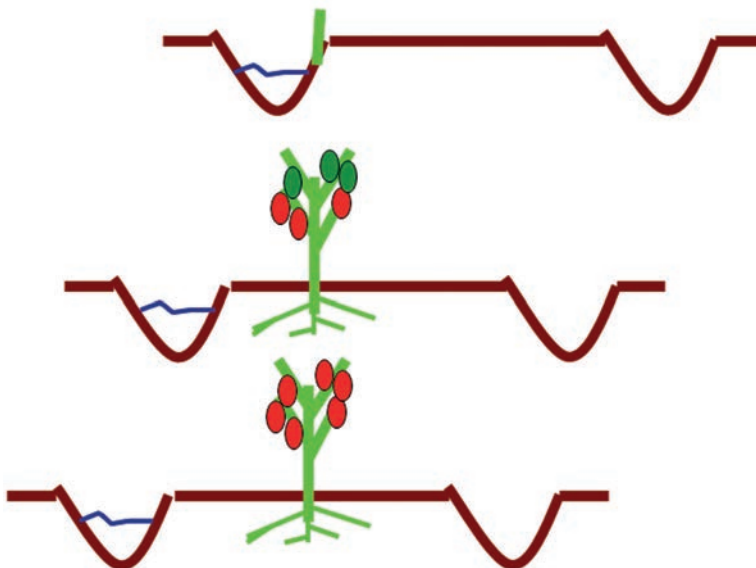


Figura 6.2. Sistema de plantación de tomate determinado en riego por surcos.

6.2.2. Tomates indeterminados

El crecimiento indeterminado se produce cuando el ápice caulinar crece en forma consecutiva ("n" simpodios) (Figura 6.3). El crecimiento es guiado o tutorado, hasta alcanzar una altura que dependerá del nivel productivo del cultivo, deteniendo su crecimiento a través del despunte.

Dentro de este tipo de tomates se encuentra la gran mayoría de variedades utilizadas para consumo fresco. Dado que este tipo de plantas crece de forma indeterminada se debe "colgar" la planta para facilitar su manejo y conducción.

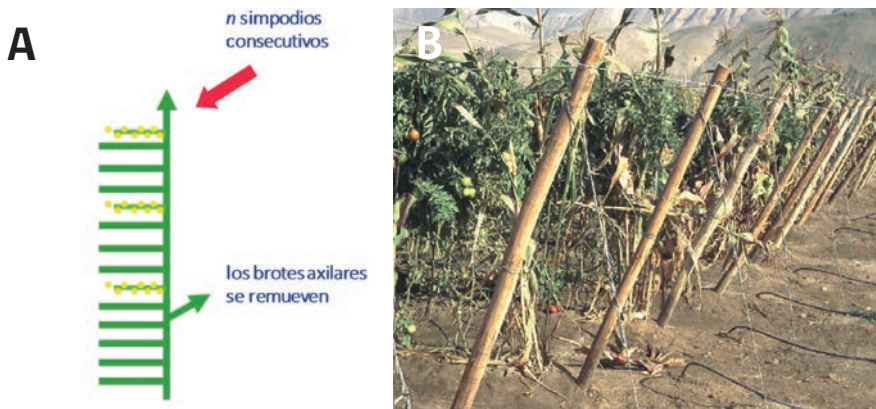


Figura 6.3. (A) Esquema de crecimiento de planta de tomate indeterminado. (B) Plantas de tomate indeterminado cultivadas bajo condiciones de aire libre o emparronado.

6.2.2.1. Conducción

El tomate es una planta herbácea decumbente, es decir, no puede soportar su propio peso, por tanto, en las variedades indeterminadas se hace necesario utilizar un sistema de conducción vertical, que permite mayor exposición de la planta hacia la luz y un mejor aprovechamiento del espacio. Además, facilita la realización de manejos agronómicos y fitosanitarios del cultivo con el propósito de obtener un mayor potencial productivo.

La conducción de la planta se realiza con una cinta garetta anudada desde la base del tallo y enrollada a lo largo de la planta a medida que va creciendo y se amarra a una estructura de alambre aérea que, a la larga, sostiene el peso de las plantas del emparronado.

Una variación en este manejo es la conducción de las plantas en forma de "V", que consiste en orientar una planta a la izquierda y la siguiente a la derecha. Con este sistema se logra una mayor aireación y mejor llegada de luz al cultivo (Figura 6.4).



Figura 6.4. (A) Cultivo aire libre en sistema encoliguado. (B) Conducción en hilera simple a un eje en forma de "V".

6.3. Poda

La poda tiene como fin lograr un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (frutos). A su vez, optimiza el espacio, reduce problemas sanitarios y se obtiene mayor precocidad entre otros beneficios. Los sistemas que se usan son variados, pero en esencia responden a dos criterios: dejar la producción en ramas laterales o en el eje principal.

6.3.1. Poda de formación

Dentro de los manejos de formación que se realiza a la planta de tomates al aire libre destaca la poda, la cual consiste en la eliminación de los brotes laterales que salen desde las axilas de las hojas, dejando sólo el eje principal de la planta.

Se recomienda que las plantas de tomate se manejen a 1 ó 2 ejes, dependiendo del vigor de la variedad, ya sea por la utilización de portainjerto o variedades vigorosas (Figura 6.5). Cabe señalar que, cuando las condiciones climáticas son favorables para el crecimiento de la planta, se produce un aumento considerable de la biomasa aérea, que dificulta el manejo de poda e incrementa la incidencia de plagas y enfermedades.

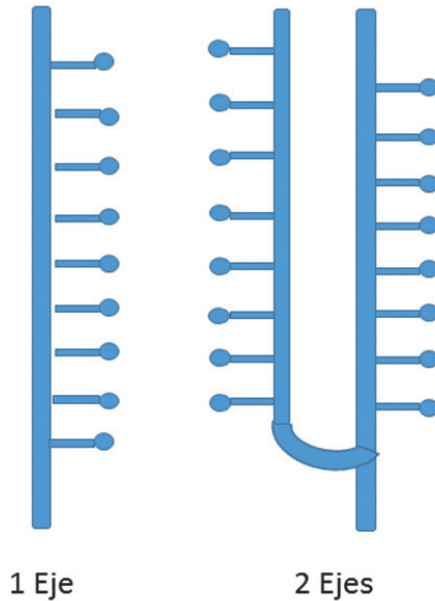


Figura 6.5. Esquemas de sistemas de conducción con uno y dos ejes.

6.3.1.1. Poda a un eje

Este tipo de poda es común en Chile y tiene como propósito obtener una producción más concentrada. En este caso, se deja solamente el eje central eliminando los brotes laterales que salen en la zona de la axila de las hojas (Figura 6.5).

6.3.1.2. Poda a dos o más ejes

En este caso, el eje principal no se poda y se deja crecer un brote que sale por debajo del primer racimo. Éste se guía, se desbrota y se maneja de la misma forma que un eje simple, al igual que el eje principal (Figura 6.5).

Actualmente, el sistema de poda más utilizado es cuando en la plantinera se realiza un pinzado al plantín, definiendo la cantidad de ejes que se requiere en la planta. Cabe señalar que la planta al producir más de 1 eje, provocará competencia entre ellos, lo que conlleva a un leve retraso en la producción. Sin embargo, este retraso no se produce, ya que en estas condiciones la planta es más precoz.

Este manejo es más costoso, ya que requiere mayor cantidad de mano de obra. Al tener mayor producción de biomasa foliar en un período más reducido, es muy importante realizar oportunamente las labores de conducción, poda y deshoje.

6.3.2. Poda de brotes

Este manejo consiste principalmente en la eliminación de brotes axilares o secundarios a lo largo de la planta, con el fin de mantener la arquitectura de la planta, generando un equilibrio entre el volumen de materia vegetal y la cantidad de fruta producida por la planta. Este manejo se realiza periódicamente a lo largo del cultivo y se puede hacer manualmente cuando los brotes son menores a 10 cm. Si los brotes son más grandes, es recomendable la utilización de herramientas como tijeras finas. Se recomienda realizar estas labores a cualquier hora del día donde se observe una baja humedad en el ambiente, de preferencia en la tarde, ya que en este horario existe temperaturas entre 20 y 25°C y, humedad bajo 50%, lo que permite una cicatrización más rápida en la herida del corte del brote y, de esta forma, una disminución del porcentaje de ocurrencia de enfermedades.



Figura 6.6. (A) Planta con brotes axilares. (B) Planta con brote extraído.

6.3.3. Eliminación de hojas

La eliminación de hojas es un manejo que se realiza con el objetivo de mejorar la entrada de luz y la aireación del cultivo, para incrementar la productividad y evitar fuentes de inóculo de plagas y enfermedades, por exceso de follaje y humedad. También se realiza deshoje en hojas viejas que se encuentran por debajo del último racimo cosechado, ya que no cumplen una función fisiológica beneficiosa en la planta. Además, son fuente de inóculo de plagas y enfermedades para el cultivo, tales como la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y moho gris (*Botrytis cinerea*).

Este deshoje se realiza cortando completamente la hoja desde la base del peciolo. Luego debe ser eliminado (Figura 6.7). Se sugiere realizar este manejo en horas de la tarde con temperaturas entre 20 a 25°C y humedad bajo el 50% para disminuir la ocurrencia de enfermedades por ingreso a través del corte.



Figura 6.7. Manejo de deshoje en planta de tomate.

6.3.4. Despunte

Este manejo es utilizado para detener el crecimiento de la planta a través de la eliminación del ápice de crecimiento cortando el brote apical del eje principal. Ayuda a controlar la altura de la planta y la cantidad de racimos que se desea producir. Además, para incrementar y homogenizar calibre, como también adelantar la maduración del fruto (precocidad). El despunte se realiza en una o dos hojas sobre el último racimo (Figura 6.8), con el objetivo de evitar el daño por golpe de sol.

En variedades comerciales indeterminadas cultivadas al aire libre en la Región de Valparaíso, se hace este manejo desde el octavo hasta el décimo racimo dependiendo del estado de la planta. En el caso de Arica se pueden despuntar al décimo quinto o al décimo octavo racimo.



Figura 6.8. Manejo de despunte de planta

6.4. Raleo de frutos

Este manejo se realiza para homogenizar e incrementar calibre de los frutos, ya que los racimos podrían producir más de seis flores (potenciales frutos). El criterio para eliminar o raleo las flores de un racimo es eliminar las flores menos vigorosas (distales) dejando las más grandes. De esta forma se regula una carga para lograr el rendimiento adecuado de acuerdo al estado fisiológico de la planta. En sistema emparronado se recomienda no dejar más de 5 frutos/racimo, para obtener mejor calibre y, por consiguiente mayor calidad comercial (precio más elevado) (Figura 6.9).

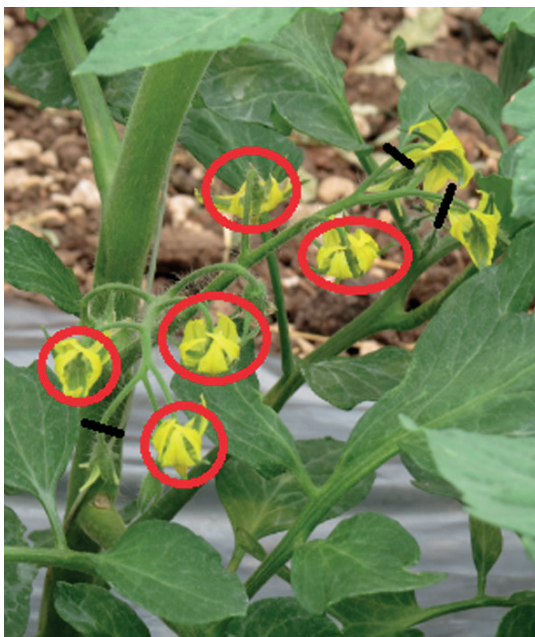


Figura 6.9. Racimo de tomate en flor para descole o raleo.

Bibliografía consultada

- Escaff M. 1993. Tomates: variedades, almácigos y manejo de la planta. Curso internacional "Producción de hortalizas protegidas bajo plástico". Inia La Platina, Santiago, Chile.
- Escaff M.; Estay P.; Bruna A.; Gil P.; Ferreyra R.; Maldonado P., y Barrera C. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA N° 128. Inia La Platina, Santiago, Chile.
- Sepúlveda R.; González V. y Ardiles S. 2013. Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. Informativo N° 77, INIA Ururi, Arica, Chile.

CAPÍTULO 7.

REGULACIÓN DE PULVERIZADORES PARA APLICACIÓN EN TOMATES AL AIRE LIBRE

Patricio Abarca R.
Ing. Agrónomo, M. Sc.
INIA Rayentué

Jorge Riquelme S.
Ing. Agrónomo, Dr.
INIA Raihuén

7.1. Introducción

En la actualidad, el uso de plaguicidas (también llamados biocidas, pesticidas, agroquímicos, fitosanitarios) es una de las prácticas más habituales en la agricultura convencional para combatir organismos perjudiciales. El no uso de ellos en muchos cultivos, perjudicaría considerablemente la productividad y calidad de los alimentos provenientes de frutales, hortalizas y praderas, principalmente por daños ocasionados por plagas (insectos y ácaros) y enfermedades (hongos, bacterias y virus) e incluso por el no control de malezas en los huertos.

La labor de una pulverización es una tarea compleja, pese a ser una práctica habitual y periódica en muchos huertos, ya que ésta puede carecer de eficiencia y presentar irregularidades en su uso, reduciendo el control, aumentando los costos y contaminación medioambiental. Actualmente, un gran número de productores agrícolas no sabe con exactitud los parámetros que deben considerar para lograr resultados eficientes en la aplicación de un producto, desconociendo la estrecha relación entre el equipo pulverizador, el cultivo, el plaguicida, las condiciones climáticas y el organismo a controlar.

Entre los principales problemas asociados al uso de plaguicidas destacan: la resistencia de organismos a un ingrediente activo, baja eficiencia de control por aplicaciones en momentos inapropiados, elevados volúmenes de aplicación sin considerar el tipo de maquinaria, la condición del cultivo, ni el tipo de tratamiento, repercutiendo en un alto costo y contaminación medioambiental; por último, intoxicación de aplicadores y trabajadores agrícolas. Todos estos factores son el reflejo del desconocimiento de quienes utilizan los plaguicidas y de la ausencia de aspectos legales que ayuden a la eficiencia del uso de estas sustancias, como mejoramiento de la información de etiquetas de plaguicidas,

incorporación de inspecciones obligatorias de equipos de aplicación, protocolos de certificación de maquinaria nueva, entre otros.

7.2. Aplicación de plaguicidas para tomates al aire libre

La eficiencia de las aplicaciones de plaguicidas depende de una serie de factores. La despreocupación de uno de éstos conlleva a una pulverización deficiente y a un posible fracaso en el control. A continuación, se mencionan los aspectos más relevantes a considerar.

7.2.1. Condiciones atmosféricas o ambientales

Las condiciones climáticas o ambientales al momento de realizar las aplicaciones son fundamentales en la efectividad del producto. Pulverizar con condiciones desfavorables, aumenta las pérdidas por evaporación, deriva y contaminación ambiental.

Los principales factores ambientales son el viento, humedad relativa y temperatura. En pulverizaciones de plaguicidas al aire libre, se recomienda no aplicar cuando las condiciones de viento ambiental sobrepasen los 6,5 km/h, la temperatura sea mayor a 25°C y la humedad relativa sea inferior al 40%.

7.2.2. Oportunidad de aplicación

La oportunidad se relaciona a momentos específicos del cultivo y plaga, como por ejemplo, el estado de desarrollo o estado fenológico del cultivo, la densidad poblacional de una plaga y su estado y/o estadios fenológicos más susceptibles o las condiciones climáticas para que una enfermedad se desarrolle y pueda ser controlada preventivamente.

Para el caso de las plagas insectos, ácaros y enfermedades, el monitoreo es una herramienta apropiada para la toma de decisiones. Para ello, se hace necesario conocer bien el organismo a controlar, el estado y el umbral de daño económico según el cultivo, así como también, identificar sus enemigos naturales y la distribución de la plaga dentro del huerto (Ripa y Larral, 2008).

7.2.3. Tipo de plaguicida y dosificación

Es esencial que en la elección del plaguicida se considere el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) y, por su puesto, que cuente con la autorización

legal correspondiente para el cultivo y agente plaga que se desea controlar.

Las principales deficiencias respecto del plaguicida dicen relación con la dosificación, ya que erróneamente se piensa que a mayor dosis del producto, mayor es su eficacia, sin respetar las indicaciones de las etiquetas.

Cuando se sobrestiman los volúmenes de aplicación, se incrementan considerablemente las cantidades de plaguicida por hectárea, ya que la mayoría de los plaguicidas utilizados en frutales y algunos cultivos hortícolas, presentan su dosificación expresada como concentración (g o cc/100 litros de agua = g o cc/hl).

7.2.4. Condición del cultivo y diseño del huerto

Para realizar una aplicación de plaguicidas en hortalizas de gran tamaño, como por ejemplo, el tomate indeterminado producido en invernaderos o al aire libre, la regulación de un pulverizador debe considerar la condición del cultivo.

Para obtener una mejor eficiencia, se debe comenzar con la determinación del volumen de aplicación correcto según las dimensiones de las plantas, densidad foliar, tipo de cultivo, tipo de maquinaria y el tipo de tratamiento a realizar.

El conocimiento de la condición del cultivo es fundamental para estimar el volumen de aplicación, por lo que, realizar una pulverización en un cultivo de lechugas es totalmente distinto a una realizada en tomate, y en este último cultivo, si las plantas presentan una altura de 0,5; 0,8 ó 1 m.

Una de las técnicas más utilizadas y sencillas para estimar el volumen de aplicación es el TRV (Tree Row Volume). Para ello, se debe considerar cada hilera de plantas como una caja rectangular, a la que se determina su volumen estableciendo la altura de la planta (ADP), el ancho de follaje (ADF) y la distancia entre las hileras (DEH). Todas las dimensiones expresadas en metros (Figura 7.1).



Figura 7.1. Esquema de las dimensiones de las plantas para la estimación de TRV (Fuente: Elaboración propia basado en Hardi, 1993).

$$TRV = \frac{ADP \times ADF \times 10.000}{DEH}$$

Donde:

TRV : Volumen de vegetación o de follaje (m³/ha).

ADP : Altura de planta promedio (m).

ADF : Ancho de follaje promedio (m).

DEH : Distancia entre hileras (m).

10.000: Factor de conversión de unidades (expresado en m²/ha).

Una vez determinado el volumen de vegetación (TRV) se debe ajustar el volumen de líquido o mezcla requerida según las características propias del cultivo como densidad foliar, tipo de tratamiento (fungicidas, insecticidas, fertilizantes foliares) y tipo de maquinaria (pulverizadores neumáticos, hidráulicos, etcétera).

En la Tabla 7.1, se presentan relaciones estándar entre dosis de aplicación y volumen de vegetación, comprendidos desde 10 hasta 120 litros por cada 1.000 metros cúbicos de vegetación.

Para **tomates pulverizados con equipos neumáticos**, los volúmenes varían entre 50 hasta 70 L por cada 1.000 m³ de vegetación.

Cuadro 7.1. Dosis de pulverización estándar de acuerdo al volumen de vegetación.

Volumen de pulverización	D (L/1.000 m ³ de vegetación)
Muy alto	120
Alto	100
Medio	70
Bajo	50
Muy bajo	30
Ultra bajo	10

Fuente: Shigueakiy colaboradores, 2011.

Por lo tanto, el volumen de aplicación por hectárea se obtiene:

$$VDA = \frac{TRV \times D}{1.000}$$

Donde:

VDA : Volumen de aplicación (L/ha).

TRV : Volumen de vegetación (m³/ha).

D : Dosis a aplicar por cada 1.000 m³ de vegetación (L) - (ver Tabla 7.1).

Por ejemplo, si se desea aplicar un insecticida para control de mosquita blanca en tomate al aire libre, plantas de 1,1 metros de altura; 0,55 metros de ancho de copa; y una distancia entre hileras de 1,5 metros. Entonces:

$$TRV = \frac{1,1 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}}{1,5 \text{ m}} = 4.033 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$VDA = \frac{4.033 \text{ m}^3/\text{ha} \times 70 \text{ (L)}}{1.000 \text{ m}^3} = 282 \text{ L/ha}$$

Para las condiciones propuestas, el volumen adecuado de aplicación sería de **282 L/ha**. Por tanto, en base a estas condiciones se debe regular el pulverizador en lo que respecta principalmente a la elección de boquillas y presión de trabajo dentro de los rangos recomendados por la empresa fabricante (si es hidráulico), o regulación del caudal de líquido y velocidad del viento (si es neumático).

7.2.5. Regulación de pulverizadores neumáticos de mochila

Para el caso de hortalizas al aire libre y para un pequeño productor, la recomendación es el uso de pulverizadores neumáticos de mochila (Figura 7.2).



Figura 7.2. Pulverizador neumático de mochila

Los pulverizadores neumáticos suelen ser utilizados tanto en lugares al aire libre como en invernaderos. Sus ventajas en comparación a pulverizadores hidráulicos, recaen principalmente en una mejor calidad de pulverización. Por una parte, el fino tamaño de las gotas mejora considerablemente el cubrimiento (cantidad de gotas en la superficie). Por otra parte, la producción de aire ayuda a la penetración de gotas al interior del follaje, mejorando la deposición de plaguicidas, tanto en el centro de las plantas como en el envés de las hojas.

En este tipo de pulverizadores, las gotas se forman cuando una vena líquida es arrastrada por una corriente de aire a alta velocidad, por tanto, la salida del líquido junto con el aire impide la medición del caudal a la salida de la tobera. Por ello, para la regulación de este tipo de pulverizador, se utiliza la metodología del relleno, que consiste en determinar el volumen de agua utilizada en una superficie conocida y así “estimar” lo utilizado en una hectárea.

Para estimar el volumen de aplicación por hectárea con un pulverizador neumático de mochila, se debe seguir los siguientes pasos:

- a) Determinar aceleración y caudal de agua a utilizar (Figuras 7.3 y 7.4).

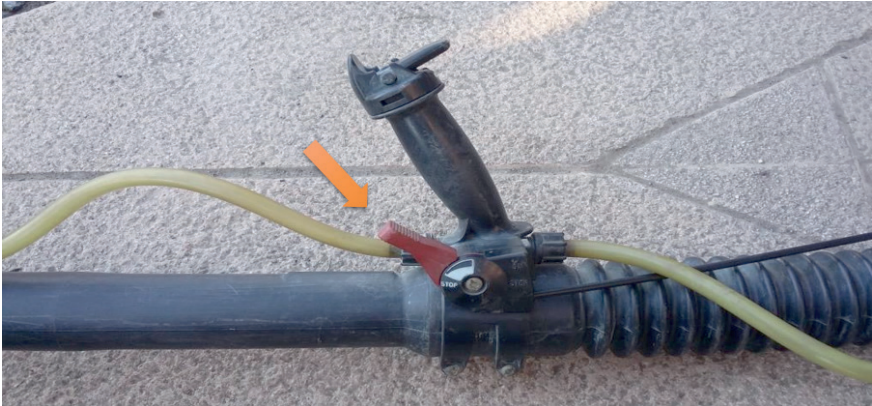


Figura 7.3. Manilla reguladora de aceleración del motor, utilizada para la variación de la velocidad del viento.



Figura 7.4. Manilla reguladora de paso de líquido desde el estanque hasta la tobera.

b) Colocar el pulverizador en un lugar nivelado y agregar agua hasta un nivel conocido.

Cuando el agua quede quieta, marcar el estanque a nivel del agua. (Figura 7.5).



Figura 7.5. Marca del nivel de agua en el estanque del pulverizador ubicado en sitio nivelado.

c) Selección en el huerto de una pequeña superficie del cultivo para pulverizar.

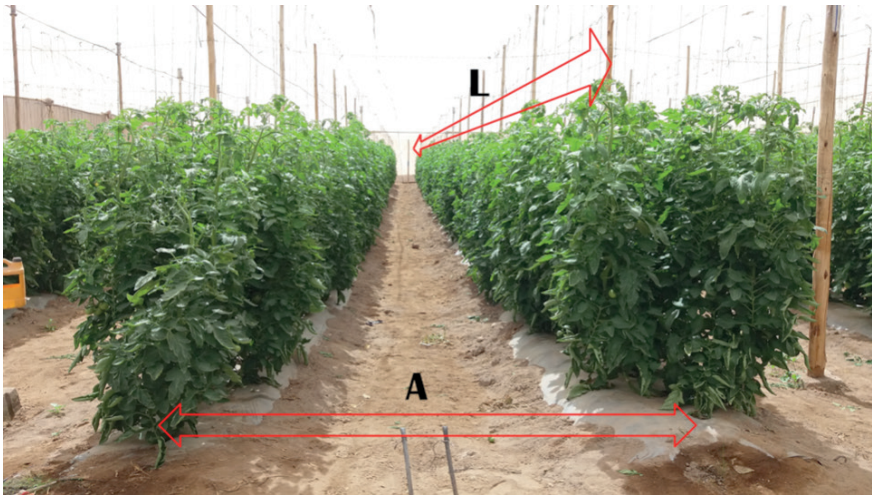


Figura 7.6. Medición del largo y ancho de la superficie a trabajar. L: largo o longitud de una hilera o parte de ella. A: ancho de trabajo o distancia entre las hileras.

Se debe pulverizar la hilera o parte de ella (L) **por ambos lados**, y luego, llevar el pulverizador al sitio inicial donde se marcó el nivel de agua inicial.

d) Determinar el volumen de líquido utilizado rellenando hasta el nivel marcado inicialmente (Figura 7.7).



Figura 7.7. Relleno de líquido hasta nivel inicial para determinar volumen utilizado.

Para determinar el volumen de aplicación por hectárea, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{VDA} = \frac{10.000 \times R}{L \times A}$$

Donde:

VDA : Volumen de aplicación por hectárea, expresado en L/ha.

R : Volumen de relleno, expresado en L.

L : Largo de la superficie aplicada, expresado en metros.

A : Ancho de la superficie aplicada, expresado en metros.

10.000: Factor de conversión de unidades, expresado en m²/ha.

Por ejemplo, si se pulveriza con un equipo neumático de mochila un cultivo de tomates al aire libre, se utiliza aceleración media del motor y abertura N° 2 de la salida del líquido, ¿cuál es el volumen de aplicación por hectárea, si las hileras están separadas a 1,5 m y el operador utilizó 1,7 litros de líquido en pulverizar 40 metros de hilera por ambos lados?

$$\text{VDA (L/ha)} = \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{/ha)} \times R \text{ (L)}}{L \text{ (m)} \times A \text{ (m)}}$$

Por lo tanto, el volumen de aplicación por hectárea será:

$$\text{VDA (L/ha)} = \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{/ha)} \times 1,7 \text{ (L)}}{40 \text{ (m)} \times 1,5 \text{ (m)}}$$

$$\text{VDA} = 283 \text{ L/ha}$$

e) Comprobación de la calidad de la aplicación.

Una vez regulado el pulverizador en forma práctica y de acuerdo al TRV, se debe realizar la comprobación de la pulverización en terreno, por lo que un buen cubrimiento no implica observar “goteo” o “chorreo” en el follaje, ya que esta condición sólo genera contaminación y un gasto excesivo de agua, producto, tiempo de aplicación y combustible, entre otros.

La comprobación de la calidad de una pulverización en terreno, tiene estrecha relación con el tamaño y número de gotas aplicadas uniformemente en toda la planta y en todo el huerto. Esto efectivamente es denominado como “cubrimiento”.

Para determinar el cubrimiento de una aplicación se deben utilizar papeles hidrosensibles, los cuales son de color amarillo y se tiñen de azul al contacto con las gotas de la pulverización (Figura 7.8).

La cantidad de gotas y su tamaño obedece exclusivamente al tipo de tratamiento (fungicidas, insecticidas, fertilizantes foliares, herbicidas, etc.), no obstante, posterior a la aplicación un papel que quede sin teñir indica deficiencia de la aplicación, un papel totalmente azul indica exceso y un papel con muchas y pequeñas manchas de color azul indica una buena pulverización.



Figura 7.8. Uso de papeles hidrosensibles para comprobación de cubrimiento. (Izquierda) Pulverización deficiente. (Centro) Pulverización óptima. (Derecha) Pulverización excesiva.

Se recomienda colocar trozos de papel hidrosensible cuadrados, de al menos 2,5 cm de lado. Éstos se deben “corchetear” o sostener con un clip a las hojas, tanto por el haz como en el envés, y no necesariamente ambas caras de una misma hoja. Para este cultivo, es recomendable colocar dos trozos de papel por cada 30 cm de altura de planta.

En conclusión, una maquinaria en buen estado, bien regulada con volumen ajustado según TRV, aplicando un plaguicida adecuado con buenas condiciones climáticas, en el momento correcto y con buen cubrimiento comprobado con papeles hidrosensibles, son la clave para el éxito en el control de plagas y enfermedades en cualquier cultivo agrícola.

Bibliografía consultada

HARDI. 1993. Técnicas de atomización. Publicación Hardi 673705 - E - 93/4. 40 p.

RIPA, R.; LARRAL, P. 2008. Manejo de plagas en paltos y cítricos. Colección libros INIA N° 23, Chile. 399 p.

SHIGUEAKI, R.; TEXEIRA, M.M.; BATISTA DE ALVERENGA, C. 2011. Volumen diferenciado. Máquinas - Cultivar. Julio 11, año X - N° 109. 8 - 10 pp.

SOLO-CHILE, 2016. Pulverizadores agrícolas. (En línea). Disponible en: <http://www.solochile.cl/>



Boletín INIA / N° 11
www.inia.cl



1. Introducción

El acceso de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) a la tecnología e innovación forma parte de la piedra angular para impulsar su desarrollo económico de una manera sustentable. Sin embargo, el último Censo entrega cifras que revelan importantes brechas entre la AFC, la mediana y gran agricultura. Dentro de las principales brechas que afectan al cultivo del tomate podemos mencionar: el control de plagas y enfermedades, donde existe un desconocimiento sobre el correcto manejo de los productos fitosanitarios y los momentos adecuados de control; el riego, si bien, la gran mayoría utiliza sistema de riego por goteo, muchas veces funcionan con una baja eficiencia,

similar a la del riego gravitacional, debido a un mal diseño o falta de mantención de los equipos.

Esta pauta de chequeo sobre cultivo del tomate al aire libre se basa en el control de los componentes de rendimiento y sus puntos críticos, tales como las densidades de plantación, manejo de racimo, despunte, la fertilización y el control de plagas y enfermedades. Presentando en cada punto crítico los estados fenológicos en que se deben evaluar los umbrales o rangos óptimos para determinar si es necesario aplicar las acciones correctivas que se recomiendan.



2. Componentes del rendimiento

En cada proceso productivo existen componentes que condicionan el rendimiento. La consideración y cuantificación de los componentes del rendimiento permite prever los resultados esperados, como también, tomar decisiones de manejo correctivas en todo el proceso del cultivo, con el objetivo de alcanzarlos y, si las características del cultivo lo ameritan, definir diferentes escenarios.

Cuadro 1. Componentes del rendimiento tomate aire libre (CR).

CR	Componentes de Rendimiento	Formula de medición	Óptimo
CR1	Densidad de plantación	Nº de ejes/m ²	2,8 a 3,3
CR2	Producción por planta	Kg de fruto/m ²	15 a 18
CR3	Número de racimos	Nº racimos/planta	7 a 10
CR4	Flores por racimo	Nº flores/racimo	4 a 5
CR5	Frutos cuajados por racimo	Nº frutos/racimo	4 a 5

3. Relación entre estados fenológicos y componentes de rendimiento

Cuadro 2. Relación entre estados fenológicos y componentes de rendimiento.

	ESTADOS FENOLÓGICOS				
	Trasplante	Desarrollo vegetativo	Floración	Formación de frutos	Cosecha
CR1	X				
CR2					X
CR3				X	
CR4			X		
CR5				X	

4. Puntos de chequeo

Cuadro 3. Puntos de Chequeo.

Punto crítico	Estado fenológico	Verificador	Rango o umbral óptimo	Medidas correctivas
Densidad del cultivo	Estado de plantas a un mes del trasplante.	Número de ejes por metro cuadrado.	2,8 (plantas con más de 1 eje distanciadas a 80 cm sobre hilera) y 3,3 ejes/m ² (plantas con 1 eje a 20 cm).	Inferior a 2,8 ejes/m ² seleccionar un brote basal para establecer como nuevo eje. Inferior a 3,3 ejes/m ² realizar replante lo antes posible o establecer nuevo eje de planta vecina. Superior a 3,3 ejes/m ² realizar poda para eliminar ejes a plantas que presenten más de 1. Eliminar todos los tallos secundarios que se desarrollen en la axila de las hojas y así sucesivamente hasta el final del cultivo. Preferiblemente se eliminarán con menos de 5-6 cm de longitud.
Manejo de racimo	Desde floración hasta fruto recién cuajado.	Nº de flores o frutos por racimo.	4 a 5 flores o frutos por racimo.	Raleo manual de flores y frutos recién cuajados (90% de flores formadas). Eliminar las flores y frutos más distantes al tallo y con malformación.
Manejo de despunte	Desde fruto recién cuajado hasta antes de llenado de fruto.	Nº de racimos por planta.	-De 7 a 10 racimos/planta (Quillota). -De 8 a 16 racimos/planta (Arica).	Realizar corte por encima del último racimo, dejando 1 ó 2 hojas por encima del último racimo.
Fertilización nitrogenada	Desde trasplante a cosecha.	Crecimiento lento de la planta. Hojas completas amarillas con muerte prematura, abscisión de flores y frutos de menor calibre.	2,6 kg de N/t de fruta producida. Dosis=(extracción cultivo-aporte suelo/eficiencia fertilizante).	Efectuar análisis foliar en floración temprana. Recolectar de 25 a 30 hojas de forma aleatoria, desde la tercera o cuarta hoja desde la punta. Interpretación de análisis foliar: niveles en hoja por debajo del 2% de N se consideran bajos. Corrección: aplicación de fertilizantes nitrógenos (nitrato amónico, nitrato cálcico, nitrato potásico). Se recomienda aplicar de forma parcializada 0-32 días=16%, 32-48 días=40%, 48-76 días=34%, 76-90 días=10%
Fertilización fosfatada	Desde pre-trasplante a inicio de cosecha.	El tallo y venas de hojas y pecíolos se tornan púrpuras. Desarrollo pobre de raíces, semilla o fruta. Retraso de la maduración.	1,5 kg de P ₂ O ₅ /t de fruta producida. Dosis=(extracción cultivo - aporte suelo/eficiencia fertilizante).	Interpretación de análisis foliar: bajo 0,1% de P se considera déficit. Aplicar lo más cercano al sistema radicular fosfato mono amónico o ácido fosfórico. Se recomienda aplicar de forma parcializada: 0-32 días=35%, 32-48 días=33%, 48-76 días=32%

Fertilización potásica	Desde cuaja a inicio de cosecha.	Borde de hojas amarillas produciendo una necrosis marginal curvándose hacia arriba. Maduración irregular del fruto.	4.7 kg de K ₂ O/t de fruta producida. Dosis=(extracción cultivo - aporte suelo/eficiencia fertilizante).	Interpretación de análisis foliar: niveles en hoja por debajo del 2% de K se consideran bajos. Se recomienda emplear Nitrato de potasio y sulfato de potasio de forma parcializada 0-32 días=12% 32-48 días= 37% 48-76días=36% 76-90días=15%
Control de Botrytis	Todo el cultivo.	Necrosis En hojas en "V", en tallos lesiones cancrasas, en fruto pudrición con abundante esporulación de color gris.	Monitoreo semanal para detectar manchas foliares típicas del hongo o síntomas de tizón en flores. El umbral óptimo es que no se presenten síntomas.	Reducir la humedad en los cultivos, controlando riego. Ventilación adecuada mejorando con deshojado y desbrotado. Eliminar los órganos enfermos tan pronto como éstos aparezcan, no dejarlos dentro del invernadero. Evaluar la cantidad de N aplicado para determinar si disminuir o detener la fertilización N. Aplicación de fungicidas sistémicos o de contacto de acuerdo a los autorizados por SAG, teniendo en cuenta efecto residual y tiempo de carencia.
Tizón temprano	Todo el cultivo.	Lesiones circulares con anillos de color café a negro en hojas maduras.	Monitoreo semanal y actuar con no más de 5% de incidencia.	Uso de fungidas autorizados por el SAG para el control de la enfermedad y cultivo correspondiente.
Mosquita blanca	Previo a cosecha.	Adultos en crecimiento apical y en envés de la hoja. Adultos, ninfas o huevos en el envés de las hojas nuevas.	Presencia de al menos 1 ninfa. Revisar foliolos por el envés de los brotes con crecimiento activo.	Instalar cinta amarilla pegajosa en el inicio de cada hilera a la altura del ápice de crecimiento de las plantas (la cinta se sube a medida que la planta crece). Aplicación de insecticida-plaguicidas debidamente registrados por el SAG.
Polilla del tomate	Floración.	Nº de huevos en brotes y hojas y galerías con larvas en hojas.	Realizar control si se presenta lo siguiente: captura 70 machos/día y 0% daño. Captura 50 machos/día y 6% de plantas con huevos y/o larvas. Captura 25 machos/día y 10% de plantas con huevos y/o larvas.	Revisar brotes en formación y buscar galerías en hojas. Instalación de trampas con feromonas (4 trampas/ha). Aplicación de insecticidas/plaguicidas debidamente registrados por el SAG.

Esta pauta de chequeo fue confeccionada en el marco del convenio de colaboración y transferencia de recursos entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos. Su objetivo es identificar los puntos críticos más relevantes del cultivo abordado e implementar oportunamente acciones básicas, que permitan tanto al extensionista como al agricultor, producir de la forma más eficiente y sustentable posible.

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación de INIA.

Más información: Andrea Torres P., INIA La Cruz, andrea.torres@inia.cl

Para descargar el boletín completo visite nuestra biblioteca digital: <http://biblioteca.inia.cl/link.cgi/Catalogo/Boletines/>

www.inia.cl / www.indap.gob.cl

