



# Tomate

*(Solanum lycopersicum L.)*

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.  
INIA Carillanca

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El género *Solanum* es uno de los más importantes en el reino vegetal, incluye malezas, plantas ornamentales y cultivadas de gran relevancia para la humanidad como tomate (*S. lycopersicum* L.), papa (*S. tuberosum* L.) y berenjena (*S. melongena* L.). Está inserto dentro de la familia Solanaceae donde pertenecen muchas especies comestibles y de utilidad como pimiento y ají (*Capsicum annuum* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum*), petunia (*Petunia atkinsiana*), o malezas comunes como chamico (*Datura stramonium*), entre otras.

El botánico sueco Carl Linneaus (1707-1778) fue el primero en clasificar al tomate en el género *Solanum*, como *Solanum lycopersicum*; posteriormente el botánico británico Philip Miller (1691-1771) lo movió a su propio género dando el nombre de *Lycopersicon esculentum*. Pero, después de una serie de análisis genéticos con técnicas modernas de biología molecular, fue renombrado a su clasificación original por Child (1990) y Peralta y Spooner (2005).

El tomate es un diploide típico de la sub-familia *Solanoideae* que tienen un número idéntico de cromosomas ( $2n=2x=24$ ), flores regulares, semillas comprimidas y embrión curvado (Taylor, 1986). El genoma está compuesto de aproximadamente 950 Mb de ADN, del cual más del 75% es heterocromatina, en gran parte desprovisto de genes (Diez y Nuez, 2008).

Esta especie es originaria de la región andina, donde se encuentran sus ancestros en forma silvestre en partes de Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, hasta la Región de Atacama en Chile, en ambas vertientes de la cordillera de Los Andes y en las islas Galápagos (Sims, 1980). Todas las especies silvestres de tomate son nativas de esta área (Rick, 1973; Taylor, 1986). A través del intercambio entre nativos de la región, semillas de especies de tomate silvestre fueron llevadas a Meso-América donde fueron domesticadas (Harvey y otros, 2002). En los sitios arqueológicos en la región de Los Andes no se ha encontrado evidencia de esta planta domesticada, a diferencia de otras solanáceas como pimiento, papa y pepino dulce (Rick, 1978; Sauer, 1993). El ancestro más probable del tomate moderno es la especie silvestre “tomate cherry” (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiformes*), el cual se encuentra en forma endémica a través de toda sudamérica andina tropical y sub-tropical (Siemonsma y Piluek, 1993). Una de las consecuencias más importantes de la domesticación del tomate fue el cambio de estigma excerto a inserto, cambio de alogamia parcial a autogamia e incremento del tamaño de fruto (Diez y Nuez, 1995).

La palabra tomate proviene del vocablo Nahuatl “tomatl”, que fue introducido al lenguaje español en 1532 (Corominas, 1990). Los españoles introdujeron el tomate en Europa a principios del siglo XVI (Harvey y otros, 2002), pero inicialmente fue cultivada solamente como una planta ornamental, por considerar que sus frutos eran venenosos por su relación cercana con la belladona (*Solanum dulcamara*). El primer registro en Europa fue hecho por el italiano Matthioli en 1544, de una forma con fruto amarillo bajo el nombre “pomo d’oro”, vocablo que aún se usa en lengua italiana como denominación del tomate. Solamente a fines del siglo XVII, esta hortaliza fue cultivada y consumida en abundancia en Italia y la península Ibérica, pero su adopción fue lenta en Europa del norte (Diez y Nuez, 2008). Incluso, a pesar de que el tomate tiene origen y fue domesticado en América, este fue reconocido y aceptado como alimento en Europa antes que en este continente. Posteriormente, el establecimiento de rutas comerciales y colonias a través del mundo contribuyó a su difusión en todas partes, y actualmente se encuentran cultivos de tomate alrededor del mundo entero (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

En la actualidad, las variedades modernas de tomate han tenido introgresiones de germoplasma silvestre, de manera que se han introducido genes con diferentes características, debido a la angosta base genética que tiene este cultivo (Saavedra y Spoor, 2002). Por lo tanto, la falta de diversidad en tomate no es una barrera para progresar en el mejoramiento genético. En el material silvestre se encuentra una gran riqueza genética que permite una mejora sustancial en las características del tomate, por ejemplo *S. chmielewskii* tiene aportes de alto contenido de azúcares, *S. pennellii* presenta tolerancia a sequía, *S. pimpinellifolium* contribuye al color y calidad de fruto, y así muchas otras especies silvestres pueden aportar genes de interés.

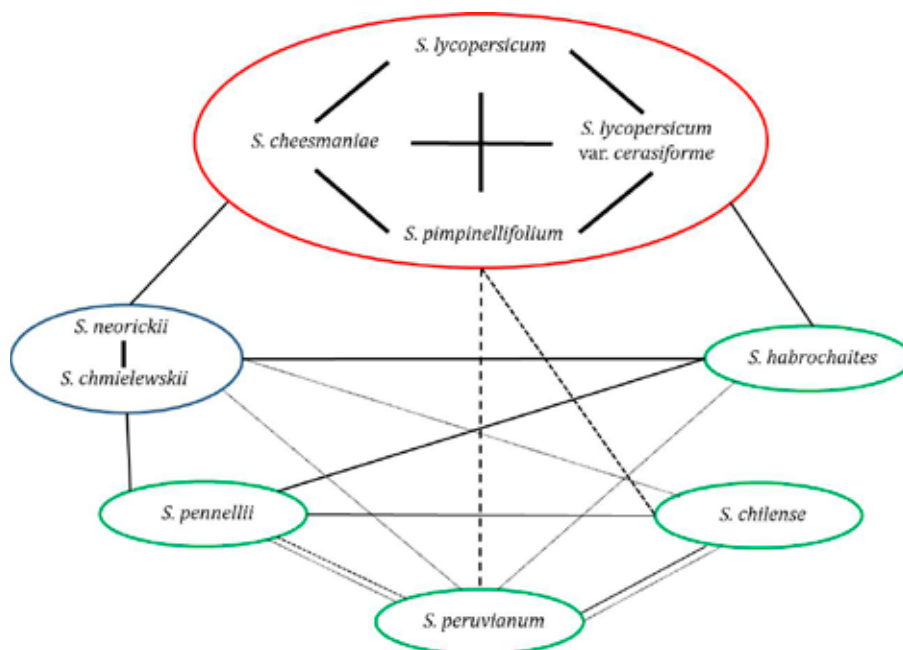
Estas especies silvestres crecen y se adaptan a una gran variedad de hábitat, desde el nivel del mar del océano pacífico hasta las sierras de Los Andes sobre 3.300 m de altura (Rick, 1973; Taylor, 1986). Esta variedad de climas, que ha seleccionado en forma natural caracteres de adaptación, más su diversidad genética, hacen que este germoplasma sea muy interesante para introducirlo a las bases genéticas del tomate. Sin embargo, hay problemas de compatibilidad genética entre las diferentes especies, lo que complica su introgresión y van muy de acuerdo a los grupos formados por distancias genéticas y otras características morfológicas, como color de fruto. Peralta y otros (2006) clasificaron las especies silvestres en cuatro grupos, desagregando algunas especies en dos especies nuevas, de acuerdo a los trabajos con marcadores moleculares. En el Cuadro 1 se pueden observar estos grupos con su composición de especies y los nombres anteriores que se usaron por muchos años.

**Cuadro 1. Clasificación de especies silvestres de tomate en grupos de cercanía genética y denominaciones anteriores (Peralta y otros, 2006; Child, 1990; Rick, 1979).**

<b>Grupo Lycopersicon</b>			
	<i>S. lycopersicum</i>	<i>S. lycopersicum</i>	<i>L. esculentum</i>
	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>L. pimpinellifolium</i>
	<i>S. cheesmaniae</i>	<i>S. cheesmaniae</i>	<i>L. cheesmaniae</i>
	<i>S. galapagense</i>	<i>S. cheesmaniae</i>	<i>L. cheesmaniae</i>
<b>Grupo Neolycopersicon</b>			
	<i>S. pennellii</i>	<i>S. pennellii</i>	<i>L. pennellii</i>
<b>Grupo Eriopersicon</b>			
	<i>S. habrochaites</i>	<i>S. habrochaites</i>	<i>L. hirsutum</i>
	<i>S. huaylasense</i>	<i>S. peruvianum</i>	<i>L. peruvianum</i>
	<i>S. corneliomulleri</i>	<i>S. peruvianum</i>	<i>L. peruvianum</i>
	<i>S. peruvianum</i>	<i>S. peruvianum</i>	<i>L. peruvianum</i>
	<i>S. chilense</i>	<i>S. chilense</i>	<i>L. chilense</i>
<b>Grupo Arcanum</b>			
	<i>S. arcanum</i>	<i>S. peruvianum</i>	<i>L. peruvianum</i>
	<i>S. chmielewskii</i>	<i>S. chmielewskii</i>	<i>L. chmielewskii</i>
	<i>S. neorickii</i>	<i>S. neorickii</i>	<i>L. parviflorum</i>

La compatibilidad genética entre especies silvestres y tomate no ha sido un problema para su uso en programas de mejoramiento genético, por ejemplo, ha habido cruza-mientos exitosos con la especie autopolinizante y de fruto rojo *S. pimpinellifolium*, la cual está ubicada en el grupo *Lycopersicon* junto con *S. neorickii* (anteriormente conocida como *L. parviflorum*). Pero, cruza con especies como *S. chilense* o *S. peru-*

*vianum* son más complicadas y a menudo requieren de rescate de embriones para obtener una progenie F1, sin embargo, en generaciones posteriores pueden aparecer barreras causadas por interacciones genéticas que pueden impedir el progreso (Lindhout, 2005).



—, ——— y ———— : líneas continuas indican cruzamientos compatibles y el grosor de línea indica el grado de compatibilidad.

- - - - - y - - - - - - - - : indican que los cruzamientos pueden ser exitosos por rescate de embriones, el número de líneas indica el grado de dificultad.

————— : indica incompatibilidad mayor.

**Figura 1. Diagrama de compatibilidad de tomate y sus parientes silvestres. (Diez y Nuez, 2008 modificado de Stevens y Rick, 1986).**

Stevens y Rick (1986) plantearon un diagrama de compatibilidades entre tomate y sus parientes silvestres, el cual fue modificado por Diez y Nuez (2008), donde se aprecia la alta compatibilidad existente entre el grupo *Lycopersicon* de fruto rojo y las incompatibilidades con las especies de fruto verde del grupo *Eriopersicon* (Figuras 1 y 2).



*Solanum lycopersicum*



*Solanum pimpinellifolium*



*Solanum pennellii*



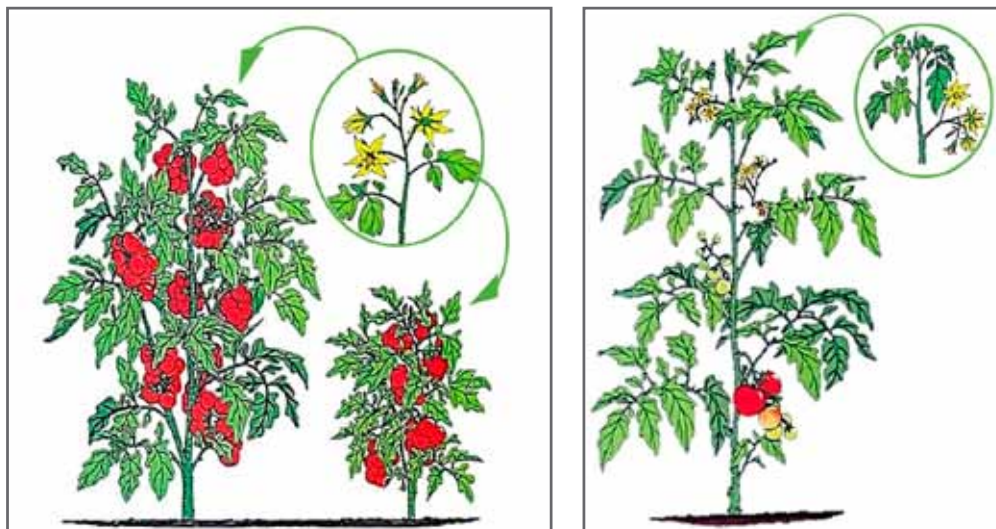
*Solanum chilense*



**Figura 2. Fotos de frutos, flores y hojas de diferentes especies de *Solanum*.**

El tomate es una planta perenne de tipo arbustivo que se cultiva como planta anual. En cuanto a la morfología de la planta, puede ser de tipo rastrero, semi-erecta o erecta, existiendo dos tipos de plantas: determinadas, cuyo crecimiento es limitado, e indeterminadas con crecimiento ilimitado (Figura 3).

El sistema radicular presenta una raíz principal pivotante, la cual alcanza aproximadamente a 60 cm de profundidad, produce raíces adventicias y ramificaciones que pueden formar una masa densa con bastante volumen. Aunque el sistema radicular puede alcanzar a 1,5 m de profundidad, se estima que el 75% se encuentra en los 45 cm superiores del suelo.

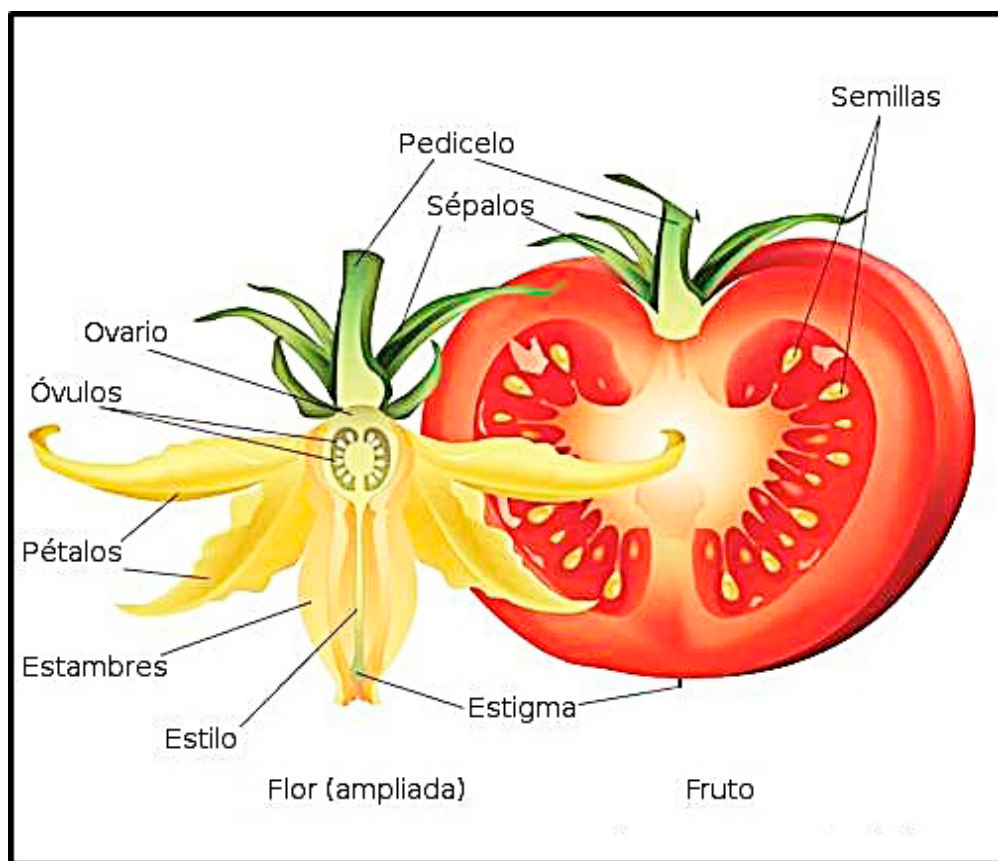


**Figura 3. Planta de tomate de crecimiento determinado (derecha) e indeterminado (izquierda).** Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/236227942926827006/>  
<https://www.pinterest.es/pin/280208408037450792/>

El **tallo** es erguido durante los primeros estados de desarrollo, pero se tuerce debido al peso en el caso de plantas de crecimiento determinado, aunque en plantas indeterminadas está dado por el manejo de poda y conducción dado durante su crecimiento. La superficie es angulosa, provista de pelos agudos o tricomas y glándulas que desprenden un líquido de aroma muy característico.

Las **hojas** son compuestas, insertándose en los nudos en forma alterna (Figura 3). El limbo puede tener de siete a once foliolos, y al igual que los tallos poseen glándulas secretoras aromáticas. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal.

La **flor** es perfecta, regular e hipógina, los sépalos, pétalos y estambres están insertos en el receptáculo por debajo del gineceo (ovario supero), tiene 5 o más sépalos e igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos helicoidalmente a intervalos de 135°. Igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario puede ser bi o plurilocular, que da origen a un fruto o baya bi o plurilocular constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas, conocido en todo el mundo y utilizado como hortaliza tanto en fresco como sometido a diferentes procesos de transformación industrial (Figura 4).



**Figura 4. Diagrama de las partes de la flor y fruto del tomate.**

Fuente: <http://tomatosphere.letstalkscience.ca>.

Las flores se ordenan en inflorescencias de tipo racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara, pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. En el caso de tomate para agroindustria, la mayoría de las variedades usadas son de tipo determinadas con inflorescencia cima unípara (Figura 5), mientras que, para consumo fresco para invernadero, son de tipo indeterminadas con inflorescencia en racimo simple.

La **semilla** es de forma oval aplastada de color grisáceo, cubierta de vellosidades, de unos 3 a 5 mm de tamaño. Manteniendo las semillas en un lugar apropiado para su almacenamiento duran 4 o más años viables.



a) Cima unípara



b) Racimo simple

**Figura 5. Tipos de inflorescencia y fructificación en tomate.**

El **fruto** para consumo en fresco se puede clasificar por sus diferentes características. Díez y Nuez (2008) lo clasificaron de acuerdo al calibre:

- Fruto grande, tamaño G y GG (> 67mm). Tipo Beefsteak y Marmande.
  - Beefsteak, plantas de crecimiento determinado o indeterminado, fruto redondo o aplanado, multilocular, con costilla suave o ligera, con o sin hombro verde
  - Marmande, plantas de crecimiento determinado o indeterminado, fruto grande, multilocular, costilla muy pronunciada, frecuentemente con hombro verde.



Beefsteak



Marmande

- Fruto mediano, tamaño M (>57 mm y <67mm). Tipo Vemone y Pimiento.
  - Vemone, mayormente de crecimiento indeterminado, fruto levemente aplanado o esférico con 2 a 3 lóculos, con costilla suave a ligera, plantas muy vigorosas. Hay variedades para producción en racimo o cosecha individual
  - Tipo pimiento, crecimiento indeterminado, fruto con forma de pimiento alargado, compacto y carnoso, usado para consumo fresco o procesado. Uso local en algunas regiones de España e Italia.



Vemone



Pimiento

- Fruto pequeño, tamaño MM (>47 mm y <57 mm). Tipo Moneymaker
  - Moneymaker, crecimiento indeterminado, fruto redondo, liso, sin hombro verde.



Moneymaker

- Fruto pequeño, tamaño MMM (<47 mm). Tipo cocktail
  - Cocktail, crecimiento indeterminado, fruto tipo redondo, pera o plum, liso, peso entre 50 y 30 g.



Redondo



Pera



Plum

- Fruto muy pequeño, peso <30g. Tipo Cherry
  - Cherry, crecimiento indeterminado, fruto muy pequeño redondo o forma de pera (10 a 30 g), liso, racimos largos, pero también hay variedades para cosecha individual.



Redondo



Pera

El otro grupo importante corresponde a las variedades para procesamiento, donde se distinguen dos tipos, de acuerdo con los requerimientos industriales. Variedades para producción de pastas no tienen restricciones en forma y tamaño, se puede utilizar tomate cuadrado, oval o semi redondo, con peso entre 60 g y 130 g. Pero, en el caso de tomate en conserva pelado tiene que tener forma de pera, alargada, oval o cilíndrica, porque son más fáciles de pelar. El peso puede variar entre 60 y 100 g, o menos si es para conserva de fruto entero.



Oval



Cuadrado

Sin embargo, además hay otras características que requieren el agricultor y la industria en el fruto que procesan, los cuales los hacen muy diferentes a las variedades destinadas a consumo fresco. Principalmente, se ha convertido en un cultivo altamente mecanizado desde el trasplante hasta la cosecha, pero para lograr estos objetivos las variedades modernas de tomate han tenido que ser adaptadas, agregando algunas características típicas para este tipo de producción, las que se describen a continuación.

## Planta

- La planta tiene que ser de hábito de crecimiento determinado y compacto
- Gran desarrollo foliar, cubriendo los frutos, de manera de evitar quemaduras por golpe de sol debido a la exposición a la radiación solar directa, lo cual deteriora la calidad del producto
- Floración, cuaja y maduración deben estar concentradas en el tiempo, de esta manera se facilita la cosecha mecánica con mayor cantidad de fruta madura
- El pedúnculo y el cáliz deben desprenderse fácilmente del fruto, por lo tanto, deben tener el gen recesivo *jointless*. Con esto disminuye la manipulación en la industria y facilita su procesamiento
- Los frutos deben tener mucha homogeneidad en forma y tamaño
- También necesitan tener fuerte consistencia para soportar el proceso de cosecha mecánica y transporte hasta la agroindustria sin sacrificar la buena apariencia
- Idealmente debería tener tolerancia y/o resistencia a los virus comunes del tomate y a nemátodos.

## Fruto

- Debe ser resistente al agrietado o cracking, para evitar la entrada de hongos parásitos y saprófitos que reducen calidad del producto
- Presentar ausencia de cicatriz en el punto de inserción con el cáliz e hinchazones o deformaciones en el fruto
- La piel tiene que ser flexible para facilitar el pelado y el pericarpio grueso y firme
- La forma del fruto puede ser redondo, suavemente alargado, cilíndrico o forma de pera
- Color rojo intenso y uniforme a madurez
- Indicador de intensidad de color a/b con valores entre 2,2 y 2,5
- pH del jugo entre 4,2 y 4,4 para asegurar la estabilidad microbiológica durante el proceso
- Valores altos en ácidos solubles totales
- Alta viscosidad y materia seca
- Contenido de azúcares o sólidos solubles superior a 4,5°Brix.

## ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

### Distribución nacional y zonas productoras

El tomate es un cultivo hortícola presente en todo Chile, incluyendo la Patagonia. Durante la temporada 2017/2018, el tomate para consumo fresco ocupó el tercer lugar en superficie de producción de hortalizas, detrás del choclo (9.500 ha) y lechuga (6.500 ha), con 5.269 ha. Sin embargo, si se considera al tomate industrial o para procesamiento, este cultivo pasa a ser el primero con 15.833 ha plantadas en total.

### Consumo fresco

El promedio de superficie plantada en los últimos 10 años ha sido de 5.226 ha anuales, esto incluye cultivo al aire libre y protegido. La máxima superficie estuvo el año 2007 llegando a 6.309 ha y el mínimo el 2011 con 4.902 ha, tal como se aprecia en la Figura 6.

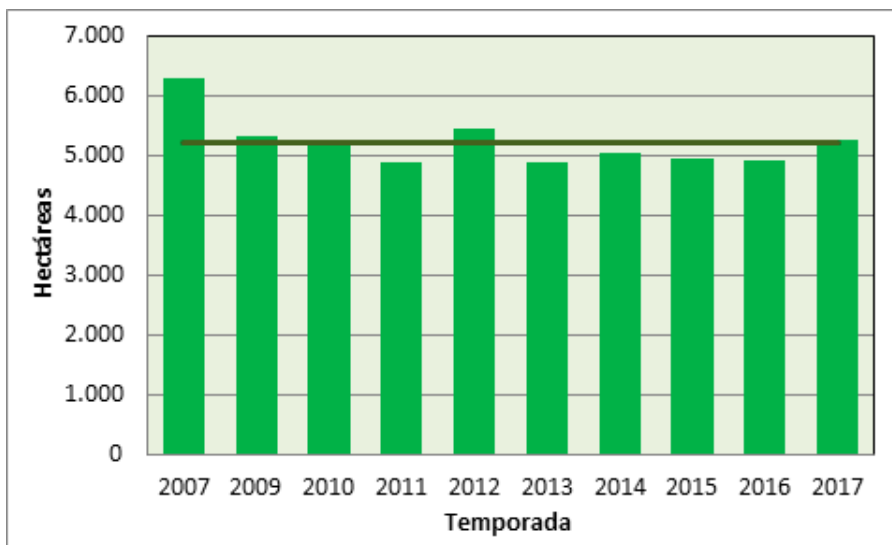
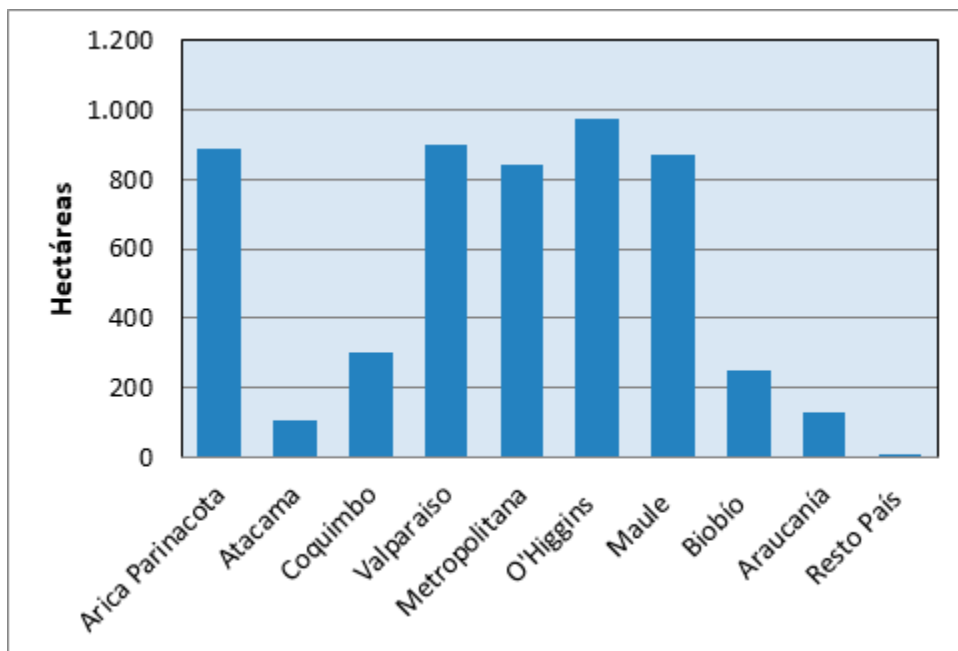


Figura 6. Evolución de la superficie cultivada con tomate para consumo fresco en los últimos 10 años, excepto 2008 donde no hay información (ODEPA, 2018).

La distribución por regiones de esta superficie (Figura 7) muestra una concentración en cinco regiones principales, siendo muy importante Arica Parinacota, la cual produce fruta durante la temporada otoño-invierno, cubriendo las necesidades de casi todo el país durante esos meses.



**Figura 7. Distribución regional de la superficie cultivada con tomate para consumo fresco, temporada 2017 (ODEPA, 2018).**

La Región de Valparaíso también aporta con una interesante superficie de cultivo protegido, la cual cubre una importante zona del centro del país con su producción. Mientras que, en las regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule la mayor superficie es al aire libre entrando en producción en primavera-verano. El resto del país aporta algo a la producción total, pero de la Araucanía (a excepción de la zona de Angol-Renaico), hasta Magallanes la producción es toda bajo plástico por las condiciones climáticas imperantes.

En cuanto a rendimiento, no hay estadísticas actualizadas, pero a modo de referencia se muestran en el Cuadro 2 un trabajo realizado por INE el año 2010, donde se muestra que el promedio nacional fue de 71,1 t/ha, que es bastante alto comparativamente en ese año con respecto al promedio general de América que fue de 53,6 t/ha y Europa de 39,2 t/ha, pero muy superior en 48,7% al promedio mundial que fue de 34,6 t/ha (Faostats, 2018). En el país, la Región de Arica y Parinacota tiene el mayor promedio de rendimiento, fundamentalmente por producción protegida y muy intensiva, seguida por Valparaíso que también presenta condiciones muy parecidas, pero con menor superficie protegida.

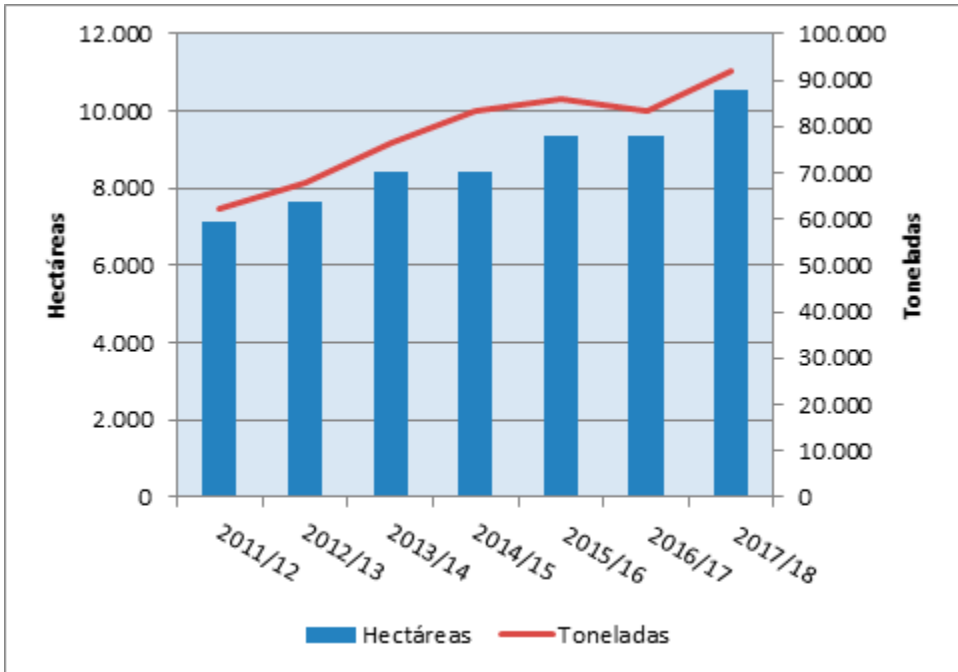
**Cuadro 2. Promedio regional y nacional de producción de tomate para consumo fresco, temporada 2010. (INE, 2010).**

Región	t/ha
Arica y Parinacota	112,8
Atacama	61,6
Coquimbo	30,8
Valparaíso	94,4
Metropolitana	61,9
O'Higgins	58,7
Maule	68,9
Biobío	49,7
Nacional	<b>71,1</b>

## Procesamiento

La superficie anual de tomate para procesamiento ha variado bastante en los últimos siete años (Figura 8) debido a las variaciones del mercado internacional de pasta de tomate, sin embargo, en el gráfico se puede observar una tendencia al alza de superficie, desde 7.149 ha en la temporada 2011/2012 como mínimo, a la temporada 2017/2018 como máximo con 10.564 ha totales, siendo el promedio nacional de las últimas 10 temporadas de 8.700 ha. En cuanto a producción, también se ha observado un incremento sostenido, principalmente debido al incremento de superficie. Es así como de 62.819 toneladas producidas en la temporada 2011/2012, pasa a 91.807 toneladas en la temporada 2017/2018, lo que significó un incremento de 47% de producción en las últimas siete temporadas.

Las exportaciones de pasta de tomate durante el año 2017 alcanzaron las 125.578 toneladas con un ingreso de US\$ 111.327.473, y entre enero y octubre del 2018 se exportaron 85.944 toneladas con un valor de US\$ 74.288.908 (ODEPA, 2018). Esta hortaliza procesada es la principal exportación hortícola de Chile.



**Figura 8. Evolución de la superficie nacional y producción de tomate para agroindustria (ODEPA, 2018).**

La producción industrial de tomate se concentra en dos regiones principalmente, del Maule y O’Higgins debido a que las agroindustrias se encuentran en estas regiones, por lo tanto, por logística de abastecimiento de materia prima y condiciones climáticas adecuadas se produce el 98% en estas regiones, quedando algunas hectáreas en la Región del BíoBío, actualmente norte de la nueva Región de Ñuble (Cuadro 3). La producción promedio, en ambas regiones en las últimas siete temporadas, tiene una diferencia de 7%, siendo O’Higgins la de mayor producción con 397.950 t. En el tiempo, la superficie en la región de O’Higgins ha ido en aumento, mientras que en el Maule ha sido más estable, aunque incluso se observa una leve disminución en las últimas temporadas. En general, se puede decir observando el Cuadro 3, que la región del BíoBío, actual Ñuble, tiene una superficie y producción marginal al compararlas con O’Higgins y Maule. La producción en O’Higgins se incrementó tres veces desde la temporada 2011/2012, mientras que en el Maule disminuyó 24%.

**Cuadro 3. Superficie y producción por regiones de tomate para procesamiento en las últimas ocho temporadas (ODEPA, 2018).**

Región	O'Higgins		Maule		Biobío	
	Hectáreas	Toneladas	Hectáreas	Toneladas	Hectáreas	Toneladas
2011/12	2.153	190.799	4.924	424.252	72	6.840
2012/13	2.510	209.946	4.980	453.575	100	9.700
2013/14	4.672	462.388	3.723	302.866		
2014/15	4.543	470.882	3.877	360.445		
2015/16	4.316	414.811	5.016	445.120		
2016/17	5.354	474.846	3.340	278.690	649	81.774
2017/18	5.775	561.982	4.646	343.310	143	12.784

## REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

La planta de tomate se desarrolla bien en un amplio rango de condiciones ambientales, latitudes, tipos de suelos, temperaturas y es moderadamente tolerante a la salinidad (Voykovic y Saavedra, 2007; Chamorro, 2001), pero prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y suelos con buen drenaje.

Temperaturas ideales para su desarrollo vegetativo están entre 25 y 30°C, durante el periodo de crecimiento y cuaja del fruto no tolera baja temperatura, menos heladas. Este cultivo requiere una temperatura mínima de 12°C para un correcto desarrollo, aunque soporta temperaturas más bajas durante breves períodos de tiempo. La exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10°C, iluminación diurna inferior a 12 horas, drenaje insuficiente o una fertilización nitrogenada excesiva le afectan negativamente en su desarrollo (Nuez, 1995). El pH ideal para su mejor crecimiento está entre 6,0 y 6,5.

Actualmente, las plantas de tomate industrial se producen en almacigueras de la industria plantinera con métodos y condiciones medio ambientales controladas, debido a que estos factores influyen fuertemente la germinación de la semilla. La semilla germina mejor en oscuridad, incluso la luz puede inhibir este proceso; la presencia de humedad es fundamental, la tasa y grado de absorción de agua por la semilla para germinar es afectada por la temperatura, contenido de agua y salini-

dad del medio ambiente. Con 50 a 75% de capacidad de campo es el óptimo para germinación, pero puede germinar desde un poco sobre punto de marchitez hasta capacidad de campo. Sin embargo, alto contenido de agua en el suelo puede causar serios problemas de germinación debido a la falta de oxígeno para la semilla, porque el tomate es muy sensible a pobres condiciones de oxigenación del suelo. Aunque esta planta no es tan sensible a condiciones de salinidad, muestra disminución en porcentaje de germinación bajo estas condiciones. Respecto a temperatura ambiental para germinar, el rango va desde 13 a 25°C, siendo el óptimo entre 25 y 30°C, bajo 10°C y sobre 33°C no germina.

La mayoría de las variedades de tomate disminuyen su desarrollo vegetativo con temperaturas bajo 13°C, siendo muy afectada la cuaja de fruto (Picken, 1984). La cuaja con bajas temperaturas (6°C) se ve reducida debido a la calidad y cantidad de polen disponible, pero no afecta negativamente la viabilidad del óvulo, ni los primeros estados de desarrollo del embrión. La temperatura diurna ideal para crecimiento vegetativo está entre 24 y 25°C, con una nocturna entre 15 y 18°C, mientras que para floración la temperatura más adecuada es de 21°C. Con temperaturas entre 10 y 12°C la planta detiene su crecimiento.

La temperatura diurna promedio, más que las temperaturas diurna y nocturna, controla el número de racimos y de flores (Hurd y Cooper, 1967). Temperaturas menores a 10°C durante inicio de inflorescencia promueven las ramificaciones de este resultando en más flores por inflorescencia. Similarmente, una baja en la temperatura de raíces promueve un incremento del número de flores del primer racimo. Sin embargo, altas temperaturas diurnas provocan un desarrollo más rápido de las flores, que altas temperaturas nocturnas. Por otra parte, temperaturas altas estimulan el aborto floral, como consecuencia de falla en la cuaja de frutos más que un efecto directo de la temperatura. Al parecer, la baja disponibilidad de asimilados durante el desarrollo floral estimula el aborto de botones florales, esto es producido porque el exceso de temperatura disminuye la tasa de fotosíntesis, por lo tanto, hay menos asimilados disponibles. Altas temperaturas, sobre 40°C, dañan el polen, siendo el estado más crítico durante el desarrollo del polen la meiosis, que ocurre alrededor de nueve días antes de la antesis.

La temperatura es un factor crítico para que el fruto se desarrolle después de cuaja. Si los frutos no están expuestos a las temperaturas necesarias que propicien el crecimiento y la maduración, la producción es por lo general más baja, de menor calidad visual y organoléptica (Escaff y otros, 2005). Después de cuaja, el tomate necesita alrededor de 40 a 50 días para desarrollarse y madurar. Temperaturas diurnas mayores a 32°C y nocturnas mayores a 21°C no son ideales para cuaja de fruta, la temperatura

óptima fluctúa entre 15 y 20°C. El color rojo de la fruta está dado por el contenido de licopeno y caroteno, que se generan cuando la temperatura ambiente está bajo 29°C, pero se detiene cuando está bajo 10°C. La mejor temperatura para la maduración de fruto, con buen color, aroma y sabor está entre 21 y 27°C. El fruto maduro rojo suele soportar mejor las bajas temperaturas que el verde, con temperaturas bajo 10°C la fruta verde sufre daños que limitan su capacidad de maduración, y con exposición a temperaturas bajo 4,5°C se descomponen y pudren. Por otra parte, fruta expuesta al sol con temperaturas sobre 35°C sufre daños de “golpe de sol”, con pérdida de pigmentación en el fruto.

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

### **Ciclo de desarrollo**

El tomate industrial es un cultivo que se realiza bajo el sistema de almácigo-trasplante. En la actualidad, el 100% de los almácigos son hechos en viveros especializados, bajo condiciones controladas, entregando al agricultor bandejas de plantines en óptimas condiciones para su trasplante inmediato. Debido a la gran cantidad de plantas que se necesitan, los viveros programan sus siembras de manera escalonada, de forma de ir entregando material constantemente. Las primeras siembras se inician a principios de julio, para empezar a entregar plantines la primera semana de octubre para trasplantes en la zona de O'Higgins donde las heladas de primavera son menos frecuentes.

Posteriormente, continúan los trasplantes hasta noviembre cubriendo la Región del Maule y el norte de Ñuble como lo más tardío. La labor de trasplante está prácticamente toda mecanizada. El periodo vegetativo de las variedades varía de acuerdo con el programa de recepción y procesamiento de la planta agroindustrial. Se usan variedades precoces (105- 110 días) al principio de temporada para iniciar el procesamiento temprano, las mismas se usan más al sur y fin de temporada de trasplante para cubrir la fase final de procesamiento. A la vez se trasplantan temprano variedades de precocidad intermedias (110 a 115 días) para cubrir el abastecimiento de la planta de procesamiento después que se terminen las precoces.

La cosecha se realiza desde fines de enero hasta principios de abril, siendo totalmente mecanizada.

## Sistema de plantación y población

Como se mencionó anteriormente, el sistema de plantación es de almácigo-trasplante a raíz cubierta, completamente mecanizado. Se usan aproximadamente 100 a 200 g de semilla por hectárea, siendo el número de semillas por gramo bastante variable, dependiendo del tamaño de la semilla, el que fluctúa entre 250 y 400 semillas por gramo. El plantín proveniente de vivero debe venir acondicionado y endurecido, listo para ser trasplantado, pero también debe tener características como:

- 4 a 6 hojas bien formadas
- altura entre 12 a 15 cm
- 4 a 6 mm de grosor de tallo
- libre de enfermedades, pudriciones o plagas visibles.

La población por establecer es de 35.000 plantas por hectárea en mesas separadas de 1,2 a 1,4 m entre hileras, dependiendo esta última distancia de la trocha de trabajo de la maquinaria a usar. La población final se ajusta con la distancia sobre hilera.

## Fertilización

El tomate industrial tiene altos requerimientos de nutrientes, pero además los agricultores suelen aplicar niveles de nitrógeno superiores a las necesidades del cultivo para evitar riesgos de menor rendimiento, con los perjudiciales efectos medioambientales que esto implica.

Aplicaciones racionales debería ser un manejo común para los productores, usando la cantidad que el cultivo extrae de acuerdo con el rendimiento esperado y a la eficiencia de uso del fertilizante. De esta manera se hace un manejo más amigable con el medio ambiente y se disminuyen pérdidas de material y económicas. Una aplicación racional de nutrientes parte del conocimiento de la extracción por unidad de peso de fruta a producir, por ejemplo, en el Cuadro 4 se muestra una de las estimaciones por tonelada de fruta producida.

Por otra parte, Martínez (2017) propone que la extracción en plantas francas, no injertadas por tonelada de fruta cosechada es de 2,6 kg de N; 0,5 kg de  $P_2O_5$ ; 3,9 de  $K_2O$ ; 1,6 de CaO y 0,4 de MgO.

**Cuadro 4. Extracción de nutrientes (kilos) por tonelada de fruta cosechada (Castilla, 2001).**

Nutriente	Extracción (kg/t)
Nitrógeno (N)	2,1 – 3,8
Fósforo (P)	0,3 – 0,7
Potasio (K)	4,4 – 7,0
Calcio (Ca)	1,2 – 1,1
Magnesio (Mg)	0,3 – 1,1

En otros países, como España, hay normas que rigen las aplicaciones de nutrientes en el cultivo del tomate (Macua y otros, 2017). Esta se llama Norma Técnica Específica de Producción Integrada de Tomate, es diferente para cada Comunidad Autónoma, dependiendo de las condiciones de suelo, clima y producción. Por ejemplo, en la Comunidad Autónoma de Extremadura esta Norma permite la aplicación máxima por tonelada de producción de 3,0 kg de N; 1,5 kg  $P_2O_5$ ; 4,0 kg  $K_2O$ ; 2,0 kg Ca y 1,0 kg de Mg. En el Cuadro 5 se muestra lo permitido por esta Norma en otras comunidades importantes en producción de tomate.

**Cuadro 5. Máximo de nutrientes permitidos por la Norma Específica para producción de tomate en las Comunidades de Andalucía y Navarra en kg por hectárea. (Macua y otros, 2017).**

Comunidad	Nitrógeno	Fósforo		Potasio	
	N	P	$P_2O_5$	K	$K_2O$
Andalucía	300	160	367	300	374
Navarra	120 - 140	79	180	208	250

En el cultivo de tomate para industria, las aplicaciones de fertilizantes sólidos se parcializan con el 20% del nitrógeno, todo el fósforo, potasio, calcio y magnesio en pre-plantación incorporado al suelo; 40% del nitrógeno a inicio de floración y el 40% restante a inicio de fructificación (Saavedra y Ried, 2003).

## Riego

El tomate es un cultivo considerablemente sensible al estrés hídrico y retraso del riego afectando la calidad y el rendimiento. El estrés hídrico provoca una reducción del número y tamaño de fruto, pero incrementa los sólidos solubles por concentración, favorable para la agroindustria, que busca un alto contenido de azúcares en la materia prima. Por lo tanto, dar un leve estrés a la planta a fines de su ciclo de producción y antes de cosecha favorece la concentración de sólidos solubles en el fruto.

Una programación de riego eficiente pone a disposición del cultivo el agua que necesita a lo largo de todo su ciclo. Aplicaciones de agua mediante riego superiores a las necesidades del cultivo o distribuida de forma incorrecta generarán pérdidas de agua, ya sea por debajo de la zona de raíces o por escurrimiento superficial. Además, el exceso de agua arrastrará nutrientes y suelo fértil, incrementando los costos del cultivo en forma injustificada y contribuyendo a la contaminación de acuíferos y cauces de agua.

En general, el tipo de riego determina el consumo de agua. Riego por surco tradicional tiene un consumo de agua de alrededor de 11.500 m<sup>3</sup>/ha, incluyendo pérdidas e ineficiencias; mientras que el riego presurizado es de alrededor de 5.000 a 5.500 m<sup>3</sup>/ha por temporada.

El consumo de agua, o necesidades hídricas del cultivo, depende de dos aspectos fundamentales: de las condiciones meteorológicas (estimadas por la ETo) y del estado de desarrollo del cultivo (en función del Kc). En el tomate para procesamiento, el período que va entre el trasplante y la cosecha se puede dividir en cuatro fases y en cada una de ellas las necesidades hídricas son diferentes:

1. Fase de pos-trasplante (fase I): esta fase se inicia con el trasplante. La duración depende en cierta medida de la recuperación de la planta al estrés del trasplante y se considera que finaliza cuando la hilera de plantas alcanza un porcentaje de suelo cubierto de un 5%
2. Fase de crecimiento rápido (fase II): durante esta fase las plantas tienen un crecimiento muy rápido, el porcentaje de suelo cubierto pasa rápidamente de un 5 % hasta alcanzar valores del 80 %. Esta es también una etapa de crecimiento muy activo de raíces, de forma que al final de la misma suelen alcanzar el máximo desarrollo en profundidad. Aquí tiene lugar la floración y cuaja; por tanto, un déficit de agua en este período provoca abortos de flores y tiene consecuencias negativas: menor número de frutos cuajados, prolongación de la floración y cuaja provocando menor uniformidad en la

maduración, y frutos con podredumbre apical. Todo ello supone una pérdida clara de cosecha; por ello, en esta fase es fundamental garantizar que el cultivo esté en óptimas condiciones hídricas

3. Fase de crecimiento de frutos (fase III): se inicia tras la cuaja, y dado que se produce de forma escalonada, tampoco hay un momento exacto de inicio, ya que en una misma planta encontraremos frutos en diferente estado de desarrollo. Se considera como el inicio cuando se estabiliza el crecimiento de la vegetación
4. Fase de maduración (fase IV): los frutos comienzan a cambiar de color, pasando de verde a rojo. (Macua y otros, 2017).

Para el diseño de un sistema de riego, se debe conocer la evapotranspiración del cultivo en referencia a la zona donde se realizará (ET<sub>o</sub>). Al respecto, existen publicaciones nacionales que entregan valores medios mensuales de ET<sub>o</sub> para las principales localidades del país. Debe tenerse especial precaución para que el sistema satisfaga los requerimientos de ET<sub>c</sub> de los meses de máxima demanda del cultivo (Antúñez y Felmer, 2017). La evapotranspiración del cultivo (ET) está 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.

El criterio de reposición de agua en plantas de tomate, cuando se riega gravitacionalmente por surcos, es aplicar agua cuando se ha agotado cerca del 30% de la humedad aprovechable. Mientras que en el caso de riego presurizado localizado es recomendable el riego frecuente, cuando se agota el 10 a 20% de la humedad aprovechable del suelo, evitando la saturación del suelo que puede iniciar el ataque de patógenos que afectan al cuello de la planta (Antúñez y Felmer, 2017).

El riego, por ser uno de los factores de mayor influencia en el rendimiento y calidad industrial del tomate para procesamiento, nunca debe ser deficitario. Sin embargo, hay estrategias de manejo de riego con restricciones hídricas en etapas fenológicas no críticas para la producción. Aplicaciones de volúmenes de agua por debajo de las necesidades reales han obtenido resultados positivos en incremento de sólidos solubles, pero con disminución en la producción (Harmanto y otros, 2005; Campillo, 2007). La planta de tomate es sensible al estrés hídrico (Nuruddin et al., 2003) y requiere un suministro de agua constante y adecuado durante el período vegetativo, siendo la etapa reproductiva (floración-cuja) la más sensible al déficit (Waister y Hudson, 1970), por lo que se recomienda aplicar una estrategia de restricción hídrica

en la fase de crecimiento y maduración de los frutos. En ensayos realizados por Lahoz (2015) encontró que el riego deficitario continuado (75 % ETc) generó una merma de 16,4% en producción, aunque incrementó 8,4% los sólidos solubles, pero generó un ahorro del 28,2% en uso de agua. Por el contrario, con un riego deficitario controlado, con solo reducción del riego tras la cuaja (100-50% ETc) se obtiene un mayor ahorro de agua (31,7%), una menor reducción media de la producción comercial (12,9%) al no provocar un estrés a la planta en un momento crítico de su desarrollo (floración-cuaja) y, además, un aumento del contenido en sólidos solubles totales (10,4%), lo que implica un mayor incremento de la calidad organoléptica que con un riego deficitario continuado.

## **Sanidad**

El tomate agroindustrial como todo cultivo tiene una serie de enemigos naturales que afectan su rendimiento y calidad de producción. Las plagas y enfermedades son bastante comunes con respecto al tomate para consumo fresco. La actual tendencia a utilizar menos agroquímicos para una producción limpia implica la implementación de una serie de medidas restrictivas y de manejo, así como la utilización de técnicas como el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), el cual involucra los diferentes métodos de control existentes.

### **Enfermedades**

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 (Sepúlveda, 2017). Las principales enfermedades y su tratamiento son:

- Pudrición gris: Causada por el hongo *Botrytis cinerea*, puede infectar la planta de tomate en cualquier estado de desarrollo. El patógeno es favorecido por alta humedad y temperaturas de 20°C.

Esta pudrición puede aparecer en cualquier estructura de la planta como tallos, hojas, flores y frutos. Las esporas del hongo, de coloración gris, pueden cubrir flores y el cáliz, infectando los frutos. La infección puede ocurrir por el contacto con estructuras infectadas o mediante la germinación de conidias cuando existe presencia de agua libre, que puede provenir de lluvia, niebla, rocío o riego. Se produce una esporulación gris abundante sobre los tejidos infectados.

Prevención es uno de los mejores métodos de control, por eso es importante manejar el riego para mantener esta enfermedad en un bajo nivel de incidencia. Por otra parte, el retiro o incorporación inmediata de los residuos de cosecha es fundamental, ya que el hongo puede sobrevivir en materia orgánica en descomposición. Las plántulas se deben inspeccionar antes de llevarlos a campo y trasplantar, se debe mantener un bajo nivel de humedad superficial cuando se tienen frutos en la planta y que no entre en contacto con el fruto.

Cuando existe riesgo de que la enfermedad se presente, se puede aplicar en forma preventiva productos químicos autorizados por el SAG presentados en Cuadro 6.

- Oidio: El oidio (*Leveillula taurica*) es un parásito obligado que solo sobrevive en tejidos activos del huésped. Forma un micelio superficial provisto de haustorios para fijarse en la superficie de los tejidos, afectando la capacidad fotosintética de la planta.

Se caracteriza por la presencia de un moho pulverulento blanquecino que puede estar en todas las partes vegetativas de la planta como hojas, tallos y frutos. Los tejidos parasitados pueden necrosarse cuando la infección ya es severa, produciéndose cicatrices, puede producirse muerte de hojas, las cuales permanecen en la planta y, además, una significativa pérdida de rendimiento al exponer los frutos al sol.

El oidio se presenta más frecuentemente en invernaderos que al aire libre, donde existen condiciones ambientales de temperatura y humedad favorables para su desarrollo. El hongo se conserva en los restos de vegetación afectada de cultivos precedentes y sobre otras plantas huéspedes, ya sean cultivadas o malezas, y se difunde mediante conidios. La diseminación ocurre por las conidias asexuales del hongo que son diseminadas por el viento. Las condiciones óptimas de desarrollo son temperaturas de 20-25° C y 50-70% de humedad relativa. Las temperaturas altas y la humedad excesiva frenan el desarrollo del hongo y la germinación de los conidios.

Para el control del oidio debe realizarse un monitoreo permanente. Todos los restos de cultivo afectados deben eliminarse para bajar la carga de inóculos o esporas capaces de provocar la enfermedad. Al existir ambiente seco y cálido se recomienda iniciar un programa de aplicaciones, de manera preventiva puede aplicarse azufre, fungicida de contacto que se espolvorea sobre las partes atacadas. Al aparecer los primeros síntomas utilizar fungicidas de bajo impacto ambiental autorizados por el SAG para el control de esta enfermedad, considerando los efectos residuales, es decir el tiempo que el fungicida permanece activo después de su aplicación, así como también el período de carencia, durante el cual el fruto no puede ser consumido. Los productos de mayor eficacia son azoxystrobin, myclobutanil y trifloxystrobin, aunque

en el Cuadro 6 se presenta una serie de ingredientes activos para prevenir y controlar esta enfermedad.

- Tizón temprano: Esta enfermedad es causada por el hongo *Alternaria solani* Sorauer. Todos los estados de crecimiento de la planta son susceptibles a esta enfermedad y se beneficia aún más en plantas estresadas. El desarrollo del patógeno se ve favorecido con temperaturas entre 24 y 30°C, y una humedad relativa sobre 90%.

El modo de diseminación es a través de conidias o esporas, las cuales son trasladadas por el viento y por el agua. Estas esporas son capaces de diseminarse a grandes distancias a través del viento. Las conidias sobreviven asociadas a restos vegetales enfermos de tomate o plantas voluntarias de la familia solanaceae o de algunas malezas. También pueden contaminar semillas y presentar daños de caída de plántulas. Las gotas de lluvia o rocío permiten que las esporas puedan germinar rápidamente logrando penetrar por aperturas naturales (estomas) o directamente por la cutícula (Sandoval y Nuñez, 2016).

Las plantas con mayor susceptibilidad son aquellas que bajo una condición de estrés presentan una mayor proporción de tejido envejecido o senescente, como es el caso de cultivos con fertilización deficiente, particularmente nitrógeno, alta carga frutal o con problemas de salinidad.

Afecta principalmente a las hojas, pero también a tallos y frutos. Se observan lesiones necróticas oscuras y anilladas. En los folíolos se aprecian estas lesiones rodeadas de un halo clorótico. En ataques severos se puede producir una defoliación de la planta afectada. En tallos, éstas pueden estrangular parcial o totalmente la planta. En frutos sólo compromete la parte externa con una lesión hundida, firme, de color café oscuro o verde oliváceo, generalmente asociado a daño por sol. Estas lesiones en frutos también pueden aparecer durante el almacenaje (Reyes, 2016).

La rotación de cultivos, incluyendo especies no susceptibles, es fundamental para bajar la carga de inóculo, al igual que la eliminación de restos vegetales del cultivo con aradura profunda. La selección de variedades resistentes es importante para evitar esta enfermedad, así como el uso de semilla libre de este patógeno y debidamente desinfectada. Si se compran plantines, deben venir libres de cualquier sintomatología sospechosa, para evitar caída de plántulas por estrangulamiento del tallo (Reyes, 2016). Una fertilización balanceada, la mantención de un estado hídrico adecuado y sin malezas de la familia solanácea son prácticas necesarias para mantener sano el cultivo y disminuir la contaminación.

Se debe mantener constantemente un monitoreo del cultivo, verificando alteraciones en la morfología de la planta, de manera de decidir un programa de aplicaciones con fungicidas autorizados por el SAG para el control, procurando alternar ingredientes activos a fin de evitar la generación de resistencia (Bruna, 2006). Un listado de ingredientes activos autorizados por el SAG se muestra en el Cuadro 6.

- Marchitez vascular: Es producida por el hongo *Fusarium oxysporum* Schltdl.: Fr. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W. C. Snyder & H. N. Hansen. Es una importante enfermedad en prácticamente todos los lugares donde se cultiva tomate (Millas y France, 2017). Se puede diseminar a través del agua (Xu *et al.*, 2006), por esta razón, el riego por gravedad aumenta la incidencia de la marchitez vascular y la tasa de desarrollo de la enfermedad (Castaño-Zapata, 2002). Asimismo, puede hacerlo a través de semilla contaminada (Mc. Govern, 2015), aumentando el inóculo inicial (Castaño-Zapata, 2002). El hongo también puede sobrevivir y diseminarse por medio de labores culturales y la diseminación de suelo infectado por herramientas, maquinaria e infraestructura usada para el cultivo, como invernaderos y tutores, que sirven como reservorio de inóculo inicial (Mc. Govern, 2015). El patógeno puede sobrevivir en el suelo casi indefinidamente en forma de clamidosporas, por lo tanto, para almaciguera debe usarse suelo desinfectado. Los restos de cultivos y semilla contaminada son también fuentes importantes de infección, así como también lo son el agua de riego, el viento y los insectos (Millas y France, 2017).

Los factores que favorecen la enfermedad son temperaturas entre 22 y 32°C; suelos arenosos y ácidos; los días cortos y la baja intensidad de luz (Millas y France, 2017); y el uso de fertilizantes amoniacales (Mc. Govern y Datnoff, 1992).

El patógeno ingresa en la planta a través de las raíces, invadiendo el xilema y extendiéndose a través de la planta. Cuando este patógeno ataca plántulas ocasiona caída de plántulas o damping off, que es favorecido por la carencia de lignina en el tallo, lo que las hace más susceptibles, permitiendo que el patógeno alcance rápidamente los vasos del xilema, causando la destrucción y el colapso del tejido (Agrios, 2005). El tejido vascular de una planta enferma se torna de color pardo oscuro, siendo más notable en el punto de unión del peciolo con el tallo. Cuando el hongo ataca a plantas adultas, la enfermedad se conoce como marchitez vascular. Los síntomas se inician con un amarillamiento de las hojas basales, que posteriormente se marchitan y mueren. Las ramas infectadas y sus estructuras muestran clorosis y marchitez. En los haces vasculares puede observarse una coloración pardo-oscuro que se extiende hasta el peciolo de las hojas. Las hojas presentan marchitez en los folíolos de un

lado del pecíolo, mientras que los del lado opuesto se ven sanos (Vásquez-Ramírez y Castaño-Zapata, 2017).

El control con métodos de tipo cultural es recomendable, la rotación de cultivos por un periodo de 5 a 7 años (Jones y otros, 1982) reduce el inóculo inicial y, por consiguiente, la incidencia de la enfermedad (Castaño-Zapata, 2002). Se debe escoger con cuidado el cultivo con el cual se va a rotar, evitando especies de la familia *Solanaceae*. Sin embargo, el mejor modo de controlar esta enfermedad es el uso de variedades con resistencia genética a las distintas razas. Utilizar nitrógeno nítrico en vez de amoniacal (Jones y otros, 1982), ya que el nítrico inhibe el crecimiento del hongo pudiendo aumentar los rendimientos. En plantas ya infectadas puede ser recomendable realizar una aporca de manera de regenerar raíces necrosadas.

La aradura profunda mejora las características físicas del suelo, modifica la porosidad, aumenta la retención de agua, la oxigenación y temperatura, acelera la descomposición de residuos vegetales al reducir su tamaño inactivando parte del inóculo presente en ellos y, en consecuencia, disminuyendo la incidencia de la enfermedad (Neshev, 2008). La población del hongo también puede ser reducida mediante cultivos de cobertura, usados como fuente de carbono (Butler *et al.*, 2012b). El trasplante de plántulas en camellones mejora el drenaje, afectando adversamente la tasa de desarrollo de la enfermedad (Castaño-Zapata, 2002). Toda práctica que conduzca a un ambiente desfavorable para fusarium (Ajillogba & Babalola, 2013) produce una disminución de inóculo, así como la desinfección de suelos mediante vapor, dazomet, metam sodio o solarización. También existen varios ingredientes activos que ayudan el control de esta patología, los cuales se presentan en el Cuadro 6.

- **Virosis:** Las enfermedades producidas por virus no son curables, entonces una vez que el virus ingresa a la planta no hay control posible. Estos son parásitos obligados, por lo tanto, requieren de tejido vivo para su multiplicación activa o simplemente para estar en receso. Sin embargo, hay excepciones como el Virus del Mosaico del Tabaco (TMV), debido a que puede sobrevivir en restos de tejidos infectados que quedan en el campo, sirviendo de inóculo primario en el siguiente ciclo (Sepúlveda, 2011).

Hay diferentes medios de transmisión de virus, por ejemplo, a través de la multiplicación vegetativa o injertación; otro caso es la transmisión mecánica, como el Virus del Mosaico del Tomate (ToMV), mediante herramientas de poda, manos y ropas en labores de cosecha, deshoje y poda (Arredondo, 2016). La transmisión por semilla constituye uno de los factores más importantes, porque las semillas infectadas dan origen a plántulas que representan una fuente de inóculo inicial temprana, que ade-

más se encuentra uniformemente distribuido. Cuando una planta está infectada, el virus tiene la capacidad de infectar el polen, y cuando este es acarreado por el viento o por insectos, el virus se transmite de una planta enferma a una sana por este medio (Sepúlveda, 2011).

Sin embargo, la mayoría de los virus vegetales son transmitidos de planta en planta por agentes vectores, como insectos (pulgones, mosquita blanca, trips), nemátodos, ácaros y hongos. Estos agentes vectores son capaces de provocar heridas que hacen posible la diseminación horizontal de los virus fitopatógenos, ya que por sí solos no pueden ingresar a las plantas. Por ejemplo, el pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*), transmite el Virus del Mosaico del Pepino (Cucumber Mosaic Virus, CMV) y el Virus del Mosaico de la Alfalfa (Alfalfa Mosaic Virus, AMV). Entre los trips el *Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis* y *Frankliniella fusca*, son vectores del Virus del Bronceado del Tomate o peste negra (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV) (Arredondo, 2016).

En general, los síntomas varían de acuerdo con el virus que se trate, pero normalmente se observa disminución del tamaño de planta y fruto, número de frutos, mosaico, amarillez de follaje, necrosis de tejidos, malformaciones de frutos y hojas, y anomalías en el crecimiento de la planta (Sepúlveda, 2011).

A modo de prevención de enfermedades virales, es conveniente el uso de plantas libres de virus, eliminación de plantas enfermas, realizar controles preventivos de vectores y uso de variedades tolerantes o resistentes a los virus que se presentan en la zona de producción (Sepúlveda y otros, 2011).

**Cuadro 6. Fungicidas químicos y orgánicos autorizados para botrytis, oidio, tizón temprano y fusarium en tomate (SAG, 2019).**

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Ác. L-Ascórbico	BC-1000 líquido, Status SL, BC 1000 Dust	X			
Aceite de árbol de Té	Timorex Gold	X	X		
Azoxistrobina	Amistar 50WG			X	
Azoxistrobina/Clorotalonilo	Amistar Opti	X	X		

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Azoxistrobina/Difenoconazol	Amistar Top	X	X	X	
Azoxistrobina/Tebuconazol	Custodia 320SC	X	X		
Azufre	Kumulus, Azufre Landia Aéreo, Acoidal WG, Azufre Ventilado Monte Urkabe, Acoidal Flo, Inferno 80 WP, Azufre Mojable, Azufre Landia 350 Extra, Azufre Floable AN 600, Thiolux, Sulfur 80 WG, Azufre 350 Agrospec, Azufre Mojable Urkabe.		X		
<i>Bacillus subtilis</i> Cepa QST713	Serenade Aso	X		X	
Benomilo	Benomyl 50PM, Benex, Polyben 50 WP, Benomyl 50%WP	X			
Boscalid	Banko, Tronor, Cantus	X		X	
Boscalid/Piraclostrobina	Bellis	X	X	X	
Caldo bordelés	Caldo Bordelés Valle, Cupro Bordelés Agrospec	X		X	
Captan	Captan 80WG, Orthocide	X		X	
Captan/Azufre	Captan Dust	X	X		
Carbendazima	Goldazim 500SC, AM-II; Carbendazima 500SC	X	X	X	X

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Cimoxanilo/Mancozeb	Curzate M8, Moxan MZ WP, Cymanc, Tundra Plus, Rapizent			X	
Ciprodinilo/Fludioxonilo	Switch 62,5WG	X	X	X	
Clorhidrato de propamocarb	Proplant 72SL			X	
Clorhidrato de Propamocarb/Fenamidona	Consento 450 SC			X	
Clorotalonilo	Bravo 720, Clorotalonil 50 Floable, Hortyl 720, Point Clorotalonil 720SC, Daconil 500, Chlorothalonil 500SC, Pugil 50SC, Glider 72SC, Balear 720 SC	X		X	X
Difeconazol	Difeconazol 25EC Agrospec, Score 250EC	X	X	X	
Extracto de cítrico	Lonlife líquido	X			
Fenarimol	Rubigan		X		
Fenhexamida	Altivo 50WP, Altivo 500SC, Fenhexamid 500SC Agrospec, Teldor 50WP Teldor 500SC	X			
Fenhexamida/Fludioxonilo	Frontal 425SC	X			
Fluopiram/Tebuconazol	Luna Experience 400SC	X	X	X	
Folpet	Folpan 50WP	X		X	
Hidrógenocarbonato de potasio	Kaligreen	X	X		

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Hidróxido de cobre	Hidro-Cup WG, Champion WP, Kocide 2000, Hidroxicobre50WG, Hidro Cobre Premium			X	
Himexazol	Tachigaren 70 WP				X
Hipoclorito de sodio/ clorito de sodio	Tecsa Pro Plus	X			
Iprodiona	Ippon 500SC, Iprodion 50WP, Iprodion Flo, Rukon 50WP, Rukon Flo, Rovral 50%WP, Rovral 4Flo, Tercel 50WP	X		X	
Iprodiona/Azufre	Tercel Dust	X			
Kresoxim-metilo	Kenbyo, Kresoxim-metil 500SC Agrospec, Krymet 50SC, Stroby SC, X-Trem 50SC	X			
Mancozeb	Dithane NT, Fungizeb 800WP, Mancozeb 80%PM, Mancozeb 80WP, Manzate WG, Unizeb 75WG, Von-dozeb, Manzeb 80WP	X		X	
Mancozeb/Metalaxilo	Fungizeb MT 58%WP	X		X	
Mancozeb/Oxicloruro de cobre	Mancozeb-Cu			X	
Mancozeb/Sulfato Di-básico de Cobre	Cuprofix MZ Disperss			X	
Metalaxilo/Mancozeb	Mancolaxyl, Unilaxyl, Crater MX 70%WP			X	
Metalaxilo/Oxicloruro de cobre	Metalaxil Cobre			X	

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Metalaxilo-M (Mefenoxam)/Clorotalonilo	Folio Gold 440 SC	X		X	
Metconazol	Caramba 90SL		X	X	
Metiram	Polyram DF	X		X	X
Miclobutanilo	Systhane 2EC, Mycostop 24EC, Rally 2EC, Miclobutanil 40 WP Agrospec, Miclobutanil 240 EC Agrospec, Crusader, Systhane 2E		X		
Oxicloruro de cobre	Oxicup WP, Fungicup WP, Oxicup WG, Koper 87 WP, Fungicup WG, Oxicup Blue WG, Super CU WG, Agrocup, Oxicron 50 WP			X	
Oxido Cuproso	Cuprodul WG, Nordox Super 75WG, Cuproso 50WG Agrospec, Cobre Premium, Cuprodul Flo, Oxido Cuproso 50%WG, Cuproso 75 Agrospec WG, Cuproso Flo			X	
Piraclostrobina	Comet	X	X	X	
Pirimetanilo	Bonuss 400SC, Pyrepost 400SC, Pyriclan 400SC, Pyrus 400SC, Scala 400SC	X			
Procimidona	Sumisclex 50%WP	X			
Procloraz	Mirage 40EC	X			
Sulfato de cobre pentahidratado	Phyton 27, Biocopper extra, Mastercop	X		X	X

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Botrytis	Oidio	Tizón Temprano	Fusarium
Tebuconazol	Apolo 25 EW, Atlas 25EW, Orius 25 EW, Tacora 25WP, Tebuconazol 250 WP Agrospec, Vertice 25EW, Horizon 25%WP	X	X		
Tiofanato-metilo	Rutyl, Cercobin M	X	X		
Tiram	Pomarsol Forte 80%WP	X		X	
Triadimefon	Bayleton 25% WP, Swift T25, Triadimefon 25 WP, Xenor, Nabac 25WP		X		
<i>Trichoderma atroviride</i>	Tifi polvo	X			
<i>Trichoderma harzianum</i>	Harztop	X			
<i>Trichoderma harzianum/T. polysporum</i>	Binab-T WP	X			X
<i>Trichoderma spp.</i>	Stac, Stac-I/Beta, Trichonativa Hortalizas, Binab-T WP	X			X
Trifloxistrobina	Flint 50%WG	X	X	X	
Trifloxistrobina/Pirime-tanilo	Mystic 520 SC		X	X	
Triforina	Saprol 190 EC			X	

### Plagas

El cultivo del tomate industrial es bastante susceptible al ataque de plagas. Las de mayor relevancia son la polilla del tomate, gusanos cortadores y algunas cuncunillas que afectan principalmente a frutos. El ácaro eriófito *Aculops lycopersici* (Masse), aunque no reviste importancia económica, en la zona central puede llegar a tenerla si se presentaran las condiciones favorables para su desarrollo temprano en la temporada (Larraín, 1987).

- Polilla del tomate: La polilla del tomate (*Tuta absoluta* (Meyrick)) es la principal plaga en el cultivo del tomate, de no ser controlada puede llegar a producir pérdidas del 90% de rendimiento (Estay, 2000). Esta plaga está presente en Chile desde 1955, siendo probablemente introducida al país por el norte (Arica) desde Perú, donde fue descrita por primera vez en 1917. En la actualidad está ampliamente distribuida por Sudamérica. En Chile se encuentra afectando el cultivo de tomate desde la Región de Arica y Parinacota a la Región del Maule (Larraín, 1987).

El daño lo produce la larva en hojas, brotes, flores y frutos. En hojas consume todo el mesófilo, dejando sólo la epidermis, por lo cual la hoja queda transparente. En brotes produce deformaciones, por consumo de la parte apical. En frutos verdes y maduros, entra por la zona de los sépalos, dejando perforaciones y galerías internas (Estay, 2006).

El ciclo de desarrollo del insecto pasa desde los estados de adulto, huevo, cuatro estados larvarios y pupa. Adultos se presentan durante todo el año desde la V a la VII regiones. Hacia fines de octubre, se presenta la máxima población de adultos. La segunda generación se presenta a fines de noviembre y luego una tercera generación en la tercera semana de diciembre. A partir de este vuelo se produce un traslape en las siguientes generaciones.

Los métodos de control se inician con el tipo cultural, donde se debe inspeccionar las plántulas provenientes de la plantinera, eliminando toda planta contaminada. En potrero, deshojar y retirar hojas con larvas o daño presente, así como la eliminación inmediata del rastrojo después de deshoje y cosecha. Es necesario estar atento a la presencia de enemigos naturales como parasitoides del género *Trichogramma*, los cuales oviponen en el interior de los huevos de la polilla del tomate y otros lepidópteros, los huevos parasitados se vuelven negros. Las liberaciones de este controlador se deben realizar cuando se observan los primeros huevos de *T. absoluta* en las hojas. La dosis recomendada es 100 pulgadas<sup>2</sup> de *Trichogrammas*/ha. La liberación se debe relacionar con la densidad y distribución de la plaga, colocando una mayor densidad en los focos detectados (Olivares y Guzmán, 2017).

La decisión de iniciar el control químico está en relación con la caída de machos en trampas con feromonas y daño o infestación en los folíolos. Los índices recomendados son:

- 70 machos/día con 0% de daño en plantas
- 50 machos/día con 6% de plantas con huevos y/o larvas
- 25 machos/día con 10% de plantas con huevo y/o larvas.

También la acumulación térmica desde el peak de caída de machos en trampas relacionando a la fenología de la planta, es un buen indicador. Se debe evaluar desde la primera generación de polilla, a partir del peak de machos adultos a eclosión de larvas, aplicar con 103,2<sup>o</sup>D, con temperatura umbral de 7°C (Estay, 2006).

Es recomendable el 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, 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 repetir a los siete días (Olivares y Guzmán, 2017).

Finalmente, si la infestación no puede ser controlada biológicamente, se debe usar productos químicos como los listados en el Cuadro 7, donde se muestran los autorizados por el SAG.

- Gusano del choclo: El gusano del choclo (*Heliothis zea* (Boddie)) es un insecto muy polífago, con mucha actividad en maíz, tomate, alfalfa, cebolla, ajo, melón, tabaco, trigo y gran diversidad de malezas. Está presente desde la Región de Arica y Parinacota a la de Los Lagos. En estado de plántula el gusano corta la planta a nivel del cuello, matándola (Estay y Vitta, 2017).

En tomate, el daño es provocado por la larva recién eclosada, muchas veces se confunde con el causado por gusanos cortadores, pero estos últimos atacan preferentemente a los frutos que están en contacto con el suelo (Larraín, 1987). La larva comienza consumiendo hojas, pero también puede taladrar tallos. En plena fructificación, la larva se traslada al fruto teniendo preferencia por los frutos verdes. Generalmente completan su ciclo larval en un sólo fruto al que muerden perforando superficialmente, lo que a menudo facilita la introducción de patógenos. Las larvas pequeñas también pueden afectar a varios frutos, perforándolos superficialmente, el daño típico es una galería profunda, generalmente en frutos verdes, los cuales, a raíz del daño, comienzan a madurar, aunque no se encuentren plenamente desarrollados (Estay y Vitta, 2017).

En climas templados, una generación demora aproximadamente 30 - 40 días; el insecto inverna como pupa. En la zona central la primera generación aparece desde fines de octubre y la generación que causa daño al cultivo ocurre en diciembre y enero (Larraín, 1987).

Los huevos son depositados en forma aislada, usualmente en la parte inferior de las hojas más cercanas a flores y frutos. Ocasionalmente se encuentran en los tallos o en

el cáliz de frutos verdes. Los huevos recién ovipuestos son de color blanco ceroso, esféricos con estrías longitudinales, desde la base al ápice. A medida que se desarrolla el embrión adquiere un color amarillo cremoso y antes de eclosionar se tornan de color rojizo a café. Las larvas al eclosionar miden alrededor de 1 mm, trasladándose al lugar donde se alimentarán. En general, su color varía de verde o rosado claro a marrón o casi negro. Como son tan variables los colores de las larvas, no es una característica que permita diferenciarlas de otras especies de gusanos cortadores. Sin embargo, la presencia de gránulos oscuros, provistos de una cerda corta en el ápice a lo largo del dorso en el esqueleto, permiten identificarla de otras especies. Cuando han adquirido su desarrollo miden entre 33 a 55 mm de largo por 6 a 7 mm de diámetro y se dejan caer al suelo donde pupan.

La pupa es obtecta, o sea los apéndices están soldados al cuerpo de la pupa. Es de color rojizo y luego marrón oscuro. Se puede encontrar en el suelo enterrada entre 5 a 8 cm de profundidad. En la zona central de Chile invernan como pupa de tercera generación. Los adultos son mariposas de tamaño mediano, de 25 a 42 mm de expansión alar, las alas anteriores son de color café claro, con ligeros tintes amarillo-verdosos. Sobre el ala se distingue una mancha negra pequeña, ubicada en la parte superior del área pos mediana y una banda gris que ocupa el área sub apical y sub marginal externa. A 0,5 mm existe una línea oscura a lo largo de la cual están ordenados en hilera 8 puntos negros diminutos. Las alas posteriores son de color amarillo con una banda parda en el extremo. Carecen de mancha distal o está muy difusa. El tórax y el abdomen están cubiertos de pelos del mismo color que el primer par de alas (Estay y Vitta, 2017).

La detección y prevención son fundamentales para controlar esta plaga, así la presencia de machos adultos puede ser detectada mediante el uso de trampas con feromona sexual sintética específica. En la zona central, a partir de octubre, observar la presencia de huevos y daño en hojas, antes que se inicie la fructificación, ya que una vez que penetran al fruto es muy difícil su control.

Una adecuada preparación del suelo es importante, con uso de rastra que invierta el suelo y que exponga al sol a las pupas invernantes que están enterradas en el suelo, para que se deshidraten o los pájaros se las coman. También es muy importante mantener los predios limpios de malezas, especialmente las hospederas de este insecto.

Existe una serie de enemigos naturales que ejercen acción sobre huevos y larvas destacando las especies de dípteros de la familia Tachinidae. También los micro himenópteros de la Familia Braconidae, Ichneumonidae y Trichogrammatidae, este último, parasitoide de huevos. Como predador de huevos en condiciones de campo

en la zona central de Chile se destaca el chinche de la familia Anthocoridae, *Orius insidiosus*.

En el control químico de esta plaga destacan los insecticidas de origen biológico, aplicados a larvas de primera generación, pero hay muchos ingredientes activos que ejercen control (Cuadro 7).

- Mosca minadora: Esta plaga (*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)) originaria de Centro y Sudamérica, se encuentra distribuida en Chile desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Aysén, incluyendo 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 (Olivares y Guzmán, 2017). 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. La larva se alimenta del mesófilo de la hoja formando galerías que se van ampliando durante su crecimiento. Esto produce una reducción de la capacidad fotosintética de la planta, y con ataques severos la hoja muere prematuramente (Olivares y Guzmán, 2017; Rodríguez, 2017).

La hembra puede depositar más de 250 huevos bajo la epidermis de la hoja, de preferencia en su envés. La larva que eclosa pasa por tres estadios para luego pupar y dar origen a un nuevo adulto. Su ciclo de vida dura casi tres semanas a 20°C (Rodríguez, 2017). El rango óptimo de temperatura para el desarrollo de la mosca está entre 20 y 27°C, pero lluvias prolongadas pueden afectar negativamente la vida del insecto. La mayor actividad de la plaga se produce en horas de poca luminosidad (5 a 6 am y 4 a 6 pm). En verano, la presencia de enemigos naturales es capaz de regular la población de moscas minadoras (Larraín, 2002).

Para su control, es necesario realizar un muestreo sistemático de la plaga desde el inicio del cultivo, usando trampas adhesivas o bandejas de agua amarillas para monitorear los adultos, en un número no inferior a dos trampas por hectárea. Las larvas o su daño pueden ser estimados contando en hojas de 25 plantas/ha (Rodríguez, 2017; Larraín, 2002).

Existen numerosos agentes de control biológico asociados a la plaga como los parasitoides *Opus* sp., *Ganaspidium* sp., *Halticoptera circulus*, *H. patellana*, *Lamprotatus tubero*, *Didimotropis cercius*, *Dyglyphus* sp. y *Chrysocharis phytomyzae* (Rodríguez, 2017).

En caso de observarse una alta densidad de la plaga (por ejemplo, más de 130 adultos/trampa) y baja actividad de enemigos naturales en invierno, se puede recurrir al uso de agroquímicos que deben ser de preferencia selectivos y con registro SAG (Cuadro 7). Su uso debe considerar la rotación para evitar resistencia.

**Cuadro 7. Insecticidas químicos y orgánicos autorizados para polilla del tomate, gusano del choclo y mosca minadora en tomate (SAG, 2019).**

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Polilla del tomate	Gusano del choclo	Minador
Abamectina	Fast 1.8 EC, Vermitec 018 EC, Numek, Romectin 1,8 EC, Kraft EW, Grimectin, Fast Plus, Abamite 1,8% EC, Abamectin 18 EC Agrospec, Abamite ME, Abamax 1,8% EC	X	X	X
Acefato	Orthene 75 SP	X	X	X
Acetamiprid/Lambda-Cihalotrina	Gladiador 450 WP, Colt 45 WP, Juno 45% WP	X	X	
<i>Bacillus thuringiensis</i> Cepa N1/ <i>Bacillus thuringiensis</i> Cepa N2/ <i>Bacillus thuringiensis</i> Cepa N3	Betk-03	X		
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Kurstaki</i>	Javelin WG	X	X	
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Kurstaki</i> (Cepa: ABTS-351)	Dipel WG	X	X	
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Kurstaki</i> Cepa SA-12	Costar	X		
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> serotipo 3a, 3b, cepa SA-11	Delfin WG	X	X	
Ciantraniliprol	Azyra, Verimark	X		X

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Polilla del tomate	Gusano del choclo	Minador
Clorfenapir	Sunfire 240 SC	X		
Clorhidrato de Cartap	Neres 50 % SP	X		
Clorpirifos	Lorsban 4E, Pyrinex 48 % EC, Clorpirifos 48% CE, Troya 4 EC, Troya 50 WP, Master 48% EC, Clorpirifos 480 EC Agrospec	X		X
Diflubenzuron	Dimilin 48 SC	X		
Flubendiamida	Belt 480 SC	X	X	
Hidrogenooxalato de Tiociclam	Evisect 50 SP	X		X
Lufenuron	Sorba 050 EC	X		
Metaflumizona	Verismo	X		
Metamidofos	Monitor 600, Methamidophos 60%, MTD 600 SL, MTD 600, Hamidop 600, M-600, Rukofos 60 SL	X	X	X
Metomilo	Lannate Blue, Balazo 90 SP, Kuik 90 SP	X		
Permetrina	Pounce	X	X	
Profenofos	Selecron 720 EC	X	X	X
Tebufenozida	Mimic 2 F	X		
Triflumuron	Alsystin 480 SC	X		

### **Malezas**

Las malezas no solo causan daños por competencia, sino también por alelopatía y por dificultades de desplazamiento de equipos y personas en el potrero. Por otra par-

te, causan daños indirectos ya que muchas son hospederos y propician la presencia de plagas y enfermedades.

La aplicación de un sistema de producción integrada es recomendable para su manejo, las malezas deben ser controladas con el mínimo posible de productos químicos, por lo tanto, se debe considerar una estrategia de manejo que incluya el fomento de competitividad del cultivo con las malezas presentes, la prevención del ingreso y proliferación de malezas en el predio o potrero, aplicación de tratamientos no químicos al suelo, control mecánico-manual y, por último, control químico.

Sin embargo, antes de analizar la aplicación de cualquier método de control de malezas, es muy importante conocer la vegetación presente en el potrero, reconocer cuales plantas son potencialmente dañinas para el cultivo y entonces tomar determinaciones sobre el o los métodos de control a aplicar.

El cultivo del tomate industrial necesita estar libre de competencia con malezas hasta que tenga 20 a 30 cm de altura, es lo que se denomina “periodo crítico de competencia”. Durante este periodo inicial es cuando se debe fomentar la capacidad del cultivo para competir con las malezas utilizando los medios culturales disponibles que fortalezcan las plantas y debiliten las malezas. Un rápido crecimiento inicial permite una mayor capacidad de competir al cultivo contra las malezas presentes y lograr un mejor cubrimiento de suelo en el menor tiempo.

En general, se pueden distinguir tres formas de control de malezas en cualquier cultivo:

- Cultural
- Mecánico
- Químico

Control cultural: Estas son las primeras medidas que se toman para hacer control de malezas, estas incluyen una serie de tareas y labores como:

- Rotación de cultivos, al alternar diferentes especies con formas de crecimiento y de manejos diversos, permite disminuir las poblaciones de algunas especies de malezas. Por ejemplo, alternando con gramíneas como avena, maíz de grano, dulce o choclero, o con hortalizas de hoja como lechuga, repollo, espinaca, o también con hortalizas de raíz como zanahoria y betarraga.
- Escape por siembra temprana o tardía, permite evitar la explosión máxima de algunas especies de malezas, o bien las plantas de tomate están grandes y vigorosas, por lo tanto, pueden competir con estas especies.

- Variedad a elegir, el uso de variedades vigorosas de crecimiento rápido es recomendable, que tengan una buena cobertura de suelo para impedir el paso de luz solar a las malezas que están creciendo sobre la hilera, que son las más difíciles de controlar.
- Plantines de calidad, usar plantines vigorosos, de tamaño apropiado de 5 a 7 cm de altura y con 4- 5 hojas verdaderas, capaces de establecerse rápido en el sitio definitivo y competir con las malezas que se pueden presentar.
- Densidad poblacional, evitar espacios libres sobre hilera, dejando el cultivo bien cerrado, a distancias que la planta pueda crecer bien y producir abundantes frutos.
- Riego y fertilización balanceada, los excesos fomentan la aparición de especies con mejor capacidad de adaptación a alta/baja humedad y mayor eficiencia en absorción de nutrientes como lo son las malezas, sobrevivientes de la naturaleza. Riego presurizado permite un buen control evitando el ingreso de nuevas semillas de malezas al potrero, a diferencia del riego por surco, que trae semillas en el agua de otros lados y las disemina donde se ha estado limpiando.

### **Control mecánico**

El control mecánico se basa en la calidad de las labores de preparación de suelo primario y secundario, al realizar estas labores con tiempo, permite hacer un control bastante eficiente de malezas de semillas y disminuir las poblaciones de malezas perennes como maicillo y chéptica.

En potreros con poblaciones grandes de malezas perennes, que se reproducen por estolones como maicillo, chéptica y falso té, no es conveniente el uso de implementos cortantes como rastras de discos, sino es recomendable el uso de rastras de clavos que arrastren fuera del potrero sin cortar los estolones.

También el barbecho químico es una alternativa, con aplicaciones de glifosato semanas después de las labores primarias, de manera de eliminar todas las plantas que vengan de semilla que han subido a la superficie por volteo de suelo y las perennes que empiecen a brotar. El glifosato al ser un herbicida sistémico elimina gran parte de estas plantas perennes.

Control químico: En este tipo de control hay tres épocas de aplicación de herbicidas:

- Pre-siembra incorporado, se aplica un herbicida con efecto residual al suelo y se incorpora con la última labor de suelo. Este herbicida se activa con la humedad del suelo y evita la germinación de semillas de malezas.
- Pre-emergencia, se aplica una lámina de herbicida sobre el suelo, comúnmente llamado “sellado de suelo”, a través de la cual pasa la plántula de maleza germinada entrando en contacto con esta lámina, absorbiendo el herbicida y muriendo.
- Pos-emergencia, se aplica una vez que el cultivo está establecido en sus primeros estados de desarrollo, dependiendo de la selectividad del producto a aplicar, se puede usar entre hileras con cono de protección para evitar contacto con las plantas de tomate, o bien a todo el potrero si es selectivo.

Es recomendable el uso de las dosis mínimas recomendadas en la etiqueta del fabricante, para lo cual es fundamental que la aplicación se efectúe en el momento de máxima sensibilidad de las malezas (activo crecimiento), con buenas condiciones de humedad de suelo, uso de boquillas adecuadas y equipo pulverizador en buen estado y calibrado. Priorizar aplicaciones entre hileras, complementando con control manual sobre hileras, después de trasplante. Ante la imposibilidad física de realizar control manual sobre las hileras del cultivo, se debe preferir los herbicidas selectivos autorizados para el tomate, mojar lo menos posible el cultivo, procurando su aplicación a la base de las plantas y utilizar campana protectora.

Algunos herbicidas autorizados por el SAG para ser usados en tomate se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Herbicidas autorizados para tomate (SAG, 2019).**

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo de acción	Aplicación	Malezas
Cletodima	Aquilaes 24 EC, Aquiclan 24 EC, Centurion 240 EC, Centurion Super, Fortaleza 24% EC, Hazard, Vesuvius	Sistémico y selectivo	Posemurgencia	Gramíneas anuales y perennes
Dicloruro de Paraquat	Escolta 276 SL, Gramoxone Súper, Igual, Paraquat 276 SL Agrospec	Contacto no selectivo	Pre siembra, pre y pos emergencia	

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo de acción	Aplicación	Malezas
Dicloruro de Paraquat / Dibromuro de Diquat	Farmon	Contacto no selectivo	Pre siembra, pre y pos emergencia	
Glifosato-Monoamonio	Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG	Sistémico, pos emergente, no selectivo	Pre siembra, pre y pos emergencia	
Halosulfuron-Metilo	Sempre WG	Sistémico	Pos emergencia	Chufa, verdolaga y malvilla
Metribuzina	Bectra 48 SC, Metriclan 48 SC, Metriphar 480 SC, Sencor 480 SC	Suelo activo, contacto residual	Pre y pos emergencia trasplante	Gramíneas y hoja ancha
Napropamida	Devrinol 45 F	Suelo activo	PSI y pre emergencia	Gramíneas y hoja ancha
Oxadiargilo	Raft 400 SC	Suelo activo	Pre trasplante	Hoja ancha
Oxifluorfenó	Enmark, Galigan 240 EC	Contacto residual	Pre y pos emergencia	Gramíneas y hoja ancha
Pendimetalina	Herbadox 45 CS, Mazik, Oriol 400 EC, Pendiclan 33 EC, Pendimetalin 33% EC, Spectro 33 EC, Spectro 40 EC	Residual selectivo	Pre trasplante	Gramíneas y hoja ancha anuales
Propaquizafop	Agil 100 EC	Sistémico y selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo de acción	Aplicación	Malezas
Quizalofop-Etilo	Flecha 9.6 EC	Sistémico y selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Quizalofop-P-Etilo	Assure Pro	Sistémico y selectivo	Post emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Quizalofop-P-Tefurilo	Pantera Plus, Sector – T	Sistémico y selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Rimsulfurón	Matrix	Sistémico y selectivo	Pos emergencia	Gramíneas y hoja ancha
S-Metolacloro	Dual Gold 960 EC	Selectivo	Pre trasplante	Gramíneas y hoja ancha
Tepaloxidima	Aramo	Sistémico	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	Suelo activo	PSI	Gramíneas y hoja ancha

## ÍNDICE DE COSECHA

El cultivo de tomate industrial sigue un criterio de cosecha que normalmente es iniciarla cuando hay un porcentaje de fruto rojo comercial de un 80-85%, pero siempre que el peso de fruto sobre maduro no exceda de un 5%, intentando cosechar en estado de plena madurez para optimizar los parámetros de calidad como color, contenido de sólidos solubles, pH, contenido en ácidos, vitaminas y sabor (Macua y Lahoz, 2018).

La cosecha mecanizada exige una concentración de la maduración de las plantas y se estudia por medio de las proporciones que sobre la producción total de frutos supone la cosecha de frutos maduros comerciales, de los verdes y de los inservibles.

El color es un índice muy importante en cuanto a la cosecha de tomate para uso industrial. Éste debe ser de un color rojo intenso y uniforme, el cual se debe a la rápida acumulación de licopeno. El  $\beta$ -caroteno contribuye de manera importante en el color del fruto en sus primeras etapas de maduración, alcanzando su valor máximo poco antes del total desarrollo del color.

Otro índice importante es el contenido de sólidos solubles, los cuales representan el 75% de los sólidos del fruto y son de gran importancia para la calidad industrial del tomate, el 25% restante corresponde a compuestos insolubles como celulosa y proteínas. El contenido de sólidos solubles representa el parámetro de mayor importancia en la producción de concentrados, mientras mayor sea el valor de residuo de la materia prima, menor será la cantidad de tomate necesario para la obtención de la misma cantidad de producto final con un menor costo de producción. Los sólidos solubles de un tomate para proceso pueden variar de 4 a 6 °Brix.

La acidez es esencial para la obtención de frutos de buena calidad para la agroindustria. El pH del jugo se sitúa normalmente entre 4,2 a 4,4. Si el pH es superior, se pueden presentar problemas en la esterilización. Su concentración debe ser lo suficientemente alta para tener un pH menor a 4,4, y de esta manera evitar los problemas causados por los organismos termófilos (*Clostridium botulinum*). La elevación de pH hace necesario recurrir a tratamientos térmicos más severos por encima de los 100°C, para obtener una buena esterilización frente a estos organismos termófilos.

Los ácidos más abundantes presentes en la maduración del fruto son el ácido cítrico y málico. Desde que el fruto está verde maduro hasta rojo maduro, la acidez alcanza un máximo, lo cual está marcado con la aparición de la pigmentación amarilla; luego de esto sigue un decrecimiento progresivo en la acidificación mientras dura la maduración (Arredondo, 2016).

## **PRODUCTIVIDAD**

### **Rendimiento**

El rendimiento promedio nacional, en las últimas temporadas ha sido de 85,9 t/ha, donde el mínimo estuvo en la temporada 2008/2009 con 62,7 t/ha, mientras que el máximo lo alcanzó en la temporada 2014/2015 con 98,7 t/ha. Estos promedios son muy competitivos a nivel mundial, por ejemplo, en la Comunidad Autónoma de Extremadura en España, que es la zona productora de tomate industrial el promedio es de 67 t/ha.

La Región de O'Higgins ha sufrido fluctuaciones de superficie entre 2.100 a casi 6.000 hectáreas plantadas, con un rendimiento promedio de  $93,9 \pm 7,0$  t/ha con un mínimo de 83,6 t/ha a un máximo de 103,7 t/ha en la temporada 2014/2015. Mientras que en la Región del Maule el promedio de superficie es bastante uniforme entre 4.000 a 5.000 hectáreas anuales y el promedio de rendimiento regional tampoco es de gran variación siendo de  $85,4 \pm 6,5$  t/ha, estando el mínimo en la temporada 2013/2014 con 81,4 t/ha y el máximo en la temporada 2014/2015 con 93,0 t/ha. Al analizar los resultados de todas las temporadas y regiones, se puede observar que los rendimientos promedio son bastante altos y competitivos a nivel mundial. Esto se debe fundamentalmente al buen agroclima que presentan estas regiones durante la temporada de crecimiento de las plantas, pero también al grado de mecanización y nivel tecnológico de las empresas productoras de pasta de tomate y de sus agricultores.

### **Rendimiento Industrial**

El rendimiento industrial del tomate está dado primariamente por el contenido de sólidos solubles, el cual se mide en °Brix. Los sólidos solubles están compuestos principalmente por azúcares, donde destacan fructosa y glucosa. Estas hexosas comprenden cerca del 50% de la materia seca en el fruto maduro. Una pequeña proporción de azúcar soluble, generalmente menos del 5% consiste en sucrosa, siendo ésta la traslocada a la fruta. Estos azúcares solubles influyen directamente en la cantidad de pasta, jugo o deshidratado a producir y, por supuesto, en la calidad final del producto.

El contenido de sólidos solubles es muy dependiente del contenido de azúcares totales y los frutos deben marcar un mínimo de sólidos para ser cosechados. Es particularmente importante en la industria del procesado, y probablemente ha recibido más atención que cualquier otra característica del fruto, por ser el índice que más influye sobre el rendimiento industrial (Ciruelos y otros, 2007) cuando el objetivo del proceso de transformación es aumentar la concentración de sólidos solubles hasta los límites requeridos por la legislación (puré de tomate, pasta, concentrado simple, doble concentrado, concentrado triple, etc.), la deshidratación o ambos. Los procesadores pueden llegar a pagar mayor precio por tomate con mayor contenido en sólidos solubles, debido al menor requerimiento de fruto para producir el elaborado de tomate deseado. Por ejemplo, se considera puré de tomate cuando este tiene más de 7 y menos de 24°Brix, siendo pasta de tomate las de más de 24°Brix.

La cantidad de sólidos solubles presente en el fruto depende del potencial fisiológico y genético de éstos para desarrollarlos, pero además de una fuerte influencia medio ambiental, como temperatura del aire, humedad relativa y luminosidad. Las distintas variedades tienen un comportamiento natural hacia la generación de niveles más ba-

jos o más altos de sólidos solubles en la producción de fruta. Por lo tanto, la selección de la variedad es uno de los métodos más importantes y directos para lograr los °Brix y la calidad del cultivo adecuados. En el caso del tomate la temperatura puede influir más en los sólidos solubles que la luz solar. En la Figura 8, se puede observar cómo declina el contenido de sólidos solubles desde la primera semana de cosecha a la novena en muestras tomadas en planta procesadora en fruta fresca. Existe una alta correlación estadística ( $R=0,71$ ) en este decrecimiento en el tiempo. Esto coincide con la disminución de temperatura durante la maduración de la fruta en el campo, por lo tanto, hay menor síntesis de azúcares, disminuyendo los °Brix de la materia prima (Saavedra, 2005).

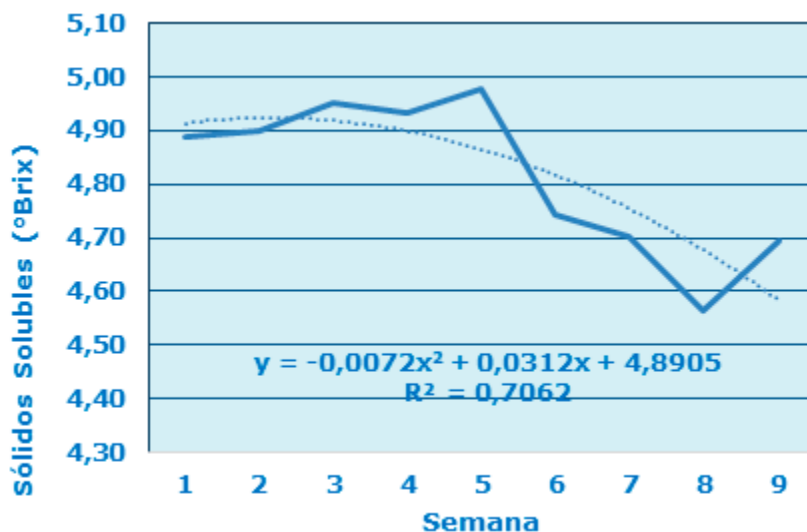


Figura 8. Contenido de sólidos solubles de frutos de tomate por semana de recepción en planta procesadora (Saavedra, 2005).

## VARIETADES

La variabilidad del material genético existente es muy amplia, tanto por los tipos de tomate industrial que se producen, como por el gran surtido de variedades que tienen las compañías semilleras en sus catálogos, por lo tanto, hay que diferenciar muy bien por su destino final (Macua y Lahoz, 2018).

La evolución de la industria, con demanda de nuevos productos, ha propiciado la entrada en el mercado de diferentes cultivares en función del uso al que van destinados. Por ejemplo, existen algunos destinados para tomate triturado, concentrado, salsas, a pelado entero (con unas especificaciones diferentes en cuanto a forma y tamaño), para congelado, donde se emplean los denomina dos “all flesh” o todo carne, que carecen de gelatina en la matriz, por lo que se adaptan muy bien a la elaboración de rodajas o cubitos. También existen cultivares de alto contenido en licopeno (Macua y otros, 2013), que se caracterizan generalmente por un mejor color y mayor calidad organoléptica y funcional, los cuales se derivan normalmente a mercados que estén dispuestos a pagar un precio más alto por los productos obtenidos con este tipo de tomate, con un potencial productivo inferior.

Los programas de mejoramiento genético han tendido principalmente a incrementar aspectos como la productividad, resistencia a enfermedades, uniformidad del producto, o a la calidad externa (Díez y Nuez, 2008), pero van incorporando paulatinamente entre sus objetivos el mejoramiento de las propiedades organolépticas (Casañas y Costell, 2006), por ejemplo, buscando un incremento de sólidos solubles (Fridman y otros, 2002; García y Barrett, 2006), e incrementar el contenido en compuestos con propiedades saludables o funcionales, que prevengan enfermedades (Cámara, 2006; Diamanti y otros, 2011).

Esta última tendencia se justifica ya que, a pesar de que el tomate no se caracteriza por presentar un valor nutritivo especialmente elevado (al ser un fruto esencialmente acuoso), el volumen de tomate consumido hace que se establezca como uno de los productos hortícolas que desempeña una función más significativa en la dieta humana (Macua y Lahoz, 2018).

Por otra parte, la modernización de la producción de tomate industrial requiere que las variedades o híbridos modernos deban adaptarse a la cosecha mecanizada, por lo tanto, las condiciones necesarias son las siguientes:

- La planta debe ser de estructura compacta y crecimiento determinado
- La maduración debe estar concentrada
- El fruto debe desprenderse fácilmente de la mata sin pedúnculo ni cáliz (gen jointless) y debe tener una firmeza adecuada para resistir las acciones mecánicas durante la cosecha. La piel también debe ser resistente al raspado y a la punción
- La presión de turgencia no debe ser excesiva para evitar que los frutos «estallen». Para ello también es importante el momento del corte de riego.

## VALOR NUTRITIVO

La composición química del tomate, como se observa en el Cuadro 9, está principalmente compuesta por azúcares solubles, principalmente fructosa y glucosa. Por otra parte, la acidez necesaria para el producto procesado la dan los ácidos cítrico y málico, pero la viscosidad está en el contenido de pectinas, las cuales son parte de los sólidos insolubles.

El sabor del tomate es una combinación de sensaciones de gusto y aroma. El gusto agrisado del tomate es principalmente debido al contenido de azúcares y ácidos orgánicos (Yilmaz, 2001).

**Cuadro 9. Composición química del tomate maduro (Petro-Turza, 1987; Yilmaz, 2001).**

Grupo	Compuesto	Contenido (g/100 g peso seco)
Azúcares	Fructosa	25,0
	Glucosa	22,0
	Sacarosa	1,0
Ácidos Orgánicos	Ácido Cítrico	9,0
	Ácido Málico	4,0
Minerales	Minerales	8,0
Sólidos Insolubles en Alcohol	Proteínas	8,0
	Pectinas	7,0
	Celulosa	6,0
	Hemicelulosa	4,0
Otros	Aminoácido dicarboxílico	2,0
	Lípidos	2,0
	Ácido Ascórbico	0,5
	Pigmentos	0,4
	Otros aminoácidos, vitaminas, polifenoles	1,0
	Compuestos volátiles	0,1

Esta hortaliza de fruta no tiene un gran valor nutritivo general, porque contiene aproximadamente un 94% de agua, y el 6% restante es una mezcla compleja en la

que predominan los azúcares y ácidos orgánicos (Cuadro 10), que contribuyen a dar al fruto su textura y sabor característicos (León, 2009).

**Cuadro 10. Valor nutritivo general de 100 g de peso fresco de tomate maduro (Dietas.net, 2018).**

	Unidad	Tomate fresco
Energía	Kcal	22,2
Proteínas	g	0,9
Hidratos de carbono	g	3,5
Fibra	g	1,4
Grasa total	g	0,2
Agua	g	94,0

Sin embargo, constituye uno de los frutos de mayor interés en la dieta humana por los beneficios que aporta su ingesta, debido a su riqueza principalmente provitamina A y vitamina C (Cuadro 11), elementos minerales como el potasio (Cuadro 12), alto contenido de fibra soluble e insoluble, compuestos funcionales y gran cantidad de agua.

**Cuadro 11. Contenido de minerales en 100 g de peso fresco de tomate maduro (Dietas.net, 2018).**

Mineral	Unidad/100 gr	Tomate fresco
Calcio (Ca)	mg	10,6
Fierro (Fe)	mg	0,7
Yodo (I)	mg	2,2
Magnesio (Mg)	mg	8,3
Zinc (Zn)	mg	0,2
Selenio (Se)	µg	1,0
Sodio (Na)	mg	9,0
Potasio (K)	mg	242,0
Fósforo (P)	mg	24,0

**Cuadro 12. Contenido de vitaminas de 100 g en peso fresco de tomate maduro (Dietas.net, 2018).**

Vitamina	Unidad/100 g	Tomate Fresco
B1 Tiamina	mg	0,07
B2 Riboflavina	mg	0,04
Eq. Niacina	mg	0,90
B6 Piridoxina	mg	0,13
Ácido Fólico	µg	28,80
C Ácido Ascórbico	mg	26,60
Carotenoides (eq. a β-carotenos)	µg	1.302,0
A (eq. a Retinol)	µg	217,0

### Valor Nutracéutico

El tomate es una importante fuente de vitaminas y minerales, pero también de compuestos bioactivos que tienen efectos positivos en la salud humana. En el Cuadro 12 se puede observar el alto contenido de Carotenoides que posee este fruto maduro, pero dentro de estos compuestos saludables, el que mayor presencia tiene es el licopeno, carotenoide tetraterpénico (C40 H56) perteneciente a la misma familia que el β-caroteno, el cual da al tomate y varias otras frutas, como pomelo rosado, sandía y durazno, su color rojo profundo. Los carotenoides son importantes pigmentos encontrados en las plantas, que alcanzan un número de casi 600 compuestos diferentes, entre los que destacan los conocidos compuestos α y β-caroteno, ampliamente usados como precursores de la vitamina A y colorantes o aditivos de alimentos. Esta sustancia, además de presentar grandes propiedades como colorante, es un poderoso antioxidante que tiene efecto en plantas y en el ser humano. La función del licopeno en la planta es cosechar luz y proteger a la planta de daños foto-oxidativos; durante la fotosíntesis y metabolismo celular, se producen moléculas de oxígeno altamente reactivas las cuales causan daño a la permeabilidad de la membrana celular permitiendo la entrada de compuestos perjudiciales a los procesos biológicos que ocurren en la célula (Saavedra, 2003).

Aunque se piensa que los antioxidantes pertenecen a las sustancias protectoras de la salud, su rol no es aun completamente comprendido respecto a la complejidad del sistema de alimentación real. Sin embargo, un rol defensivo ha sido atribuido a los carotenoides, especialmente a licopeno y β-caroteno, que se acumulan en el plasma y tejidos en relación con el consumo de tomate. Experiencias extranjeras han

establecido que el consumo de esta sustancia está fuertemente correlacionado con la disminución de la incidencia de ataques cardíacos, cáncer a la próstata, estómago, colon y recto, además de poseer algunas propiedades de antienvjecimiento. Algunos estudios foráneos también han demostrado que la ingestión de licopeno a través del tomate y sus derivados, o dieta suplida con este compuesto en pacientes con pequeños tumores en la próstata mostraron signos de regresión y disminución de la malignidad de éstos (Saavedra y Ciudad, 2002).

El tomate fresco tiene un alto contenido de licopeno. Sin embargo, la cocción o procesamiento en salsas concentran esta sustancia, siendo esta más biodisponible para el organismo. Por ejemplo, el cuerpo humano absorbe cinco veces más licopeno ingerido como salsa de tomate que en una cantidad equivalente de tomate fresco. Al parecer, la ruptura de células al moler los frutos para hacer pasta, libera un mayor contenido de carotenoides, los que al ser disueltos en grasas o aceites vegetales son más biodisponibles, ya que los carotenoides se ligan preferentemente con las grasas. Un ensayo en España en 2012 demostró que el jugo de tomate calentado con una pequeña dosis de aceite de maíz duplicó y triplicó la concentración de licopeno en el plasma de los voluntarios estudiados, pero no hubo incremento cuando los individuos consumieron jugo no cocinado (Perdomo y otros, 2012).

El contenido de licopeno varía durante el desarrollo y maduración del tomate, encontrándose contenidos en frutos completamente inmaduros (color absolutamente verde) de 25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ; en frutos verdes con matriz gelatinosa 10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ; en frutos cambiando de color o "pintones" de 370  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ; en frutos completamente maduros de 4.600  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ; y 7.050  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  en frutos sobre maduros, casi pudriéndose.

El contenido de antioxidantes en tomate depende mayormente de factores genéticos, ambientales y del estado de madurez. El licopeno se produce en los frutos del tomate como una respuesta de defensa ante algún tipo de estrés medio ambiental, principalmente incidencia de rayos ultravioleta e infrarrojos, los cuales, siendo beneficiosos para la fotosíntesis, también producen alteraciones químicas en las células de las plantas.

El contenido de licopeno en el fruto está genéticamente controlado. Por lo tanto, cada variedad de tomate va a tener un potencial productivo y de respuesta a los estreses ambientales. Sin embargo, la máxima expresión de ese potencial se va a producir sólo cuando las condiciones medio ambientales sean las adecuadas, así es como suelos con alto contenido de potasio y bajo en calcio favorecen la producción de licopeno, o también zonas climáticas con mayor incidencia de luz ultravioleta (Saavedra y Ciudad, 2002).

Como todo metabolito, la presencia y contenido de licopeno está regulada genéticamente y su expresión fenotípica es modificada por el medio ambiente (Saavedra,

2005). Existen genes que permiten incrementar el contenido de licopeno en las variedades de tomate para fresco e industrial. También existen interacciones génicas, pero es el medio ambiente, así como las técnicas agronómicas usadas en su cultivo y las condiciones de almacenamiento en poscosecha, las que permiten la expresión de mayor o menor contenido de licopeno en una variedad. Por ejemplo, la formación de licopeno depende de un rango de temperaturas, que parece estar entre 12 y 32°C. El óptimo para que ocurra este proceso se encuentra entre 16 y 26°C en tomate al estado pintón. La producción de licopeno se inhibe con exceso de luz solar, por lo que las mejores condiciones para incrementar su contenido son temperaturas suficientemente altas, junto con un follaje denso para proteger los frutos de la exposición directa a los rayos de sol. Otro caso ocurre con la luz y la maduración de los frutos. La luz roja tiene un efecto positivo en la síntesis de licopeno y su efecto no es dependiente de la temperatura. El proceso de acumulación de licopeno es bloqueado en los tejidos de los frutos directamente expuestos a radiación solar alta, siendo este carotenoide el más severamente afectado por exposición radiación solar intensa (Saavedra, 2005).

Más notorio es el efecto del medio ambiente climático al observar la curva de contenido de licopeno en frutos cosechados en diferentes semanas (Figura 9), desde el inicio de la campaña. El efecto varietal está distribuido en toda la temporada, debido a que al principio se plantan variedades precoces seguidas por intermedias y terminando con precoces, por lo tanto, las mismas variedades son cosechadas al principio y al final de la temporada. Esta declinación en la acumulación de licopeno está muy asociada a la declinación de radiación global, UVb y temperatura (Saavedra 2005).

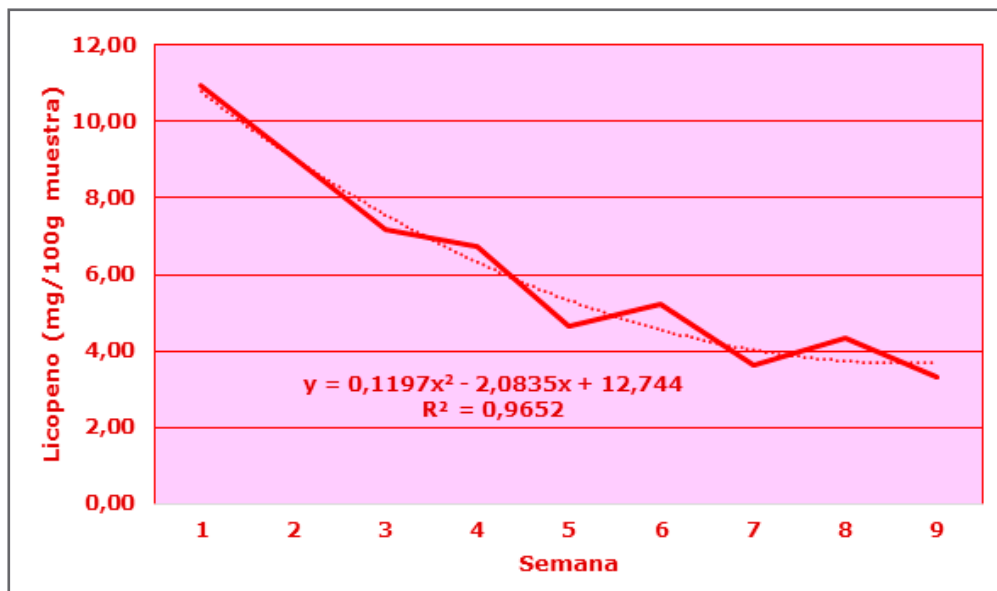


Figura 9. Contenido de licopeno de frutos de tomate por semana de recepción en planta procesadora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. 2005. Plant pathology, Quinta ed. Academic Press, Burlington. 952 pp.
- Ajillogba, C. F. y Babalola, O. 2013. Integrated management strategies for tomato Fusarium wilt. *Biocontrol Science* 18(3): 117-127. <https://doi.org/10.4265/bio.18.117>.
- Antúnez, A. y Felmer, S. 2017. Manejo del riego en tomate. *En Torres, A. [ed.], Manual de Cultivo de Tomate al Aire Libre, Boletín INIA N°11, 59-71. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.*
- Arredondo, S. 2016 Cultivo de tomate industrial en Chile. *En Reyes, M. [ed.], Control de tizón en tomate industrial mediante un sistema de alerta temprana, 1-20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Villa Alegre, Chile.*
- Bruna, A. 2006. Enfermedades del tomate en Chile, estrategias de manejo integrado. *En Saavedra, G. y González, M. [eds.]. Producción de tomate para procesamiento, Serie Actas N°32, 63 – 70. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.*
- Butler, D.M.; Roskopf, E.N.; Kokalis-Burelle, N.; Albano, J.P.; Muramoto, J.; Shennan, C. 2012. Exploring warm-season cover crops as carbon sources for anaerobic soil disinfection (ASD). *Plant Soil.* 355 (1-2):149-165. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1088-0>.
- Campillo, C. 2007. Estudio para el diseño de un sistema de recomendación de manejo de agua en rotaciones de cultivo hortícolas en las Vegas del Guadiana. Tesis Doctoral Universidad de Extremadura.
- Casañas, F. y Costell, E. 2006. Calidad organoléptica. *En Llácer, G., Díez, J. M., Carrillo, J. M. y Badenes, M. L. [eds.], Mejora genética de la calidad en las plantas, 21-41. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.*
- Castaño-Zapata, J. 2002. Principios básicos de fitoepidemiología. Editorial Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 396 pp.
- Castilla, N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *En Nuez, F. [ed.], El Cultivo del Tomate, 189-225. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.*

Cámara, M. 2006. Calidad nutricional y salud. *En* Llácer, G., Díez, J. M., Carrillo, J. M. y Badenes, M. L. [eds.], *Mejora genética de la calidad en las plantas*, 43-65. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. *En* Nuez, F. [ed.], *El cultivo del tomate*, 43-91. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.

Child, A. 1990. A Synopsis of *Solanum* Subgenus *Potatoe* (G. Don) D'Arcy [*Tubera-rium* (Dun.) Bitter (s.l.)]. *Feddes Repert* 101(5-6): 209-235. <https://doi.org/10.1002/fedr.19901010502>.

Corominas, J. 1990. Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana. Editorial Gredos, Madrid. 628pp.

Diamanti, J., Battino, M. y Mezzetti, B. 2011. Breeding for fruit nutritional and nutra-ceutical quality. *En* Jenks, M. A. y Bebeli, P. J. [eds.], *Breeding for fruit quality*, 61-80. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, EEUU.

Dietas.net. 2018. Calorías en tomate. <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/verduras-frescas/pimiento-verde.html>.

Diez, M. J. y Nuez, F. 2008. Tomato. *En* Prohens, J. y Nuez, F. [eds.], *Handbook of Plant Breeding, Vegetables II*, 249-326. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9>.

Escaff, M., Gil, P., Ferreyra, R., Estay, P., Bruna, A., Maldonado, P. y Barrera, C. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA N°128, 84 pp. La Cruz, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión. *En* Nuez, F. [ed.], *El Cultivo del Tomate*, 14-42. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España.

Estay, P. 2000. Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Ficha Técnica N°9. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina, Santiago, Chile,

Estay, P. 2006. Plagas del tomate industrial y su manejo integrado en Chile. *En* Saavedra, G. y González, M. [eds.], *Producción de tomate para procesamiento*, Series Actas N°32, 71 – 78. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

Estay, P. y Vitta, N. 2017. Gusano del choclo o del fruto del tomate. Ficha Técnica N°44. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

FAO. 2018. Food and agriculture data, Faostat. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

Fridman, E., Liu, Y. S., Carmel-Goren, L., Gur, A., Shoresh, M., Pleban, T., Eshed, Y. y Zamir, D. 2002. Two tightly linked QTLs modify tomato sugar content via different physiological pathways. *Mol Genet Genomics*, 266(5): 821-826. <https://doi.org/10.1007/s00438-001-0599-4>.

García, E. y Barrett, D. M. 2006. Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield. *J Food Process Pres*, 30(1): 20-36. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2005.00044.x>.

Harmanto, S., Babel, M. S. y Tantau, H. J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouses in tropical environment. *Agric. Water Manage*, 71(3): 225-242. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.003>

Harvey, M., Quilley, S., and Beynon, H. 2002. Exploring the tomato. Transformations of nature, society and economy. Edgar Publishing, Cheltenham, UK. 304 pp.

INE. 2010. Información hortícola, Publicación Especial 2008-2009. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago, Chile. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2010/11/InformacionhorticolaPublicacionespecial20082009.pdf>.

Jones, J. P., Jones, J. B. y Miller, J. W. 1982. Fusarium wilt of tomato. *Plant Pathology*, Circular N°237. Fla. Dep. Agric. & Consumer Serv. Division of Plant Industry.

Lahoz, I. 2015. Influencia el genotipo, el ambiente de cultivo y el uso de riegos deficitarios en la calidad organoléptica y funcional del tomate de industria. Tesis Doctoral, Universitat Jaume I.

Larraín, P. 1987. Plagas del tomate. I Parte. *IPA La Platina*, 39: 30-38.

Larraín, P. 2002. Mosca minadora de las chacras y su manejo. Informativo N°3. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Serena, Chile.

León, W. E. 2009. Evaluación ambiental de la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas en las Palmas de Gran Canaria, España, mediante utilización de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV). Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Barcelona.

Lindhout, P. 2005. Genetics and breeding. *En* Heuvelink, E. [ed.], Tomatoes, 21-52. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire.

Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1: 12-16.

Macua, J. I., Jiménez, E., Daza, C., Gervas, C. y Lahoz, I. 2013. Lycopene and processing tomato in Navarra. Influence of vegetal material. *Acta Horti* 971: 137-141. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.971.15>

Macua, J. I., Campillo, C. y Lahoz, I. 2017. Tomate de industria. *En* Maroto, J. V. y Baixauli, C. [eds.], *Cultivos Hortícolas al Aire Libre*, 437-470. Cajamar Caja Rural, Almería, España.

Macua y Lahoz, 2018

Martínez, J. P., Salinas, L. y Corradini, F. 2017. Nutrición y fertilidad en tomate al aire libre. *En* Torres, A. [ed.], *Manual del Cultivo del Tomate al Aire Libre*, Boletín INIA N°11, 19-28. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

Mc Govern, R. J. y Datnoff, L. E. 1992. Fusarium crown and root rot of tomato: re-evaluation of management strategies. *En* Vavrina, C. S. [ed.], *Fla. Tom. Instit. Proc.* 75-82. University of Florida - IFAS.

Mc Govern, R. J. 2015. Management of tomato disease caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Protection* 73: 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.021>.

Millas, P. and France, A. 2017. Marchitez vascular en tomate. N°73 Sanidad vegetal. INIA Quilamapu, Chillán, Chile.

Neshev, G. (2008). Major soil-borne phytopathogens on tomato and cucumbers in Bulgaria, and methods for their management. *En* Labrada, R. [ed.], *Alternatives to replace methyl bromide for soil-borne pest control in east and central Europe*. 1-22. FAO.

Nuez, F. 1995. *El cultivo del tomate*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 793 pp.

Nuruddin, M. M., Madramootoo, C. A. y Dodds, G. T. 2003. Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. *HortScience* 38(7): 1389-1393. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.7.1389>

ODEPA. 2018. Estadísticas productivas. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>.

Olivares, N. y Guzmán, A. 2017. Manejo integrado de plagas en tomates al aire libre. En Torres, A. [ed.], Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín INIA N°11, 39-58. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

Peralta, I. E. y Spooner, D. M. 2005. Relationships and morphological characterisation of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). Monogr.Syst. Bot.Missouri Bot.Garden, 227-257.

Peralta, I. E., Knapp, S. y Spooner, D. M. 2006. The taxonomy of tomatoes. A revision of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.) and their outgroup relatives (*Solanum* sections *Juglandifolium* (Rydb.) Child and *Lycopersicoides* (Child) Peralta). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden.

Perdomo, F., Cabrera Fránquiz, F., Cabrera, J. y Serra-Majem, L. 2012. Influencia del procedimiento culinario sobre la biodisponibilidad del licopeno en el tomate. Nutr. Hosp. 27(5): 1542-1546, Madrid. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2012.27.5.5908>.

Petro-Turza, M. 1987. Flavor of tomato and tomato products. Food Rev Int 2(3): 309-351.

Picken, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J Hort Sci 59(1): 1-13. <https://doi.org/10.1080/00221589.1984.11515163>.

Reyes, M. E. 2016. Control de tizón en tomate industrial mediante un sistema de alerta temprana, Boletín INIA N°338. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Villa Alegre, Chile. 71 pp.

Rick, C. M. 1973. Potential genetic resources in tomato species: Clues from observations in native habitats. En Srb, A. M. [ed.], Genes, Enzymes and Populations, 255-269. Plenum, New York.

Rick, C. M. 1979. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and closely related species of *Solanum*. En Hawkes, J. G., Lester, R. N. y Skelding, A. D. [eds.], The biology and taxonomy of Solanaceae, 667-677. Academic, New York.

Rodríguez, R., Tabares, J. M. y Medina, J. A. 1989. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 206 pp.

Rodríguez, F. 2017. Minador de las chacras. Ficha Técnica N°27. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Cruz, Región de Valparaíso.

Saavedra, G. and Spoor, W. 2002. Genetic base broadening in autogamous crops: *Lycopersicon esculentum* Mill. as a model. En Engels, J. M. M., Ramanatha Rao, V., Brown, A. H. D. y Jackson, M. T. [eds.], Managing Plant Genetic Diversity, 291-299. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.

Saavedra, G. y Ciudad, C. 2002. Interacción tomate-licopeno en la nutrición humana. Revista Tierra Adentro 47: 38-40.

Saavedra, G. y Ried, A. 2003. Producción moderna de tomate industrial. Revista Tierra Adentro 52: 16-17.

Saavedra, G. 2003. Licopeno: el gran aporte a la salud humana. Revista El Tattersal 182: 4-5.

Saavedra, G. 2005. Efecto del medio ambiente en el contenido de licopeno y sólidos solubles del tomate para procesamiento En Saavedra, G. y González, M. [eds.], Producción de tomate para procesamiento, Series Actas N°32, 45 – 52. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

SAG, 2019. Servicio Agrícola y Ganadero, Listado de plaguicidas autorizados. [https://www.sag.gob.cl › content › lista-de-plaguicidas-autorizados-0](https://www.sag.gob.cl/content/lista-de-plaguicidas-autorizados-0).

Sandoval, C. and Nuñez, F. 2016. Biología de la enfermedad. En Reyes, M. [ed.], Control de tizón en tomate industrial mediante un sistema de alerta temprana, Boletín INIA N°338, 31-38. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Villa Alegre, Chile.

Sepúlveda, G. 2011. Aspectos generales de los virus en las plantas. En Sepúlveda, P. [ed.], Virus transmitidos por insectos vectores en tomate en la Región de Arica y Parícuta: situación actual y manejo. Boletín N°224, 13-20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Arica, Chile.

Sepúlveda, P., Rojas, C., Rosales, M. y Sepúlveda, G. 2011. Manejo de enfermedades virales transmitidas por insectos en tomate en la Región de Arica y Parinacota. *En* Sepúlveda, P. [ed.], Virus transmitidos por insectos vectores en tomate en la Región de Arica y Parinacota: situación actual y manejo. Boletín N°224, 49-63. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Arica, Chile.

Sepúlveda, P., 2017. Enfermedades en tomate al aire libre, pp. 29-39 *In* A. Torres [ed.], Manual del Cultivo del Tomate al Aire Libre, Boletín INIA N°11. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

Sauer, J.D. 1993. Historical Geography of Crop Plants. A Select Roster. CRC Press, Boca Raton, USA. 320pp.

Siemonsma, J. S. y Piluek, K. 1993. Plant resources of South-East Asia. No. 8. Vegetables. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, NL. 415 pp.

Sims, W. L. 1980. History of tomato production for industry around the world. *Acta Hort* 100: 25-26. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1980.100.1>

Stevens, M. A. y Rick, C. M. 1986. Genetics and breeding. *En* Atherton, J. y Rudich, G. [eds.], The Tomato Crop. A Scientific Basis for Crop Improvement, 35-109. Chapman and Hall, London.

Taylor, I. B. 1986. Biosystematics of the tomato. *En* Atherton, J. y Rudich, G. [eds.], The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement, 1-34. Chapman and Hall, New York. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-3137-4>.

Vásquez-Ramírez, L. M. y Castaño-Zapata, J. 2017. Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* *Voykovic* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Rev. U. D. C. A Act. & Div. Cient.* 20(2): 363-374. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.394>.

Voykovic, V. y Saavedra, G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA (Chile)* 25(3): 47-58. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>.

Waister, P. D. y Hudson, J. P. 1970. Effects of soil moisture regimes on leaf water deficit, transpiration and yield of tomatoes. *Hortic. Sci.* 45: 359-370.

Xu, L., Nonomura, T., Suzuki, S., Kitagawa, Y., Tajima, H., Okada, K., Kusakari, S., Matsuda, Y. y Toyoda, H. 2006. Symptomatic evidence for differential root invasion by *Fusarium* crown and root rot pathogens between common tomato *Lycopersicon es-culentum* and its varieties. J. Phytopatol. 154(10): 577-586. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01149.x>.

Yilmaz, E. 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. Turk J Agric For 25(3): 149-155.