

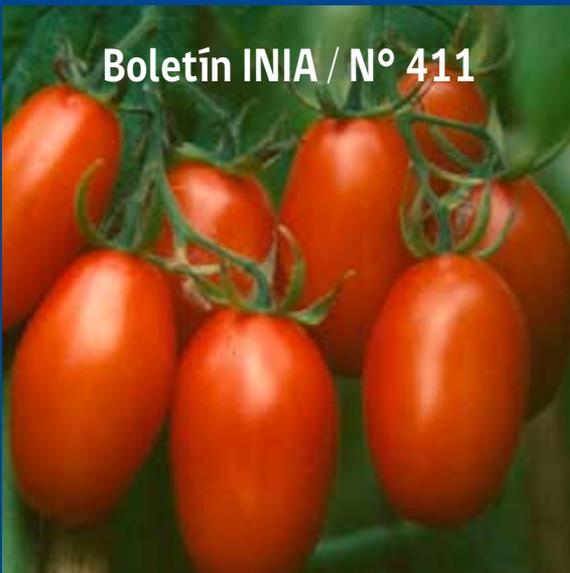


# Hortalizas para Procesamiento Agroindustrial

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo, Ph.D.  
Constanza Jana Ayala, Ing. Agrónomo, Dr.  
Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Mg.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / N° 411



ISSN 0717-4829





# Hortalizas para Procesamiento Agroindustrial

Editores:

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo, Ph.D.

Constanza Jana Ayala, Ing. Agrónomo, Dr.

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Mg.

**Temuco, 2019**

**BOLETIN INIA N° 411**



Editores:

**Gabriel Saavedra Del R.**

Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D. INIA Carillanca

**Constanza Jana A.**

Ingeniero Agrónomo, Dr. INIA Intihuasi

**Elizabeth Kehr M.**

Ingeniero Agrónomo, Mg. INIA Carillanca

Director Responsable:

**Elizabeth Kehr M.**

Directora Regional INIA Carillanca

Comité Editor Técnico y de Texto:

**Lilian Avendaño F.**

**Elizabeth Kehr M.**

Boletín INIA Nº 411

Cita bibliográfica correcta:

Saavedra, G., Jana, C. y Kehr, E. 2019. Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Nº 411. 272 p.

© 2019. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación Carillanca, Camino Cajón – Vilcún km 10, Vilcún. Teléfono (56-45) 2297100, FAX: (56-45) 2297237. Temuco, Región de La Araucanía.

ISSN 0717-4829

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

Diseño y diagramación:

Temuco, Chile, 2019.

## Prólogo

Las principales exportaciones de hortalizas chilenas son productos procesados, esencialmente pasta de tomate, jugos de hortalizas, deshidratados, conservas y congelados, los cuales van a diversos mercados en el mundo. La hortaliza procesada que más se exporta es tomate en pasta, alcanzando a unas 125 mil toneladas por año. Estas exportaciones han tomado mucha fuerza en los últimos años, especialmente debido a la preferencia del consumidor por dietas sanas, con alto contenido de fibra, nutrientes y nutraceuticos. Así, las exportaciones de productos hortícolas procesados han aumentado 44% en volumen desde 2009 a 2018.

El país tiene condiciones agroclimáticas especiales, lo que permite producir hortalizas con valores más altos de nutraceuticos y vitaminas, lo que hace muy apetecible la producción nacional. Las hortalizas son una importante fuente alimenticia y de compuestos secundarios que ayudan a conservar la buena salud en el ser humano. Los productos procesados, al estar más concentrados, poseen una mayor cantidad de principios nutricionales y nutraceuticos por unidad de volumen que la materia prima. Así se encuentran altos niveles de vitaminas, provitaminas, antioxidantes, principios estimulantes de la actividad digestiva, compuestos anti colesterol, azúcares digeribles y no digeribles, etc.

El presente boletín INIA “Hortalizas para procesamiento agroindustrial” es una compilación de información que ha producido el equipo hortícola de INIA en conjunto con la agroindustria nacional en los últimos 15 años. La gran mayoría han sido proyectos financiados por Corfo y con participación del área privada. En sí, el boletín analiza profundamente los principales cultivos hortícolas de uso agroindustrial, pero además incluye alguna hortaliza novedosa, como el kale, que tiene un gran futuro para la industria. La descripción de cada cultivo es dedicada, con fuentes bibliográficas de excelencia e información local obtenida a través de trabajos de investigación. Finalmente, cabe destacar que INIA a través de programas y proyectos, espera continuar desarrollando tecnología y generando conocimiento del manejo agronómico de hortalizas con destino agroindustrial, que contribuya a que los productores hortícolas puedan abrir aún más el abanico de alternativas de productos procesados a partir de hortalizas, explorando nuevos mercados y generando un aumento del valor agregado a la producción.

Elizabeth Kehr Mellado  
Directora INIA Carillanca

## Agradecimientos

Este Boletín es el resultado de varios proyectos adjudicados por INIA para su ejecución con el cofinanciamiento de Corfo, a través de instrumentos como FDI-Corfo (Fondo de Desarrollo e Innovación) y Comité Innova Chile, que desde principios del nuevo milenio apoyaron estas iniciativas de desarrollo agroindustrial.

Sin embargo, ninguno de estos proyectos se hubiese podido realizar sin el apoyo de la industria privada, quienes aportaron fondos, equipos técnicos y conocimiento. La siguiente lista menciona a aquellas empresas que colaboraron durante los últimos años en el desarrollo de la horticultura para la agroindustria:

- lansafрут
- Biofrut, posteriormente Diana Naturals
- Surfrut
- Pinto-Piga Seeds
- Vivero Los Olmos
- Clearwater Chile S.A.
- Semameris

Desde la academia se agradece el apoyo de la Universidad de Chile y su Facultad de Ciencias Agronómicas.

Finalmente, agradecer al personal de INIA, profesionales, técnicos, operarios y practicantes, que cumplieron sus labores muchas veces con sacrificio para sacar adelante estos proyectos.

Sra. Alicia Bruna (Ing. Agrónomo, M.Sc.)  
Sra. Paulina Sepúlveda (Ing. Agrónomo, M.Sc.)  
Sra. Patricia Estay (Ing. Agrónomo, M.Sc.)  
Sr. Arturo Campos (Ing. Agrónomo, M.Sc.)  
Sr. Carlos Blanco (Ing. Agrónomo, Mg.)  
Sr. Rafael Ruiz (Ing. Agrónomo, Dr.)  
Sra. Gloria Tobar (Técnico Agrícola)  
Sra. Mabel Muñoz (Técnico en Alimentos)  
Sr. Luis Romero (Técnico Agrícola)  
Sr. Víctor Alfaro (Técnico Agrícola)  
Sr. Claudio Villegas (Técnico Agrícola)  
Sr. José Luis Zamorano (Operario Hortícola)  
Sr. Braulio Sandoval (Operario Hortícola)  
Srta. María José Tapia (Ing. Agrónomo)  
Srta. Vada Ferrando (Ing. Agrónomo)

## Tabla de contenido

<b>Tomate</b>	7
Centro de origen y características de la especie	9
Adaptación agroclimática	19
Requerimientos climáticos	24
Agronomía del cultivo	25
Índice de cosecha	48
Productividad	48
Variedades	50
Valor Nutritivo	51
Referencias bibliográficas	56
<b>Zanahoria</b>	62
Centro de origen y características de la especie	63
Adaptación agroclimática	68
Agronomía del cultivo	71
Índice de cosecha	88
Productividad	88
Variedades	96
Valor nutritivo	99
Referencias Bibliográficas	102
<b>Pimiento y Ají</b>	106
Centro de origen y características de la especie	107
Adaptación agroclimática	114
Agronomía del cultivo	118
Productividad	142
Variedades	149
Valor nutritivo	151
Referencias Bibliográficas	156
<b>Kale</b>	160
Centro de origen y características de la especie	161
Adaptación agroclimática	162
Agronomía del cultivo	163
Riego	165
Sanidad	165
Productividad	166

Variedades	167
Valor nutritivo	168
Referencias Bibliográficas	172
<b>Perejil</b>	177
Centro de origen y características de la especie	178
Adaptación agroclimática	178
Agronomía del cultivo	179
Productividad	184
Variedades	190
Valor Nutritivo	193
Referencias Bibliográficas	195
<b>Alcachofa</b>	198
Centro de origen y características de la especie	199
Adaptación agroclimática	205
Agronomía de cultivo	211
Valor nutricional de la alcachofa	222
Referencias bibliográficas	224
<b>Maíz Dulce</b>	227
Centro de origen y características de la especie	228
Adaptación agroclimática	230
Agronomía del cultivo	233
Productividad	265
Variedades	267
Valor nutritivo	269
Referencias bibliográficas	271



# 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.

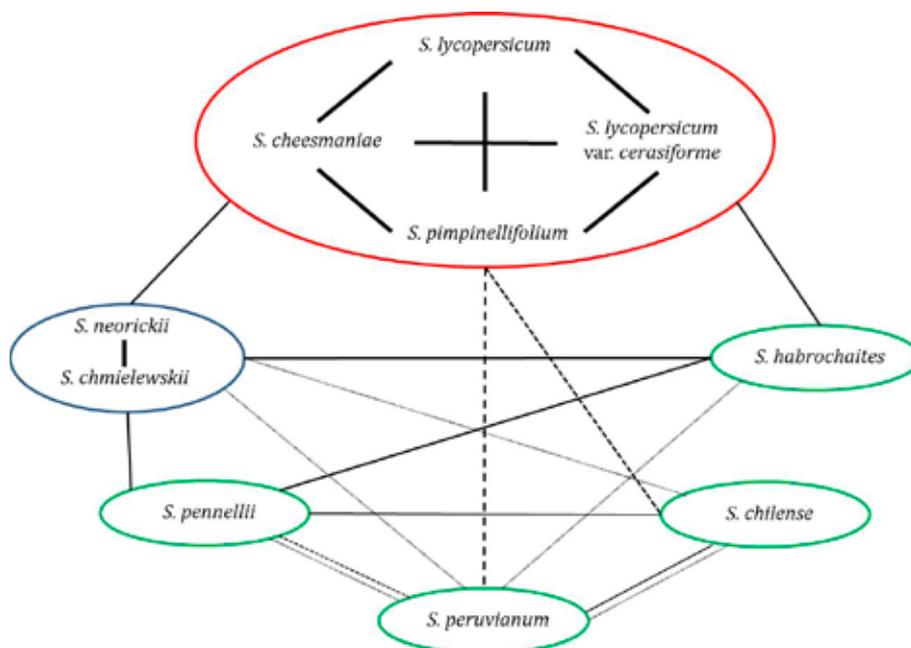
Estas especies silvestres crecen y se adaptan a una gran variedad de hábitat, desde el nivel del mar del océano pacífico hasta las sierras de Los Andes sobre 3.300 m de altura (Rick, 1973; Taylor, 1986). Esta variedad de climas, que ha seleccionado en forma natural caracteres de adaptación, más su diversidad 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.

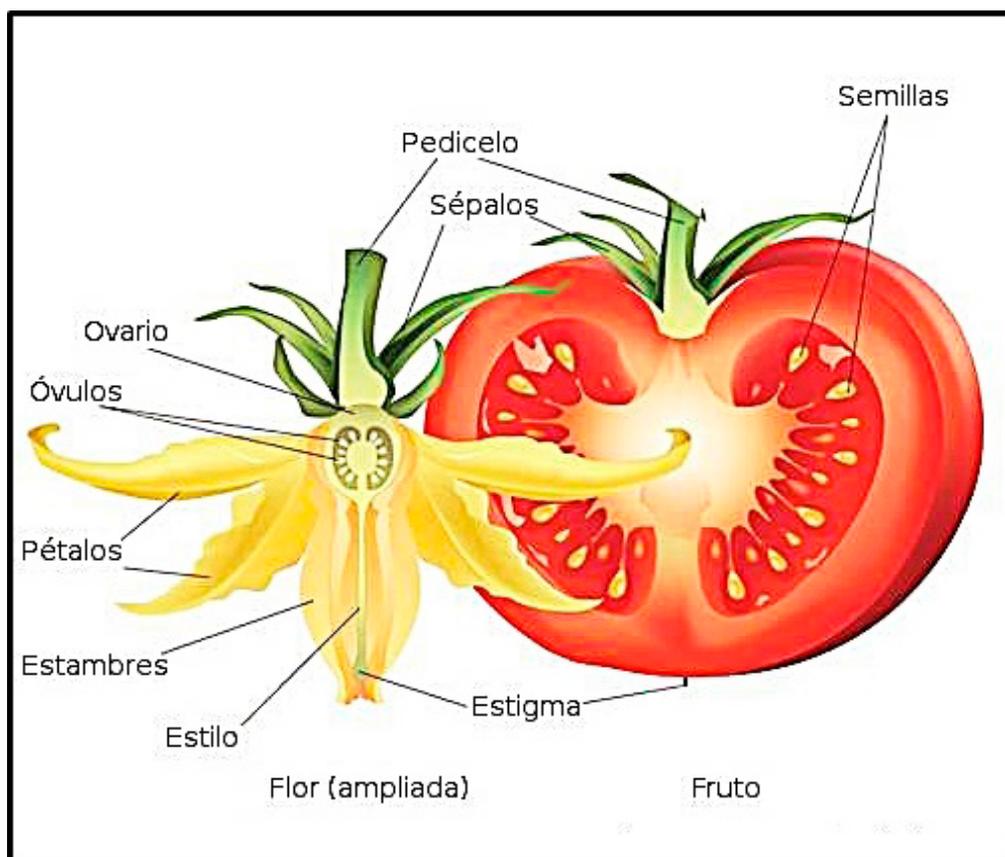


**Figura 3. Planta de tomate de crecimiento determinado (derecha) e indeterminado (izquierda).** Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/236227942926827006/>  
<https://www.pinterest.es/pin/280208408037450792/>

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. Diez 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.

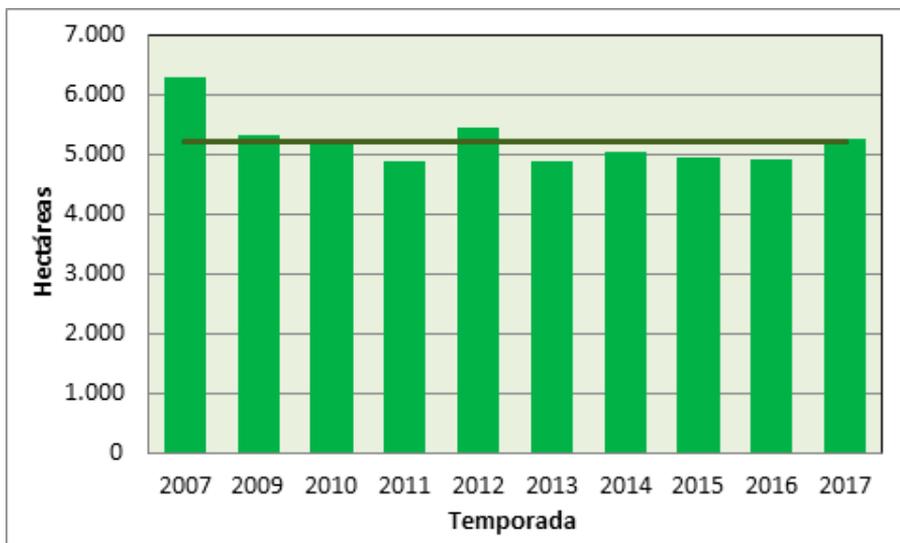
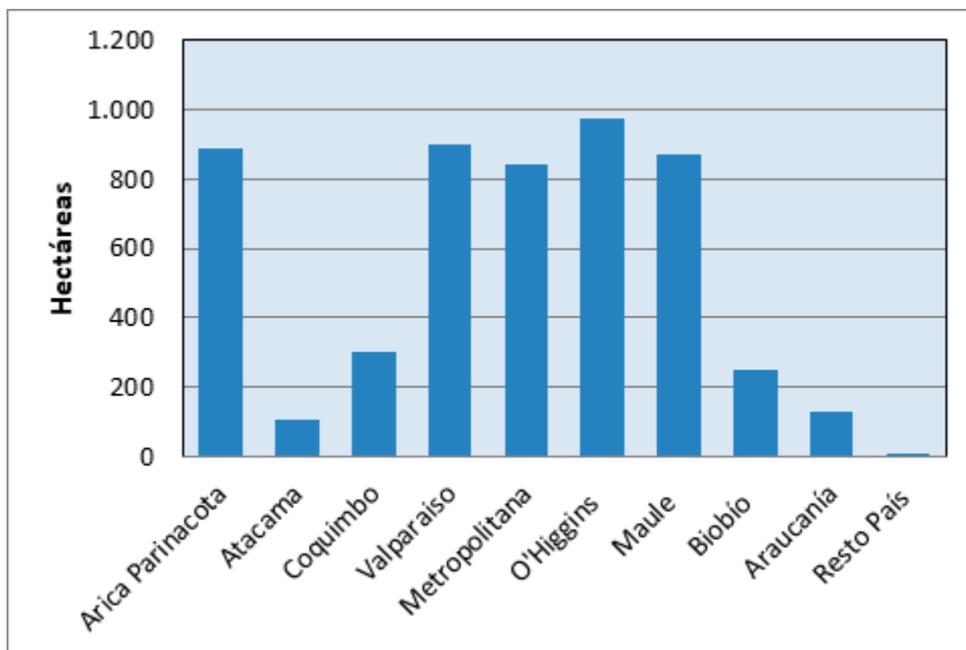


Figura 6. Evolución de la superficie cultivada con tomate para consumo fresco en los últimos 10 años, excepto 2008 donde no hay información (ODEPA, 2018).

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.

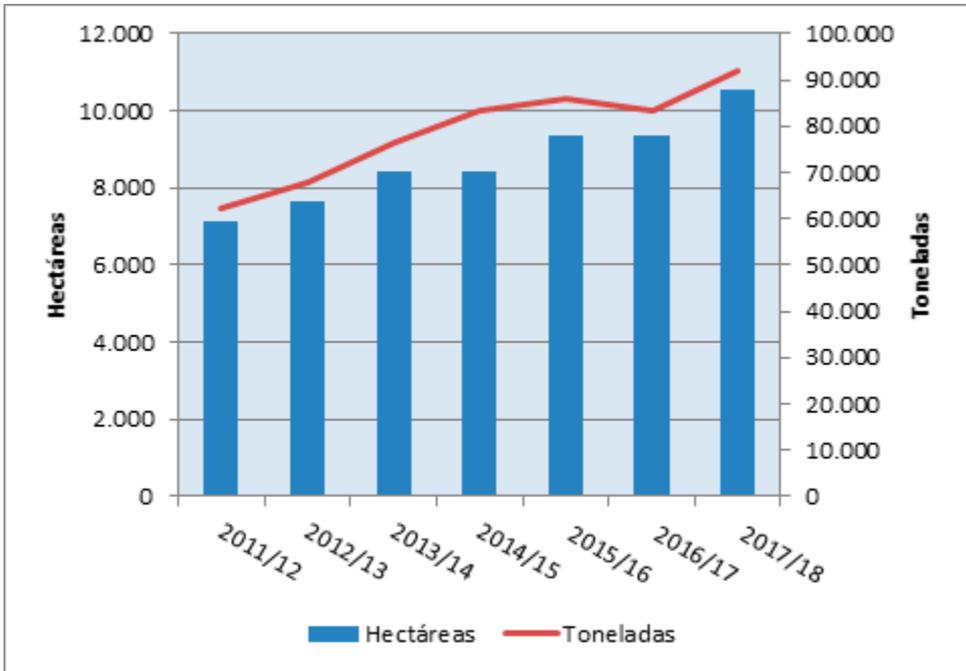
**Cuadro 2. Promedio regional y nacional de producción de tomate para consumo fresco, temporada 2010. (INE, 2010).**

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</i> spp.	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 7ºC (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	Aquiles 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).

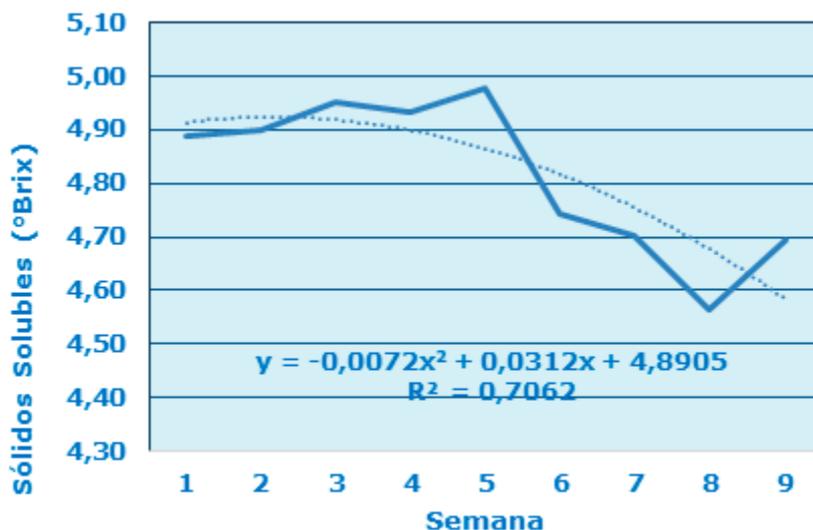


Figura 8. Contenido de sólidos solubles de frutos de tomate por semana de recepción en planta procesadora (Saavedra, 2005).

## 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 (C<sub>40</sub> H<sub>56</sub>) 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).

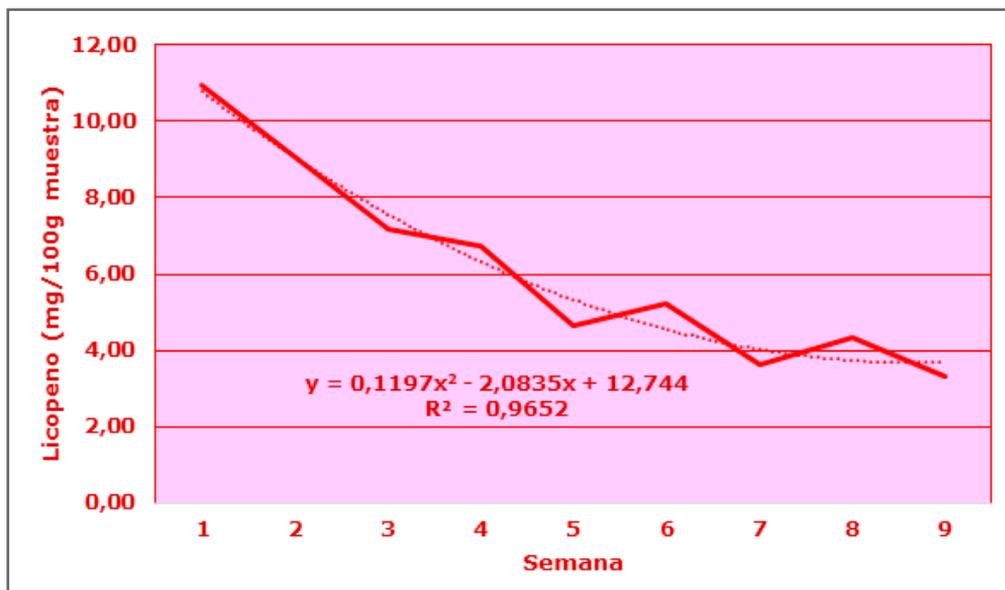


Figura 9. Contenido de licopeno de frutos de tomate por semana de recepción en planta procesadora.

## 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>.

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.



# Zanahoria

*(Daucus carota L., var. sativus Hoffm.)*

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

INIA – Carillanca

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Mg.

INIA - Carillanca

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

La zanahoria, al igual que muchas otras hortalizas que tienen raíces comestibles, pertenece a la antigua familia Umbelliferae, actualmente *Apiaceae*. Esta raíz es la hortaliza Apiacea de mayor siembra y producción en el mundo. Es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde la antigüedad por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. Selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color cambió al actual color naranja y ha sido la base del material genético actual.

Rubatzky y otros (1999) separan las zanahorias cultivadas en dos tipos (Figura 1):

- Asiáticas u orientales, actualmente clasificadas como *Daucus carota* L., var. *atrorubens*. Este tipo contiene antocianinas que le confieren un color rojizo-púrpura o amarillo a las raíces, que además son generalmente ramificadas. Las hojas son pubescentes lo cual les da un color verde grisáceo, pero además tienen tendencia a florecer temprano.
- Occidentales, estas tienen raíces de color naranja, amarillo, rojo o blanco, hojas verdes menos pubescentes y menor tendencia a florecer temprano sin exposición prolongada a bajas temperaturas.

Vavilov (1994) indica la presencia de zanahoria silvestre como una maleza común en viñedos y jardines de hortalizas en Afganistán y Turkestán (Asia Central). Pero, asume que el principal centro de origen de las zanahorias de tipo asiático fue el Asia interior, que comprende el nor oeste de India (Punjab y Kashemira), Afganistán, Tadjikistán y Uzbekistán, así como el oeste de Tien-Shan. En el caso de las de tipo occidental, considera como centro de origen al Asia Menor, como Transcaucasia, Irán y Turkmenistán, pero primariamente Turquía.

Las zanahorias naranjas encontradas en germoplasma silvestre sugerirían un origen turco (Simon, 2000). Estas de tipo naranja desplazaron a las de color púrpura en Europa y el Mediterráneo por el siglo 17 a través de preferencias humanas y selección, pero además formaron la base de los cultivares modernos en todo el mundo, principalmente por su sabor superior, versatilidad y valor nutricional (Stolarczyk y Janick, 2011).

La zanahoria moderna, al parecer, deriva de una combinación de mutaciones y selecciones desde un pool genético complejo. Estos involucran zanahorias de raíz amarilla orientales, derivados de zanahorias silvestres de raíz blanca (cultivadas como plantas

medicinales desde antaño) y poblaciones silvestres no seleccionadas de Europa y el Mediterráneo (Banga, 1957, 1963; Heywood, 1983). Las zanahorias naranjas, probablemente, aparecieron de mutaciones de formas amarillas y selección humana, se piensa que de Holanda.

El color amarillo/naranja de zanahorias occidentales es causado por pigmentos carotenoides ligados a plastidios como caroteno y xantofila. La zanahoria blanca contiene sólo trazas de pigmentos, principalmente caroteno y xantofilas (Ladizinsky, 1998). Los tipos amarillo y blanco probablemente se originaron por mutación. La zanahoria púrpura contiene antocianinas, un poderoso antioxidante, mientras que la roja contiene licopeno, bueno para la salud de la vista, también encontrado en tomate (Rubatzky y otros, 1999).



a) Zanahoria Oriental



b) Zanahoria Occidental

**Figura 1. Tipos de zanahoria. (Rubatzky y otros, 1999)**

La zanahoria es una planta bianual que crece de una raíz comestible la cual se desarrolla desde los tejidos de la raíz principal y el hipocotilo durante el primer año de crecimiento. Esta raíz es de tipo napiforme, o sea, con forma de nabo, cuya raíz central es principal, nítida y dominante sobre las raíces laterales y se engrosa total o parcialmente por la acumulación de sustancias de reserva. La intervención de una gran parte del hipocotilo en la constitución de este tipo de raíz provoca que estos órganos pueden resultar morfológicamente heterogéneos y, a pesar de su semejanza externa, pueden presentar considerables diferencias en su estructura anatómica.

Una vez germinada y emergida, la zanahoria presenta una clara demarcación entre la raíz principal y el hipocotilo, este último es más grueso y no tiene raíces laterales. El tallo de la planta de la zanahoria durante su estado vegetativo sobresale un poco del suelo y está muy comprimido por lo que los internudos no se pueden apreciar con claridad. Cuando se produce la inducción floral, este tallo se alarga y produce una inflorescencia llamada umbela.

Las primeras hojas verdaderas aparecen después de 10-15 días, con una hoja nueva desarrollándose aproximadamente en el mismo intervalo durante la mayoría del crecimiento activo. Las hojas y la roseta basal son alternas y compuestas. Las hojas nuevas se desarrollan en forma centripétala en una espiral dentro de la formación básica de los pecíolos precedentes. Las hojas tienen los pecíolos largos, dobles o triplemente pinnadas-partidas. Hojas oblongas con segmentos lineares a lanceolados y pecíolos ensanchados en la base. Foliolos de 3 a 7 pares por segmento, más uno terminal, lineares lanceolados, con el borde entero o denticulado, el ápice agudo mucronado y lampiño a hispido especialmente en nervaduras y bordes (Alessandro, 2013; Rubatzky y otros, 1999)

La raíz es un órgano de almacenamiento principalmente compuesto de floema parenquimatoso y xilema penetrado por tejido vascular con secciones de cambium juntándose todo en un cilindro (Figura 2) (Rubatzky y otros, 1999). Las raíces de mejor calidad son aquellas que poseen una mayor cantidad de floema respecto al xilema. La forma de la raíz de las zanahorias es cónica, pero la forma de punta roma aparece en varios cultivares, por lo tanto, existen cultivares cilíndricos, redondos o variados entre estas formas. Según IPGRI (1998), por forma de raíz clasifica las zanahorias en cinco categorías: redonda, oboval, triangular invertida, oblonga y puntiaguda (Figura 3), mientras que por tipo de raíz las clasifica en nueve, los cuales llevan nombres de localidades europeas, probablemente ligadas al consumo de estos tipos específicos de raíces, como se observa en la figura 4.

El color naranja y amarillo de las raíces está ligado a la presencia de pigmentos como alfa y betacarotenos. Los betacarotenos pueden representar más del 50% de los carotenoides totales y por lo general duplican a los alfacarotenos. El contenido de carotenoides no está uniformemente distribuido en la raíz, debido a que la síntesis proviene de tejidos proximales a distales, y el floema contiene comúnmente más carotenoides que el xilema (Rubatzky y otros, 1999).

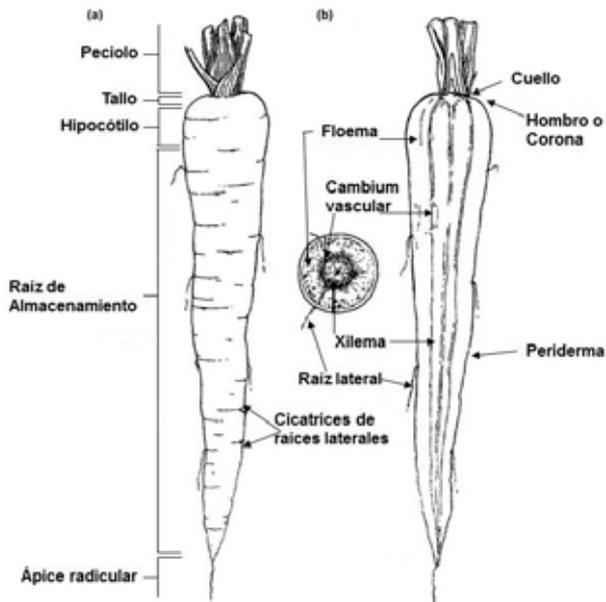


Figura 2. Anatomía de raíz de zanahoria: (a) vista completa y (b) corte longitudinal. Fuente: Rubatzky y otros, 1999.

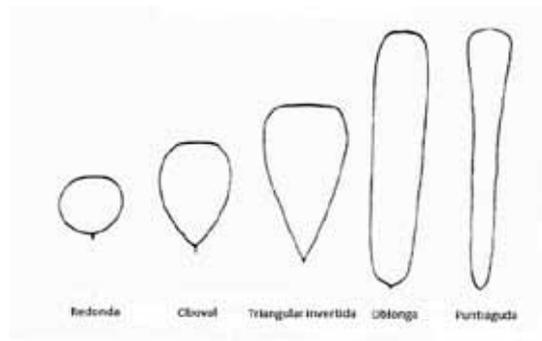
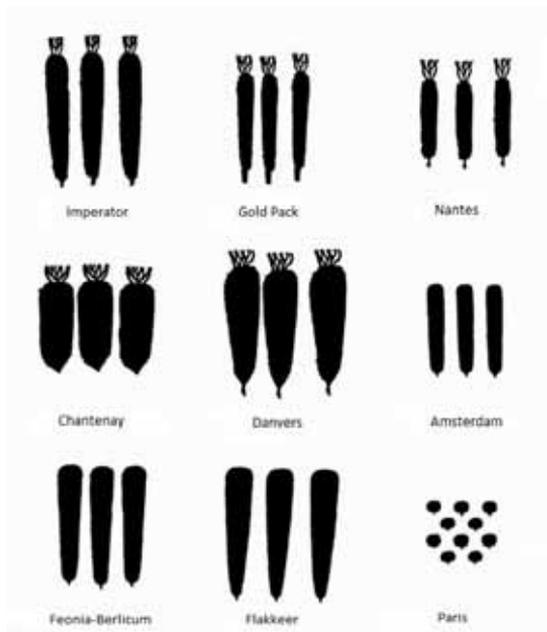


Figura 3. Clasificación por forma de la raíz de zanahoria. Fuente: IPGRI, 1998.



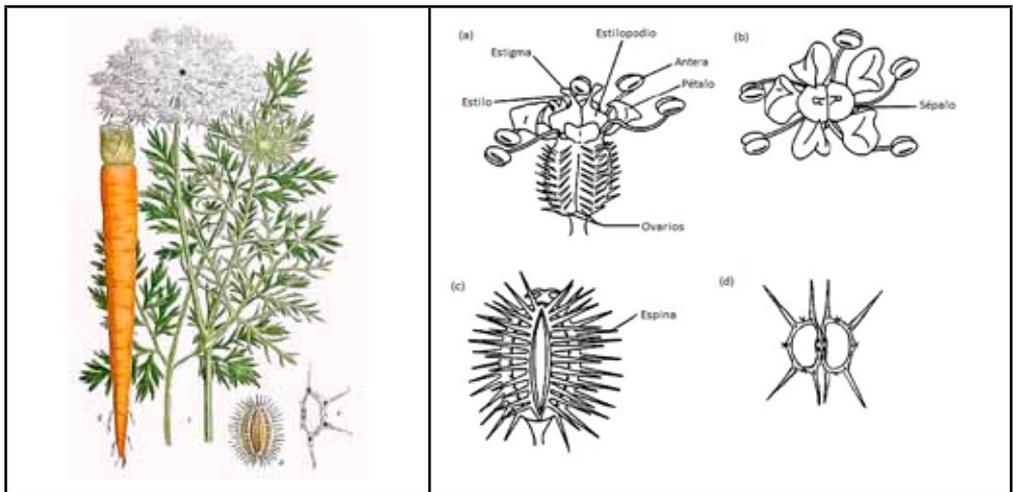
**Figura 4. Clasificación por tipo de raíz de zanahoria. Fuente: IPGRI, 1998.**

La iniciación floral en zanahoria involucra algunos cambios morfológicos del meristema apical plano en el tallo que produce hojas a un meristema cónico más levantado capaz de producir la elongación del tallo y una inflorescencia (Borthwick y otros, 1931). El tallo floral se desarrolla a partir de la yema central de la corona, alcanzando una altura de 1 a 1,5 m, el cual termina en una inflorescencia llamada umbela, central o primaria de primer orden, correspondiente al tallo principal. Las ramificaciones sucesivas del vástago producen umbelas de segundo, tercer y hasta séptimo orden. Estas son progresivamente más pequeñas y se desarrollan más tarde. El número de umbelas por umbela y de flores por umbela es mayor en las umbelas primarias, que son las más grandes, llegando a medir hasta 15 cm de diámetro. Una umbela primaria grande puede contener alrededor de 50 umbelas pequeñas, cada una de las cuales puede contener alrededor de 50 flores. El número de ramificaciones, órdenes y umbelas varía entre plantas y con las condiciones ambientales. En un clima templado los primeros cuatro órdenes producen más del 90 % de la semilla, siendo el segundo el más importante cuantitativamente, con un aporte mayor al 50% (Oliva, 1992).

Las flores de la zanahoria son perfectas, pequeñas y blancas, ocasionalmente blanco verdoso o amarillo pálido. Es una planta andromonoica, cuyas flores consisten en cinco pétalos, cinco estambres y un cáliz completo. El desarrollo floral es protoándrico, por lo que los estambres y la umbela en cada flor maduran un par de días antes

que los pistilos estén receptivos, por lo tanto, la polinización cruzada ocurre con más frecuencia que la autopolinización. Un método simple para estimar si los estilos están receptivos es observar la separación de los estilos pareados. El ovario es ínfero, bilocular, con los lóculos uniovulados.

El desarrollo y apertura de las flores de cada umbela es centripeta, o sea de afuera hacia adentro, generalmente iniciándose en la umbela primaria. El periodo de floración de las umbelas individuales normalmente está entre 7 a 10 días, entonces una planta puede estar en floración por 30 a 50 días. La polinización es entomófila, la atracción de los insectos se debe a la forma de las umbelas y la presencia de nectarios. Una vez ocurrida la fertilización y la semilla comienza a desarrollarse, las umbelas interiores de la umbela principal comienzan a doblarse hacia adentro cambiando la forma de ligeramente convexa o casi plana a cóncava, como en forma de nido de pájaro.



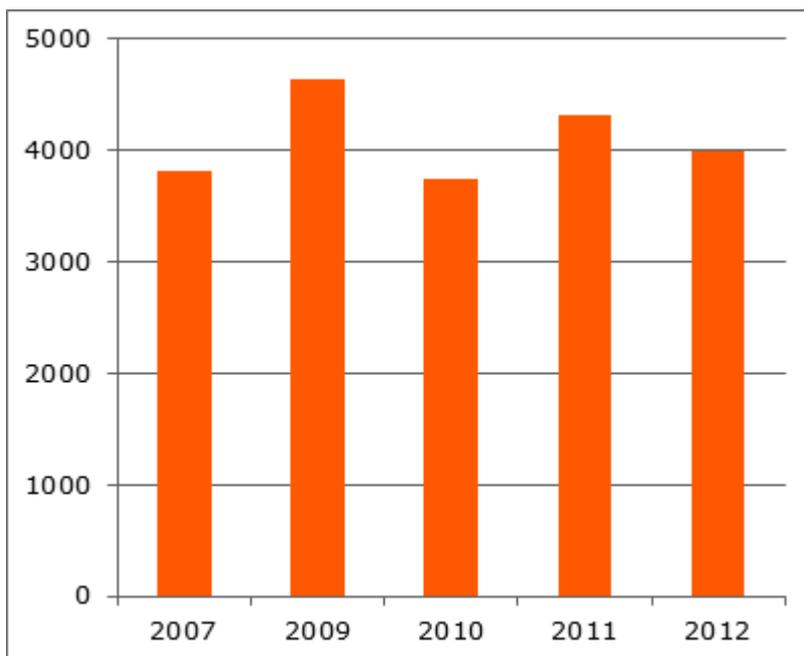
**Figura 5. Izquierda: Umbela compuesta hojas y aquenio ([https://es.wikipedia.org/wiki/Daucus\\_carota#/media/Archivo:Daucus\\_Carota.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Daucus_carota#/media/Archivo:Daucus_Carota.jpg)). Derecha: (a) Flor de lado; (b) Flor de arriba; (c) Esquizocarpo, (d) Mericarpios. (Rubatzky y otros, 1999).**

El fruto es un esquizocarpo o diaquenio, dos aquenios aplanados en la cara de la unión. Los dos mericarpios que constituyen un diaquenio se separan a la madurez y cada uno constituye lo que comúnmente se denomina semilla. En general la semilla de las umbelas terciarias madura tres o más semanas después que la de las primarias. Cada planta puede producir entre 10 y 30 gramos de semilla, cuyo tamaño puede variar y fluctuar entre menos de 500 a más de 1000 semillas por gramo. La mayor parte de la semilla no es viable y sólo un 10 % llega a planta adulta.

## ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

### Distribución nacional y zonas productoras

El cultivo de la zanahoria en Chile está todo el año presente y es prácticamente a nivel nacional, destacando algunas regiones con superficies mayores y otras en que la producción está en huertos caseros y pequeñas superficies. En los últimos años, la superficie sembrada ha fluctuado entre 3.700 a 4.600 hectáreas anuales (ODEPA, 2014), tal como se observa en la Figura 6, pero se puede considerar que el promedio anual aproximado es de 4.000 hectáreas.



**Figura 6. Superficie nacional de zanahoria sembrada por año en hectáreas. Fuente: ODEPA, 2014.**

La distribución por región en la temporada 2012 (ODEPA, 2014) se presenta en el Cuadro 1, donde la Metropolitana es la que tiene la mayor superficie sembrada con casi 37% del total nacional, seguida por Valparaíso (22%) y del Biobío (18%). En las regiones no mencionadas en el cuadro, también hay pequeñas superficies sembradas, generalmente en huertos caseros o para autoconsumo.

**Cuadro 1. Superficie sembrada de zanahoria por región. Temporada 2012. Fuente: ODEPA, 2014.**

Región	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	1
Atacama	3
Coquimbo	321
Valparaíso	872
Metropolitana	1.465
O'Higgins	37
Maule	18
Biobío	733
Resto	539
<b>Total Temporada 2012</b>	<b>3.990</b>

El rendimiento promedio nacional fue 40,5 t/ha en la temporada 2008/2009, siendo la Región del Biobío la de mejor rendimiento con 47,1 t/ha, seguida por la Región Metropolitana con 31,3 t/ha, como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Rendimiento promedio nacional y regional en kg/ha de zanahoria. ODEPA, 2014.**

Region	Rendimiento Promedio (kg/ha)
Arica y Parinacota	19.780
Atacama	30.630
Coquimbo	28.840
Valparaíso	28.810
O'Higgins	23.630
Biobío	47.110
Metropolitana	31.390
<b>Nacional</b>	<b>40.510</b>

## Requerimientos climáticos

La zanahoria es una especie que posee la cualidad de adaptarse bien a diferentes ambientes, aunque depende del tipo y cultivar que se use.

La germinación es lenta y dispareja debido a la diferente maduración del embrión, que está influenciado por la posición de la flor en la umbela. La humedad y temperatura son fundamentales para la germinación de la semilla, siendo la temperatura óptima del suelo 26°C, la máxima es de 35°C demorando la germinación alrededor de 9 días, mientras que la mínima de 5°C la que tarda 51 días en germinar.

En este cultivo, la temperatura ambiental tiene un efecto mayor en los estados de crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo ideal para crecimiento entre 15 y 21°C, el rendimiento y calidad se ven afectados con temperaturas promedio sobre 25°C y/o bajo 10°C. Las temperaturas bajas, además de la posibilidad de inducir floración prematura, reducen el tamaño de la planta y las características de calidad. Temperaturas mayores a 25°C favorecen el desarrollo aéreo contra el crecimiento de raíces, mientras que si sube a 30°C limita el crecimiento aéreo, pero además si es prolongado, afecta el color, sabor y textura de la raíz.

La temperatura ambiental también produce limitaciones en el desarrollo del color de la raíz. Así, temperaturas promedio continuas sobre 25°C o bajo 15°C la afectan. Por ejemplo, raíces desarrolladas durante noches frescas (7°C) alternando con temperaturas moderadas durante el día (15°C), producen más carotenos que raíces mantenidas a 7°C continuamente.

La forma de las raíces varía de acuerdo a la temperatura ambiental, con promedio de 12 a 13°C tienden a crecer largas y delgadas, mientras que con 24°C son cortas y anchas. Temperaturas alternativas día/noche bajas (7°C) y moderadas (18°C) tienden a producir raíces largas y delgadas comparadas con las producidas a temperaturas constantes de 18°C o mayores.

Los cultivares desarrollados para zonas tropicales tienen la capacidad de producir a temperaturas entre 25 y 30°C, pero tienden a ser más sensibles a temperaturas bajas y susceptibles a emisión prematura de tallo floral.

En general, el follaje y raíces de la zanahoria, usualmente, pueden tolerar periodos de baja temperatura, inclusive heladas leves con poco daño o no aparente. Las plantas pequeñas no resisten heladas fuertes. La zanahoria puede soportar heladas de hasta -3°C (perdiendo su parte aérea), mientras que temperaturas de -5°C producen daños en las raíces.

Este cultivo tolera un amplio rango de pH del suelo, tiene un crecimiento satisfactorio entre 5,0 y 8,0, pero es preferible pH entre 5,5 a 6,5 en suelos orgánicos y 6,0 a 6,8 en suelos minerales (Lipinski, 2013)

Exceso de humedad en el suelo provoca disminución de color de raíz, afecta el largo y la forma, además aumenta el número y tamaño de raíces fibrosas finas. Por otra parte, cambios rápidos de contenido de humedad en el suelo, especialmente cerca de la cosecha favorecen la partidura de raíces, deteriorando el producto.

Un problema común en el cultivo de zanahoria es la floración prematura o “bolting” inducido por baja temperatura. Esta condición de temperatura no afecta a plantas en estado juvenil, puesto que no son sensibles a la vernalización, sin embargo, esta condición termina en plantas con 8 a 12 hojas verdaderas y con raíz de más de 4 a 8 mm de diámetro, aunque el nivel de respuesta es dependiente del cultivar que se trate.

La exposición por 2 a 8 semanas a temperatura constante entre 0 y 10°C es suficiente para vernalizar la zanahoria e inducir la emisión del tallo floral (Dickson y Peterson, 1958). Días largos después de la vernalización estimulan la floración (Atherton y otros, 1984), pero Craigson y otros (1990) encontraron que un tratamiento de frío por 11 a 12 semanas a 5°C y manteniendo el cultivo en oscuridad o fotoperiodo menor a 12 horas, resultó en floración más rápida y prolífica, que aplicación de frío bajo fotoperiodo más largo.

El proceso de floración, después de la vernalización se puede suprimir con luz baja continua. También se puede disminuir el número de plantas florecidas con temperaturas ambientales de 21 a 27°C con posterioridad al proceso de frío, o con temperaturas cercanas a los 30°C por 3 a 7 días.

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

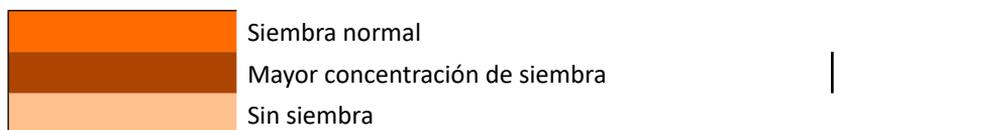
### **Ciclo de desarrollo**

En Chile se produce zanahoria a lo largo de todo el año, aunque hay zonas que tienen limitaciones climáticas para la producción. Estos problemas, generalmente, ocurren con temperaturas bajas que pueden producir vernalización e inducir la floración prematura, lo que provoca un deterioro del producto y caídas fuertes en rendimiento.

La fecha de siembra por región se presenta en la Figura 7, donde se puede observar que las principales regiones productoras (Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana)

concentran la siembra entre enero y junio. Mientras que desde el Maule al sur la siembra es principalmente entre octubre y diciembre, aunque en la zona de Maule y Biobío se puede sembrar antes.

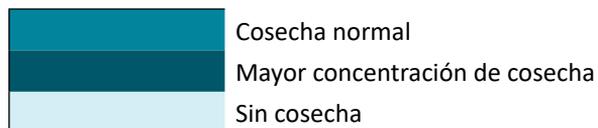
Región	Enero-marzo	Abril-junio	Julio- septiembre	Octubre-diciembre
Arica y Parinacota				
Atacama				
Coquimbo				
Valparaíso				
Metropolitana				
O'Higgins				
Maule				
Biobío				
Araucanía				
Los Lagos				
Magallanes				



**Figura 7. Fecha de siembra de zanahoria por región.**

La cosecha de zanahoria se produce en forma diferida por región, pero durante todo el año, tal como se observa en la figura 8. Existe una mayor concentración de cosecha entre octubre y diciembre en las regiones centrales del país, moviéndose hacia los meses de enero a marzo más al sur debido a las condiciones climáticas imperantes en estas regiones, aunque se puede cosechar también durante parte de abril en la zona sur. Sin embargo, el principal abastecimiento de zanahoria, según fecha de cosecha, se encuentra desde las regiones de Coquimbo hasta la Metropolitana, cubriendo todo el año con material fresco para el consumo directo e industrialización.

Región	Enero-marzo	Abril-junio	Julio- septiembre	Octubre-diciembre
Arica y Parinacota				
Atacama				
Coquimbo				
Valparaíso				
Metropolitana				
O'Higgins				
Maule				
Biobío				
Araucanía				
Los Lagos				
Magallanes				



**Figura 8. Fecha de cosecha de zanahoria por región.**

### Sistema de siembra

La elección de suelos es importante, dado que suelos francos a arenosos permiten un desarrollo más libre de la raíz en profundidad, facilitan la cosecha y producen raíces sin deformaciones. Los suelos más arcillosos o pesados dificultan la aireación y retienen mucha humedad, lo que provoca una tendencia a lignificar el corazón haciéndolo muy duro y poco palatable.

El cultivo de zanahoria se establece en siembra directa, por lo tanto, la preparación de suelo debe ser muy bien hecha en profundidad, por ser una raíz, y mullida en la superficie, ya que la semilla de zanahoria es bastante pequeña, aún peletizada.

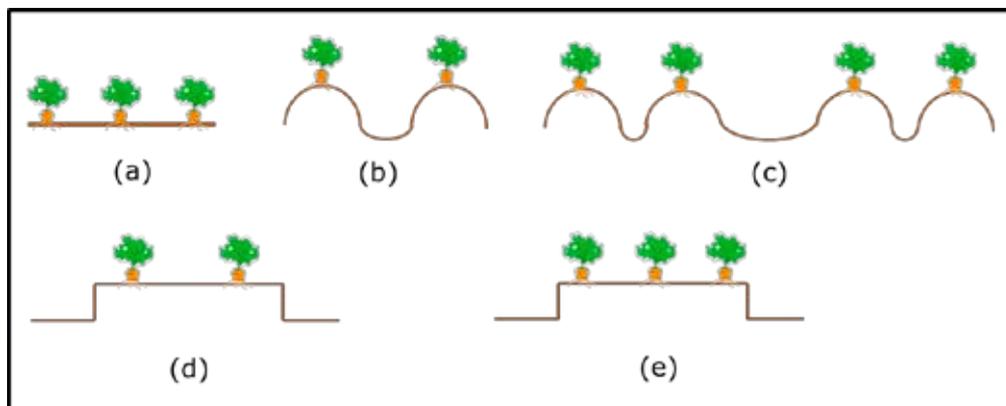
Las labores primarias se deben realizar con tiempo para eliminar malezas, tener un buen establecimiento del cultivo y permitir un adecuado desarrollo de las raíces. Para facilitar la cosecha, principalmente si es mecanizada, se deben evitar labores muy superficiales. Las operaciones de preparación del suelo deben realizarse a una profundidad que permita el crecimiento de la raíz en profundidad sin mayores obstáculos, evitando de esta manera deformaciones y disminución de calidad del producto a cosechar.

La preparación de la cama de semillas debe realizarse inmediatamente antes de la siembra de manera de evitar pérdida excesiva de humedad en el suelo. La finalidad es disminuir el tamaño de los terrones formados con las labores primarias y nivelar la superficie del suelo.

Se debe crear una capa superficial de suelo mullido, que asegure un buen contacto íntimo entre la semilla y el suelo húmedo, de manera de facilitar la acción de los herbicidas y asegurar durante la emergencia el suministro de agua a las raíces por capilaridad.

La siembra se puede realizar en plano, mesas o camellones, como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9. Diversos sistemas de siembra de zanahoria y su distribución.**



El sistema de siembra dependerá del tipo de maquinaria disponible, aunque también es posible hacerlo a mano, teniendo en consideración hacerlo en línea. Las hileras se pueden sembrar con máquinas de una hilera de tracción humana (tipo planet junior) o con sembradoras de tiro animal o mecánico. La siembra en camellones simples

(Figura 9b) o dobles (Figura 9c), o en mesas (Figuras 9d y 9e), permiten mejorar la uniformidad de la siembra, emergencia de la plántula y el crecimiento posterior. La siembra en elevación facilita la conducción del riego por surcos y mejoran el drenaje en la capa superior del suelo. Por otra parte, facilitan las labores culturales y la operación de cosecha, sea semi o totalmente mecanizada. En zonas más frías, las camas elevadas también pueden facilitar un ligero incremento de la temperatura del suelo, promoviendo un adelanto del punto de cosecha (Gabriel, 2013).

Si se cuenta con riego por aspersión, se puede sembrar en hileras individuales y en cuarteles de un ancho que permita un mojamiento adecuado según el perímetro que alcance el aspersor, considerando el traslape. Si se utiliza riego por cintas, se instala una cinta cada dos hileras, por lo que es recomendable sembrar en mesas de 1,2 m de ancho, de manera de dejar un espaciamiento entre mesas para las labores. Si se cuenta con sembradora neumática y maquinaria para arrancar, es posible sembrar también en camellones con dos hileras cada uno (Kehr y Díaz, 2012).

La formación de camellones o platabandas puede realizarse separadamente o en una misma operación conjuntamente con la siembra, dependiendo de la maquinaria disponible.

Para facilitar la siembra, la semilla que es bastante desuniforme en forma (Figura 10a), se puede peletizar o recubrir y tratarla con fungicidas, nutrientes, etc (Figura 10b). Pero, al mismo tiempo, se le puede dar acondicionamiento osmótico, de manera de uniformar la edad fisiológica para que su germinación y emergencia sea más pareja, rápida y vigorosa. Generalmente, la semilla peletizada que se comercializa viene previamente acondicionada. Sin embargo, si se siembra semilla desnuda, siempre es recomendable desinfectarla con algún fungicida antes de siembra (captan, mancozeb, thiuram).



a) Semilla de zanahoria desnuda



b) Semilla de zanahoria peletizada

**Figura 10. Semilla de zanahoria.**

La siembra directa es el método menos costoso de propagación, principalmente debido a que requiere menos mano de obra y, además, en la actualidad los equipos de siembra de precisión realizan siembras bastante exitosas.

La siembra del cultivo de zanahoria se puede realizar con varios tipos de sembradoras, por ejemplo: manuales (de una hasta 6 hileras) o mecanizadas, de plato fijo o de precisión (Figura 11).



a) Sembradora manual 1 hilera



b) Sembradora manual 6 hileras



c) Sembradora autopropulsada



d) Sembradora remolcable

**Figura 11. Tipos de sembradoras manuales y mecanizadas de pequeña escala. (Fotos: Gentileza de Terradonis)**

Las sembradoras de precisión (neumáticas o cintas alveoladas) descargan individualmente cada semilla y son más convenientes cuando las condiciones son propicias, tanto para reducir la cantidad de semilla a utilizar como para distribuir uniformemente las semillas en profundidad y en el plano horizontal (Figura 12).



a) Sembradora neumática



b) Sembradora de plato

**Figura 12. a) Sembradora neumática de precisión y b) Sembradora de plato fijo.**

Las sembradoras de plato fijo permiten distribuir la semilla en bandas o a “chorro continuo” a una profundidad variable, desde la superficie del suelo a unos pocos centímetros, requiriendo una mayor cantidad de semilla que las de precisión para lograr un determinado número de plantas. El grado de desuniformidad en la distribu-

ción, tanto en superficie como en profundidad, de la semilla puede modificarse con la calibración de la máquina dentro de cierto límite. Puede requerir de raleo manual una vez emergidas las plántulas de zanahoria, de manera de obtener una población y distanciamiento apropiado para el crecimiento y desarrollo de las raíces.

El buen funcionamiento de las sembradoras es fundamental para una adecuada uniformidad de distribución de la semilla, tanto en profundidad como sobre la hilera. A su vez, se debe asegurar un buen contacto de la semilla con el suelo, compactando adecuadamente la superficie del suelo, para lo que se recomienda una pasada de rodón, si es que la maquinaria no lo tiene incorporado.

Los equipos de siembra también pueden contar con aplicadores de agroquímicos granulados (plaguicidas, fertilizantes), los que se incorporan por debajo del nivel de colocación de la semilla.

## **Población**

Comparada con otras hortalizas, la zanahoria es sembrada a densidad muy alta. Las semillas de zanahoria son pequeñas, fluctúa entre 0,9 a 2g el peso de 1.000 semillas, dependiendo del cultivar. Por lo tanto, se siembran a poca profundidad de manera de facilitar la emergencia y minimizar las dificultades que puede poner el suelo a las frágiles plántulas. Se siembra normalmente a una profundidad de 3-5 mm, profundidades mayores a 10 mm se deben evitar a menos que la temperatura superficial del suelo sea alta y la humedad baja. La semilla de zanahoria germina entre 10 y 35°C, pero la emergencia más rápida ocurre entre 20 y 30°C.

La densidad de plantas depende del destino de la producción. Ajustes espaciales se pueden hacer de acuerdo al tipo de máquina sembradora para corregir las diferencias que se pueden producir en tamaño de raíces por competencia.

Cuando se trata de zanahoria para industria, se requiere obtener alto tonelaje por hectárea, especialmente en el caso de la producción de jugo. Pequeños productores del sur siembran manualmente, en superficies de 0,5 a 5 hectáreas, con lo cual es posible el raleo, labor que se realiza al cosechar en forma parcializada. En zonas lluviosas, es recomendable sembrar en mesas de hasta 1,2m de ancho, con hileras distanciadas a 25cm, y 2 a 3cm entre plantas. La dosis de semilla varía entre 2,5 y 4 kg/ha (Kehr y Díaz, 2012).

Las poblaciones finales varían bastante de acuerdo a la finalidad del cultivo, por ejemplo, para mercado fresco, Lazcano y otros (1998) recomendaron 1,75 millones de plantas por hectárea, pero también esta población va a depender del tipo de za-

nahoria que se trate. Las de tipo “Nantesa” deberían tener poblaciones que varían entre 1,4 y 2,2 millones de plantas/ha, mientras que las de tipo “Chantenay” 0,8 a 1,2 millones de plantas/ha. Sin embargo, para procesamiento de cualquier tipo, las poblaciones bajan en ambos tipos entre 0,6 y 1,2 millones de plantas/ha en este último tipo, y para “Nantesa” entre 1,0 y 1,8 millones de plantas (Rubatzky y otros, 1999).

La población y distribución espacial de las plantas tiene una fuerte influencia en el rendimiento comercial y calidad de la raíz, especialmente en largo y grosor. Incrementos en la población de plantas resultan en reducción en el promedio de largo y grosor. Aunque densidades más altas pueden incrementar el rendimiento total, el resultado es que el rendimiento comercial disminuye o bien la cosecha se retrasa.

## **Fertilización**

La extracción de nutrientes del suelo depende de la fertilidad natural y residual, de las condiciones agroclimáticas imperantes durante el desarrollo de la planta, de la densidad poblacional del cultivo, del rendimiento esperado y de otros factores como largo del periodo vegetativo, que pueden hacer que las cantidades extraídas puedan ser bastante diferentes de una localidad a otra; sin embargo, las cantidades de N-P-K extraídas deberían mantener una cierta relación para la especie, ya que ésta, genéticamente, no cambia sus necesidades nutricionales, salvo las diferencias que existan entre cultivares.

Como en todos los cultivos, antes de aplicar cualquier nutriente, es conveniente realizar un análisis de suelo con el fin de determinar la disponibilidad de elementos químicos para la planta. Un punto importante de conocer, teniendo el resultado del análisis, es la extracción de nutrientes por el cultivo y el rendimiento esperado. También se debe tener en consideración la época del año del cultivo y la rotación por los residuos que quedan disponibles en el suelo, los cuales aportan nutrientes.

Para suelos y agroclimas de Chile, es muy poca la información disponible de extracción de nutrientes y fertilidad mineral sobre zanahoria, mucha proviene de ensayos del siglo pasado y en zonas muy específicas. Tampoco en la literatura mundial se encuentra tanta información actualizada.

Al no disponer de estas herramientas e información, Rubatzky y otros (1999) sugieren el uso de aplicaciones base entre 75 y 150 kg/ha de nitrógeno, 25 a 125 kg/ha de fósforo y 0 a 175 kg/ha de potasio previo a la siembra, complementado con 75 a 150 kg/ha de nitrógeno dividido en dos o tres aplicaciones durante el desarrollo del cultivo. Muchos estudios sugieren que la mejor tasa de aplicación de nutrientes está en alrededor de 60: 30: 125 kg/ha de N: P: K, respectivamente.

Krarpup y otros (1984) sugieren para suelos de la serie Valdivia con rendimiento esperado de 81 t/ha y una población de 1,2 millones de plantas, una proporción de 64 kg/ha de N, 100 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100 kg/ha de  $K_2O$ . Evaluaciones realizadas por INIA Carillanca en La Araucanía sugieren entre 150-180 kg de nitrógeno/ha; 180-200 kg de  $P_2O_5$ /ha y 200-250 kg de  $K_2O$ /ha. El nitrógeno aplicado con un desarrollo de planta de 10 a 15 cm, en dos parcialidades. El fósforo y potasio se incorporan antes de la siembra, junto con micronutrientes deficitarios en el suelo, tales como boro, magnesio, manganeso, etc. Cabe hacer notar la necesidad de incorporar cal en caso de déficit de calcio y con pH menor a 6,0 (Kehr y Bórquez, 2010). En la zona sur, donde por lo general los suelos tienen tendencia a ser ácidos, se debe usar siempre la dosis más alta de  $P_2O_5$ , ya que este elemento es fijado en el suelo y su entrega a la planta es dificultosa.

Respecto a extracción de nutrientes por la planta, Hamilton y Bernier (1975) obtuvieron el Cuadro 3 basado en un rendimiento de 49,7 t/ha de raíz.

**Cuadro 3. Extracción de nutrientes en plantas completas de zanahorias cultivadas en suelos orgánicos (Hamilton y Bernier, 1975).**

Nutriente	Nutriente Removido (kg/ha)
Nitrógeno	213,6
Fósforo	50,3
Potasio	273,0
Calcio	150,8
Magnesio	41,4
	<b>g/ha</b>
Boro	260,3
Cobre	72,5
Manganeso	529,0
Zinc	760,9

Cecilio Filho y Carvalho (2013) indicaron que la acumulación de nutrientes es baja en los primeros 60 días después de la siembra, coincidiendo con el periodo de más baja acumulación de materia seca. La mayor acumulación de materia seca en la raíz

ocurre en el tercio final del crecimiento de la planta. Elementos como N, P, K, Mg y S se acumulan preferencialmente en la raíz, mientras que Ca en las hojas. Al dar un orden decreciente de acumulación de macronutrientes en el cultivo, este indicaría:  $K > N > Ca > P > S > Mg$

Estos mismos investigadores determinaron la participación porcentual de la raíz de zanahoria en la acumulación de nutrientes en toda la planta, presentado en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Participación de raíces en la acumulación de macronutrientes en toda la planta. (Cecilio Filho y Carvalho, 2013).**

Macronutriente	Porcentaje (%)
N	60,5
P	86,1
K	58,0
Ca	25,5
Mg	55,6
S	65,5

La fertilización de la zanahoria tiene que ser balanceada, de manera de no afectar su rendimiento y calidad. Dosis altas de nitrógeno no solo incrementan el porcentaje de raíces bifurcadas y deformes, sino que pueden incrementar el contenido de nitratos en las raíces. Chessin y Hicks (1987) informaron que con niveles de 336 kg N/ha no se debe usar la cosecha para alimentos de infantes por el alto contenido de nitratos; al respecto una investigación realizada por Cserni y otros (1989) mostró que con niveles de 320 kg N/ha las raíces de zanahoria pasaban el límite permitido de 400 ppm para alimento de niños.

Por tratarse de una raíz el órgano de consumo, el potasio ( $K_2O$ ) y el fósforo ( $P_2O_5$ ) juegan un importante rol en el resultado productivo. La planta de zanahoria absorbe más fósforo de los niveles superiores del suelo, pero también absorbe una cantidad interesante desde los 60 a 90 cm de profundidad, aunque tienen una mejor respuesta al fósforo recién aplicado que al residual (McPharlin y otros, 1994).

Respecto al fósforo, se ha observado mejor absorción cuando es aplicado en bandas, mientras que el potasio no está influenciado por el método de aplicación.

En cuanto a macro y microelementos, la zanahoria tiene requerimientos altos de Ca y Cl, moderado de Cu, Mn, B y Mg, moderado a bajo de Zn y relativamente bajo de Mo, S y Fe. Aunque no es un elemento esencial, usualmente tiene una relativamente alta absorción de Na.

Singh y otros (2010) encontraron que el B aumenta la integridad de la pared celular, por lo tanto, mejora la resistencia a fracturas de raíces y mejora el tamaño y peso de raíz, mientras que el Ca no tuvo efecto significativo en las propiedades mecánicas en los tejidos de la planta madura.

Otra herramienta para determinar niveles nutricionales es el análisis foliar, el cual debe ser comparado con rangos apropiados para cada cultivo. En el Cuadro 5 se muestra el contenido adecuado de nutrientes en dos estados de desarrollo de la planta (Maynard y Hochmuth, 1997).

**Cuadro 5. Rango adecuado del contenido de nutrientes minerales en materia seca de tejido foliar de zanahoria muestreada en dos estados de desarrollo. (Maynard y Hochmuth, 1997).**

Contenido de Nutrientes (%)	60 días después de siembra	A madurez
Nitrógeno	1,8 - 2,5	1,5 – 2,5
Fósforo	0,2 – 0,4	0,18 – 0,4
Potasio	2,0 – 4,0	1,4 – 4,0
Calcio	2,0 – 3,5	1,0 – 1,5
Magnesio	0,2 – 0,5	0,4 – 0,5
ppm		
Fierro	30 – 60	20 – 30
Manganeso	30 – 60	30 - 60
Zinc	20 – 60	20 – 60
Boro	20 – 40	20 – 40
Cobre	4 - 10	4 – 10

## Riego

La zanahoria es un cultivo que requiere tener agua disponible durante todo su período de desarrollo, pero es muy poco tolerante al anegamiento. Tiene tres estados críticos para las necesidades de agua del cultivo:

1. Emergencia de plántula: requiere de riegos cortos y seguidos. En primavera-verano con días más calurosos, los riegos deben ser día por medio desde la siembra hasta la emergencia (4 riegos de 45 -60 min). A partir de la emergencia riegos cada 3-4 días hasta las 2 hojas verdaderas. En otoño-invierno, según la humedad disponible en el suelo, se debería dar un riego antes de siembra para asegurar la emergencia.
2. Elongación de raíz: es necesario disminuir la frecuencia de riego. Restringir el volumen de agua aplicada, de manera que la planta busque humedad en profundidad y se desarrolle. De acuerdo a la humedad del suelo aplicar riego en intervalos de 7 a 10 días hasta llegar aproximadamente a la 7ª semana.
3. Engrosamiento de raíz: aplicar volumen de agua en forma creciente para mejorar el engrosamiento de la raíz a partir de la 7ª semana. Se sugieren 2 a 3 riegos profundos y largos en tiempo de acuerdo con la humedad del suelo y a la época del año.

En los riegos del cultivo de zanahoria se deben considerar aspectos que pueden dañar el rendimiento y/o calidad de las raíces a cosechar, como la excesiva humedad del suelo, que satura los espacios porosos y limita el contenido de oxígeno. Bajo estas condiciones se produce una limitación en la absorción de nutrientes y agua, pero además se ve facilitado el ataque de fitopatógenos. Por otra parte, estos períodos de excesiva humedad en el suelo durante el crecimiento disminuyen el color, largo y forma de la raíz e incrementa el tamaño y el número de raíces fibrosas. En suelos ricos en materia orgánica, el crecimiento temprano de la raíz principal puede ser severamente reducido por la exposición de las plantas a períodos de 12 horas en un ambiente de suelo saturado de agua.

Disponibilidad constante y en volumen adecuado de agua es indispensable durante todo el período de crecimiento para obtener raíces bien formadas, de superficie lisa y suave. Cambios bruscos de humedad en el suelo incrementan la partidura de raíces, especialmente cerca de cosecha. Esta partidura se produce cuando se tienen períodos de sequía y abruptamente se aplica abundante agua, entonces una raíz contraída por falta de humedad absorbe violentamente mucha agua por un riego abundante y se produce una explosión hídrica en los tejidos por expansión de estos, abriéndose la raíz en las zonas más débiles. La humedad del suelo debería estar cerca

de la capacidad de campo durante todo el período de crecimiento. Un nivel deseable de disponibilidad de agua en el suelo es de 125 mm/m con una profundidad mínima hasta el agua freática de 75 a 90 cm (Lipinski, 2013).

La cantidad y frecuencia de riego del cultivo van a depender de la capacidad del suelo para retener humedad y de la demanda de evapotranspiración de la región. Para esto se debe conocer, además de las características del suelo, la cantidad de agua transferida a la atmósfera, o sea la tasa de evapotranspiración del cultivo. La evapotranspiración media diaria del cultivo de zanahoria, considerando el ciclo completo de crecimiento, varía de 3 a 6 mm/día, siendo menor en climas más suaves (Carvalho, 1995). Los requerimientos de agua varían en un rango de 6.000 a 9.000 m<sup>3</sup>/ha según Villeneuve and Leteinturier (1992), con una evaporación de bandeja (EB) promedio de 6 a 7 mm/día, dependiendo principalmente del periodo de crecimiento del cultivo, el cual dura entre 100 y 140 días.

En clima cálido tropical, Da Silva y otros (2011) encontraron que el mejor rendimiento de zanahoria en peso y calidad fue con tratamientos de aplicación de láminas de agua de 180% EB. Mientras que Gibberd y otros (2003) determinaron que en un suelo arenoso el mejor rendimiento comercial de este cultivo estuvo con aplicaciones de 150% EB.

Un ensayo en suelos trumaos de Chillán determinó que el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 100% EB, pero que la máxima eficiencia del uso del agua fue con aplicaciones de 75% EB, con aplicaciones de 3.864 m<sup>3</sup>/ha, el cual corresponde a un nivel de aplicación de agua recomendado para riego por cintas. La disminución en el volumen aplicado de agua no afectó el rendimiento, ni la calidad. Sin embargo, el exceso de agua en el suelo causó disminución de la densidad de plantas y tamaño de raíces (Quezada y otros, 2011).

El cultivo de zanahoria se puede regar de manera gravitacional, por tendido o conducir el agua por surcos, pero el sistema más adecuado y eficiente es el riego por aspersión, ya sea microaspersión o cobertura total (Figura 13). También es posible utilizar riego por goteo mediante cintas, las cuales pueden ser dispuestas cada dos hileras de plantas. Es recomendable aplicar unos 10 mm de agua con una frecuencia de 7 días, según fecha de siembra y del tipo de suelo. En siembras tardías hacia inicios de verano, debe aumentarse la frecuencia, con riegos más cortos, así como también en suelos más arenosos, dada su baja retención de humedad (Kehr y Borquez, 2010).



a) Riego por surcos



b) Riego por aspersión



c) Riego por Cintas



d) Riego por pivot móvil

**Figura 13. Sistemas de riego en el cultivo de zanahoria.**

## **Sanidad**

### ***Enfermedades***

La zanahoria, en general, es un cultivo bastante sano, sin embargo, hay algunas enfermedades que aparecen y deben ser controladas preventivamente a través de control cultural, o vía control químico.

Es frecuente encontrar ataques de *Alternaria alternata* y *Alternaria radicina*, ambas especies pueden estar presentes en la semilla dependiendo de su procedencia, las esporas del hongo permanecen en restos de cultivo y en el suelo, lo que representa un problema importante para el manejo de la enfermedad en el cultivo cuando hay monocultivo de zanahoria. Estas esporas tienen una larga sobrevivencia, especial-

mente con clima seco, son dispersadas por viento, agua y en forma mecánica durante el día, germinan con la humedad de las hojas, ocurriendo la infección durante la noche. Las esporas entran e infectan las hojas a través de los estomas. La incidencia de la enfermedad aumenta con alta humedad relativa y temperaturas favorables de entre 14º y 35ºC, con un óptimo de 27ºC (Rubatzky y otros, 1999).

Una prospección realizada por Sepúlveda y otros (2012) en la zona de Calama y Chiu Chiu encontraron que el principal problema sanitario de zanahoria era *Alternaria*. Por otra parte, Kehr y Díaz (2012) reportaron para la Región de la Araucanía ataques frecuentes de este hongo.

Por lo tanto, el uso de medidas culturales para prevenir ataques es recomendable, como, utilizar semilla sana libre de *Alternaria*, desinfectar la semilla con algún fungicida como Mancozeb (Cadilac 80 WP, Dithane NT), hacer rotación de cultivos en el potrero de a lo menos dos años, elegir suelos profundos, sueltos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.

Eliminar plantas voluntarias que pueden ser hospederos del hongo y realizar un buen control de malezas. Evitar el exceso de humedad, realizar riegos solo cuando el cultivo lo requiera y aplicar una fertilización balanceada. Después de cosechar retirar todos los restos del cultivo y evitar siembras tardías (Tay y Sepúlveda, 2011).

En caso de control químico, las aplicaciones al follaje deben realizarse cuando se observan los primeros síntomas, con una clorosis incipiente en los bordes de las hojas. Un estado avanzado de la enfermedad causa lesiones necróticas en los folíolos y pérdida importante de plantas en el campo. Una vez detectada la enfermedad se deben realizar aplicaciones químicas al follaje una periodicidad de 10-15 días con una rotación de los productos mencionados en el Cuadro 6 (Tay y Sepúlveda, 2011; Sepúlveda y otros, 2012).

**Cuadro 6. Ingredientes activos recomendados para control de *Alternaria* en zanahoria, autorizados por el SAG (2019).**

Ingrediente Activo	Producto Comercial
Azoxystrobin	Amistar 50 WG
Azoxystrobin/Difenoconazole	Amistar Top
Chlorotalonil	Bravo 720, Glider 72SC, Hortyl 720, Balear 720SC, Clorotalonil 720, Pugil 720, Point Clorotalonil 720SC, Rhino
Difenoconazole	Score 250EC, Caldera 250EC, Dominio 25EC, Premiado 250EC, Difeconazol25EC Agrospec
Folpet	Folpan 50WP
Metalaxil	Metalaxil 25DP

Otra de las enfermedades presente en el cultivo, pero con baja incidencia es oídio, causado por el hongo *Erysiphe polygoni* que se manifiesta como un polvo blanco sobre la superficie de las hojas, que corresponde a micelio del hongo. Esto resulta en senescencia temprana de las hojas y reducción de rendimiento. Las esporas (conidias) se dispersan por aire y sobreviven en el suelo y contaminando la semilla. La infección es favorecida por alta humedad relativa y temperaturas entre 13° y 32°C (Rubatzky y otros, 1999). Dependiendo de las condiciones del cultivo es necesario controlar con fungicidas autorizados, cuyos ingredientes activos se mencionan en el Cuadro 7 (Sepúlveda y otros, 2012).

**Cuadro 7. Ingredientes activos recomendados para control de oídio en zanahoria, autorizados por el SAG (2019).**

Ingrediente Activo	Producto Comercial
Benomil	Benomyl 50PM, Polyben 50WP
Chlorotalonil	Bravo 720, Glider 72SC, Hortyl 720, Balear 720SC, Clorotalonil 720, Pugil 720, Point Clorotalonil 720SC, Rhino

Nemátodos es otro problema sanitario que puede aparecer en el cultivo, causando deformaciones en las raíces, gran cantidad de raíces secundarias, raíces bifurcadas, y agallas. Desde el punto de vista fitosanitario, es aconsejable identificar el problema para buscar la solución adecuada, pero conviene prevenir daños con una rotación de cultivos que incluya especies de hoja y cereales (Kehr y Borquez, 2010) de 3 a 5 años,

el uso de algún insecticida nematicida, y la biofumigación, proceso que consiste en incorporar al suelo los residuos de cosecha, especialmente brassicas (repollo, coliflor, brócoli), que liberan compuestos que ayudan al control de enfermedades de suelo (Kehr y Díaz, 2012).

### **Plagas**

El cultivo de zanahoria en Chile es relativamente sano respecto a plagas, son pocos los insectos que causan un daño económico de importancia, sin embargo, está presente un díptero de la familia Psilidae muy cosmopolita, *Chamaepsila rosae* Fabricius (syn. *Psilla rosae*), comúnmente llamada mosca de la zanahoria.

Las moscas ovopositan en el suelo u otros cultivos. A los 10 a 12 días salen las larvas que penetran en el interior de la raíz, excavando una galería descendente que llega hasta casi el final de la raíz. Transcurrido un mes, se transforman en ninfas. Pasan el invierno como larvas en las raíces o como crisálidas en el suelo. Los adultos emergen en primavera, oviponen después de unos pocos de días. Los huevos eclosionan en 8-10 días y las larvas maduran en 4-6 semanas. La posibilidad de desarrollar varias generaciones durante la temporada de cultivo incrementa el daño potencial.

Los ataques en plantas jóvenes pueden impedir su crecimiento, mientras que los más tardíos en la estación pueden desarrollar podredumbres secundarias que hacen que la zanahoria se descomponga en el suelo o durante el almacenaje. Las larvas blanco-amarillentas de esta mosca excavan para entrar en las raíces creando un daño mecánico y proveyendo una entrada para los patógenos de pudrición de la raíz. Si las condiciones son favorables se produce una pérdida del valor comercial de las raíces atacadas.

El control cultural es recomendable, iniciando con una apropiada rotación de cultivos, eliminación de malezas que pueden servir de hospederas, retirar los residuos de zanahoria del potrero y cosechar a tiempo.

El control químico se debe iniciar con la aplicación de insecticida a la semilla, ya que proporciona una buena protección contra la primera generación de la mosca, por ejemplo: imidacloprid, clorpirifos + diazinon. También se puede usar tratamiento al suelo con los mismos ingredientes activos aplicados a toda la superficie o en banda sobre la línea de siembra.

La aplicación de insecticidas a las plantas a tiempo es esencial para un control efectivo de este insecto, para esto es necesario un monitoreo visual o poner trampas pegajosas o de agua, de manera de identificar al insecto y determinar el umbral de presencia para tomar la decisión de aplicar el insecticida apropiado. Algunos ingredientes activos que se pueden utilizar y a la vez rotar para no producir resistencia de las poblaciones son: lambda cihalotrina, metomil o clorpirifos.

Otro Psilido llamado *Russelliana solanicola* Tuthill ha sido encontrado en cultivo de zanahorias. Larraín y otros (2012) en una prospección hecha en Chiu Chiu (Región de Antofagasta) no encontraron daño económico, sin embargo, se debe tener en cuenta para el futuro.

Otro problema que a veces se presenta son los gusanos del suelo del género *Agrostis* y gusanos alambre, estos pueden ser controlados con tratamientos al suelo similares al usado para mosca de la zanahoria.

### **Malezas**

Una característica de las plántulas de zanahoria es la lentitud de la emergencia y el crecimiento de las primeras hojas. Por lo tanto, no son buenas competidoras con las malezas que aparecen en el cultivo tempranamente, siendo las primeras semanas de crecimiento críticas por ser las plantas más vulnerables en este periodo.

El control de malezas en zanahoria comienza como en todos los cultivos con una buena preparación de suelos. Se puede continuar con una combinación de uso de cultivadoras entre hileras y/o limpias manuales con rasquetas u otros implementos.

El control químico es necesario, por ser una hortaliza de siembra directa, donde la cama de semillas está limpia al comienzo, pero debe mantenerse de esa manera hasta que la semilla germine y la plántula se establezca definitivamente. Hay varias alternativas de productos químicos para usar, algunos específicos y otros más bien de tipo gramínicida. Se puede usar un producto de pre siembra e incorporarlo con el último rastraje, de manera de dar una cobertura desde la siembra, también es factible aplicar un herbicida de preemergencia a modo de prevención. Productos recomendados para el cultivo de zanahoria son presentados en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Ingredientes activos y productos químicos usados en el cultivo de zanahoria para control de malezas.**

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Producto Comercial</b>	<b>Acción</b>	<b>Tipo</b>
Linuron	Afalon (50SC, 50WP) Linurex (50SC, 50WP) Linuron 500 SC Lorox WP Tiburon 500 SC	Hoja ancha y gramíneas	Pre y pos emergencia
Pendimetalin	Spectro 33EC Pendiclan 33EC	Hoja ancha y gramíneas	Pre siembra incorporado y pre emergencia
Trifluralina	Treflan Triflurex 48EC	Hoja ancha y gramíneas	Pre siembra incorporado
Clethodim	Centurion 240EC Centurion Super Aquiles 24 EC Vesuvius Hazard Aquiclan 24EC	Gramíneas	Pos emergencia
Fluazifop-butil	Hache Uno 2000 175EC	Gramíneas	Pos emergencia
Propaquizafox	Agil 100EC	Gramíneas	Pos emergencia
Glifosato-Isopropilamonio	Rango 480 SL Glifoglex 480 SL	No selectivo	Pos emergencia
Glifosato-Monoamonio	Rango 75 WG Rangoclan 75 WG	No selectivo	Pos emergencia
Dicloruro de Paraquat	Gramoxone Super Paraquat Dichloride 27,6% SL Kazaro 276 SL Nuquat Roaster Igual Escolta 276 SL	No selectivo	Pos emergencia

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Producto Comercial</b>	<b>Acción</b>	<b>Tipo</b>
Dicloruro de Paraquat/ Dicloruro de Diquat	Farmon	No selectivo	Pos emergencia
Quizalofop-Etilo	Flecha 3.6 EC Assure Pro	Gramíneas	Pos emergencia
Quizalofop-p-Tefurilo	Sector - T	Gramíneas	Pos emergencia
Aclonifeno	Prodigio 600 SC	Hoja ancha y gramíneas	Pre y pos emergencia
Tepaloxidima	Aramo	Gramíneas	Pos emergencia

## ÍNDICE DE COSECHA

Las raíces de zanahoria no tienen un estado de madurez definido comparado con otros cultivos donde los órganos muestran características específicas de maduración o de cosecha. La determinación del índice de cosecha apropiado en este cultivo varía de acuerdo al cultivar, el uso del producto (consumo fresco, deshidratado, jugo, conserva, o procesamiento de otro tipo), condiciones de mercado y otros factores. Por lo tanto, la mayoría de la zanahoria es cosechada antes de lograr su tamaño potencial, peso o rendimiento máximo comercial.

En general, el retraso de la cosecha produce un incremento de tamaño y peso del producto, pero a expensas de la calidad. Zanahorias que sobrepasan el tamaño comercial, generalmente tienen un desarrollo de tejidos fibrosos. Un retraso en cosecha también trae como consecuencia la pérdida potencial de sabor y textura, pero además un incremento de aparición de enfermedades y floración.

## PRODUCTIVIDAD

### Rendimiento

Los rendimientos del cultivo de zanahoria son bastante variables y dependen mucho del destino del cultivo. En el mundo, según datos de FAO (2019) el promedio de rendimiento fue de 37,3 t/ha en el año 2017, siendo Oceanía el continente con el rinde mayor con 48,6 t/ha promedio, seguido de Norteamérica con 47,3 t/ha y Asia con 42,8 t/ha, mientras que Sudamérica presentó un promedio de 23,5 t/ha. En cuanto

a países productores, el promedio más alto se observó en el Reino Unido con 65,4 t/ha, seguido de Holanda con 57,0 t/ha.

Los cultivos para procesamiento tienen mayor rendimiento, pero también tienen mayores poblaciones. El rendimiento potencial es de hasta 100 t/ha, pero por lo general se obtienen alrededor de 30 a 60 t/ha en el caso de zanahoria para mercado fresco siendo un promedio bastante común.

En Chile, el promedio nacional según FAO (2019) fue de 48,2 t/ha, mientras que ODEPA (2010) estimó que en la temporada 2008-2009 hubo un rendimiento promedio de 40,5 t/ha. El mejor rinde promedio estuvo en la Región de Bio Bio con 47,1 t/ha y la menor fue Arica y Parinacota con 19,7 t/ha, como se presenta en el Cuadro 9.

En ensayos realizados en INIA La Platina en la temporada 2007/2008, se obtuvo rendimientos promedio entre 22 y 28 t/ha con siembra el 15 de octubre y cosechada en tres fechas, tal como se muestra en el Cuadro 10. La cosecha en el mes de marzo fue más favorable para la zanahoria de color naranja y morado, mientras que no hubo diferencia para blanco y amarillo en las fechas de mediados de febrero y marzo.

**Cuadro 9. Rendimiento promedio de zanahorias por regiones productoras. Temporada 2008-2009. ODEPA (2010).**

Región	Promedio (t/ha)
Arica y Parinacota	19,8
Atacama	30,6
Coquimbo	28,8
Valparaíso	28,8
Metropolitana	31,4
O'Higgins	23,6
Biobío	47,1
<b>Nacional</b>	<b>40,5</b>

El rendimiento general para todos los colores de zanahoria fue bastante inferior al promedio regional. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 11, la cosecha de raíces desde marzo a septiembre incrementó notoriamente el rendimiento, alcanzando un promedio general en julio de 95,2 t/ha y en junio 87,4 t/ha. En estos mismos

meses, las variedades de color amarillo y blanco lograron los rendimientos más altos respecto a los otros colores.

**Cuadro 10. Rendimiento promedio (t/ha) de ensayo de variedades de zanahoria cosechado en tres fechas diferentes, clasificados por color de raíz. INIA La Platina, temporada 2007/2008.**

Color	04-feb	18-feb	03-mar
Naranja	23,3	23,1	30,0
Morado	22,0	21,1	25,1
Blanco	20,7	25,7	26,0
Amarillo	24,0	26,3	26,3
<b>Total</b>	<b>22,2</b>	<b>23,4</b>	<b>28,6</b>

**Cuadro 11. Rendimiento promedio (t/ha) de variedades de zanahoria con diferentes fechas de cosecha, clasificadas por color de raíz. INIA La Platina, temporada 2008/2009.**

Color	Marzo	Abril	Junio	Julio	15 Sep	30 Sep
Naranja	47,1	62,3	84,0	88,9	42,1	51,6
Morado	33,2	50,7	90,2	103,8	42,9	46,9
Blanco	78,2	110,1	108,7	130,8	33,2	44,8
Amarillo	32,3	63,8	114,8	139,8	46,1	49,3
<b>Total</b>	<b>47,2</b>	<b>64,1</b>	<b>87,4</b>	<b>95,2</b>	<b>41,9</b>	<b>50,5</b>

En otro ensayo realizado en la Región de La Araucanía en la temporada 2007/2008, en los sectores de Labranza y Vilcún, las cosechas de octubre y noviembre presentaron los mejores rendimientos (Cuadro 12). La cosecha en el mes de febrero mostró una caída sustancial en ambas localidades con promedio general de 24,5 t/ha en Labranza y 10,2 t/ha en Vilcún. En Labranza, se obtuvieron muy buenos rendimientos para zanahoria amarilla, los más altos, pero también en naranja fueron muy interesantes. En cambio, en Vilcún, el mejor rendimiento se concentró en zanahoria naranja y morado, pero esta última en cosecha de noviembre.

**Cuadro 12. Rendimiento promedio (t/ha) de ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en dos zonas de la Región de La Araucanía, clasificadas por color de raíz. INIA Carillanca, temporada 2007/2008.**

Color	Labranza			Vilcún		
	12-oct	11-dic	07-feb	22-oct	21-nov	13-feb
Naranja	80,85	88,41	18,98	91,95	74,72	10,94
Morado	45,57	56,88	9,17	54,35	80,37	5,80
Blanco	51,10	72,43	22,71	73,43	77,87	13,90
Amarillo	99,60	93,13	24,47	75,22	68,65	9,80
Total	<b>74,70</b>	<b>82,84</b>	<b>24,50</b>	<b>84,16</b>	<b>75,46</b>	<b>10,23</b>

### Rendimiento industrial

La zanahoria para procesamiento es una importante industria mundial, especialmente en lo que se refiere a producción de jugos concentrados y deshidratados, pero también hay un mercado de conservas y congelados. Un gran valor ha tomado la zanahoria de color, especialmente morado, por su alto contenido de antocianos. Estas son utilizadas en gran cantidad por la industria de pigmentos naturales, así como de jugos y alimentos infantiles.

Es importante realizar evaluaciones de rendimiento de jugo, contenido de sólidos solubles y materia seca, puesto que son los parámetros que indican la calidad y rendimiento industrial de las variedades evaluadas. Estos factores son afectados por las condiciones medio ambientales y de manejo agronómico, por lo tanto, las evaluaciones en diferentes medio ambientes son recomendables. Por ejemplo, aplicaciones mayores de nitrógeno favorecen el tamaño de la raíz y la acumulación de agua, por lo tanto, incrementa el rendimiento en jugo, pero disminuyen los azúcares.

### Materia seca

El contenido de materia seca es uno de los parámetros más importantes para la agroindustria, puesto que refleja en gran parte el rendimiento industrial esperado de la zanahoria cosechada. En mediciones realizadas en cultivos de zanahoria ubicados en la Región Metropolitana y la Región de La Araucanía, las zanahorias presentaron

entre 9 y 16% de materia seca. Según Northolt y otros (2004) niveles de 14 a 16% en materia seca son considerados altos en zanahoria. Sin embargo, incrementos en fertilización con magnesio permiten incrementar, no solo el contenido de materia seca, sino también las azúcares reductores y totales. Poberezny y otros (2012) sugieren que aplicaciones foliares en dosis de 45 kg/ha de MgO causan incrementos significativos en materia seca y contenido de azúcares.

La época de siembra influye fuertemente en el contenido de materia seca de la zanahoria al momento de su cosecha. En un ensayo realizado en el CRI La Platina con dos fechas de siembra, se evaluó el contenido de materia seca en cuatro tipos de zanahoria de color. Como se observa en el Cuadro 13, hubo diferencia de 1% entre la siembra de octubre respecto a la de enero en el promedio general y la misma tendencia se presentó para todos los tipos de zanahoria evaluados, siendo más notorio en las de tipo morado donde la diferencia fue de 3,1%.

**Cuadro 13. Contenido de materia seca (%) de ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en la Región Metropolitana, clasificados por color de raíz. INIA La Platina, temporada 2008/2009.**

Color	Octubre	Enero
Naranja	12,9	12,0
Morado	16,2	13,1
Blanco	10,5	9,0
Amarillo	12,3	11,8
<b>Promedio</b>	<b>13,0</b>	<b>12,0</b>

En otro ensayo realizado en Vilcún (Región de La Araucanía) se evaluó el contenido de materia seca en tres épocas de siembra, los resultados se presentan en el Figura 14, donde se observa una disminución en materia seca en el promedio general del ensayo desde la siembra de octubre hasta la de febrero, aunque la diferencia entre diciembre y febrero se acorta bastante para todos los tipos de zanahoria, excepto las de color blanco en las cuales la diferencia es muy pequeña.

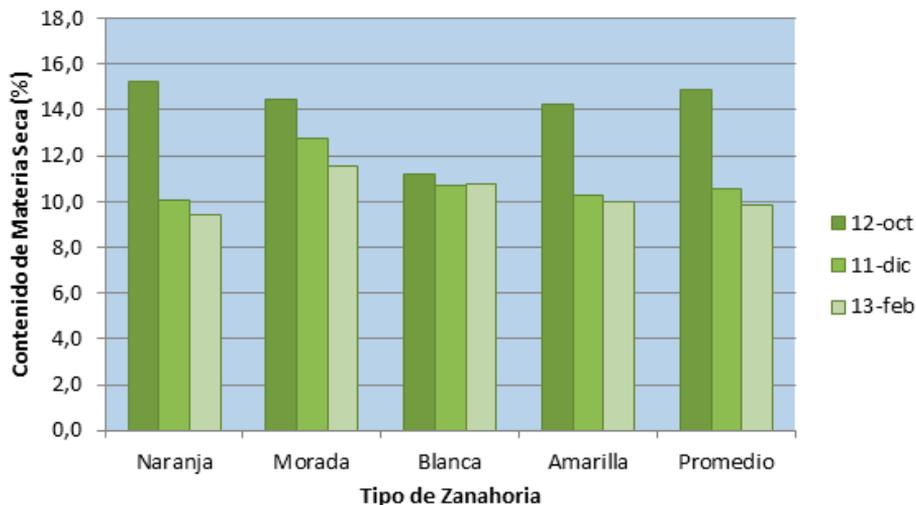
**Figura 14. Contenido de materia seca (%) de ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en Vilcún, Región de La Araucanía, clasificados por color de raíz. INIA Carillanca, temporada 2007/2008.**

Al observar estos resultados, se demuestra el efecto que tiene la época de siembra en el contenido de materia seca de las raíces de zanahoria. Por lo tanto, siembras muy tardías, para fines agroindustriales, no son recomendables para rendimiento industrial.

### Sólidos solubles

El contenido de azúcares en las raíces de zanahoria es de mayor importancia para la agroindustria, especialmente la de jugos. El contenido puede variar de acuerdo con el genotipo, principalmente, pero también bastante influenciado por el medio ambiente. Por esto, en experimentos realizados en la Región Metropolitana y de La Araucanía los azúcares totales fluctuaron entre 5,8 y 12,9ºBrix, dependiendo de la fecha de siembra.

En la Región Metropolitana, sembrando zanahoria en dos épocas (octubre y enero), como se presenta en la Figura 15, las de color morado mostraron mayor contenido de sólidos solubles en ambas épocas, sin embargo, en este tipo la siembra de octubre presentó mayor contenido de azúcares totales. Los otros tipos mostraron contenidos más altos en la siembra de enero.



**Figura 15. Contenido de sólidos solubles (ºBrix) de ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en la Región Metropolitana, clasificados por color de raíz. INIA La Platina, temporada 2008/2009.**

En otro experimento de evaluación de variedades de distintos colores en la Región de La Araucanía, se encontró que las siembras tardías de febrero producen menor contenido de azúcares totales en general, como se observa en el Cuadro 15. La siembra en Labranza tuvo mayor rendimiento en azúcares para todos los tipos de zanahoria respecto a Vilcún, probablemente debido a condiciones de suelo y clima más apropiados para este cultivo. Zanahorias moradas y blancas fueron las que presentaron mejor contenido de sólidos solubles en ambas localidades, pero todos los tipos presentaron mejor rendimiento en siembra de diciembre en Vilcún y octubre en Labranza, por lo tanto, sería recomendable sembrar en estas fechas para agroindustria que requiera mayor contenido de azúcares en las cosechas en cada zona.

Estos resultados demuestran la influencia de la época de siembra y la interacción con el medio ambiente de la localidad en el contenido de azúcares de la zanahoria. También se pudo observar que las de color, especialmente morado, presentaron mayor contenido de azúcares totales respecto a los otros tipos.

**Cuadro 15. Contenido de sólidos solubles (°Brix) en ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en Vilcún y Labranza, Región de La Araucanía, clasificados por color de raíz. INIA Carillanca, temporada 2007/2008.**

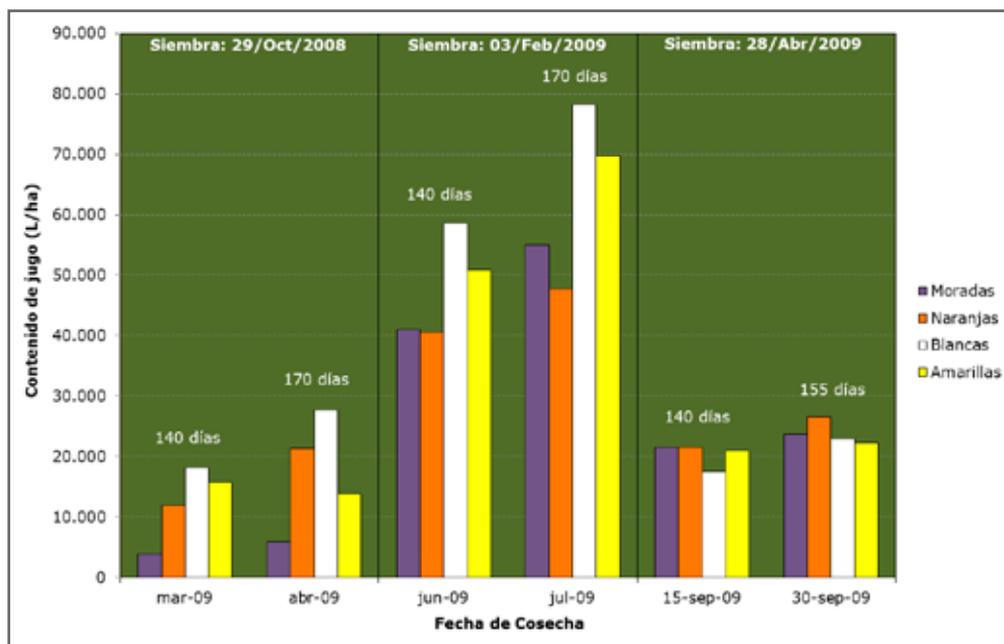
Tipo	Vilcún			Labranza		
	12-oct	11-dic	13-feb	12-oct	11-dic	13-feb
Naranja	7,9	8,0	6,9	9,5	8,9	7,1
Morado	9,0	9,9	7,2	11,1	10,9	7,9
Blanco	7,8	8,0	6,6	10,4	8,6	8,0
Amarillo	5,8	7,1	6,0	8,4	7,5	7,0
Promedio	<b>7,9</b>	<b>8,3</b>	<b>6,9</b>	<b>9,7</b>	<b>9,1</b>	<b>7,3</b>

### Producción de jugo

El contenido de jugo en zanahoria es importante para la industria de procesamiento, por lo tanto, los tiempos de producción y la cantidad durante el año son claves para la eficiencia de la industria. El contenido de jugo, así como casi todos los componentes de rendimiento industrial, están muy afectados por el medio ambiente, pero eso es sólo parte de la influencia, puesto que hay un gran componente genético potencial

que debe expresarse de acuerdo con las condiciones imperantes, tanto agroclimáticas, como de manejo agronómico.

Los efectos del medio ambiente más la composición genética de las variedades y tipos de zanahoria, se pudieron observar en un ensayo realizado en INIA La Platina en la temporada 2009, cuyos resultados en contenido de jugo se presentan en la Figura 16. La fecha de siembra es muy importante en el rendimiento, tal como se aprecia en la siembra de febrero en la Región Metropolitana, la que produjo un rendimiento muy superior cuando se cosechó en junio a los 140 días y en julio a los 170 días, para todos los tipos de zanahoria. Los rendimientos tan bajos en zanahoria morada en siembra de octubre se explican porque las variedades florecieron antes de tiempo, por lo tanto, su rendimiento en jugo fue muy pobre.



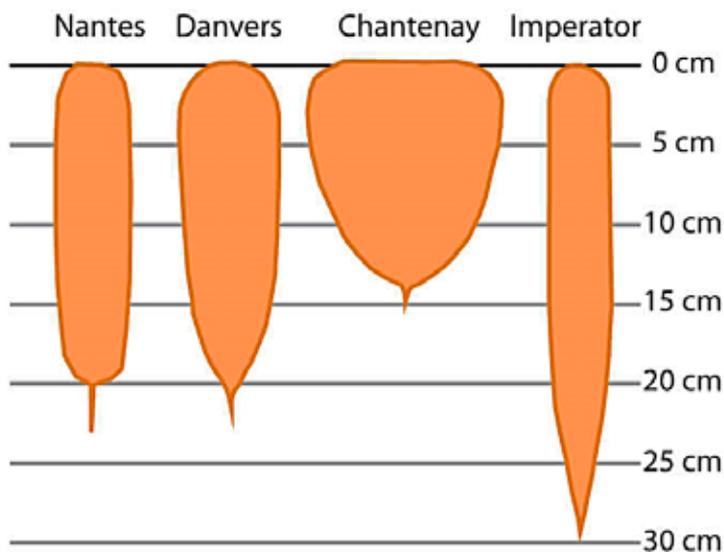
**Figura 16.** Evaluación del contenido de jugo (L/ha) en cuatro diferentes tipos de zanahoria sembradas en tres fechas y cosechadas en dos épocas distintas. INIA La Platina, Región Metropolitana, temporada 2008/2009.

## VARIEDADES

Esta especie tiene varios tipos de raíz, con tamaño, forma y ápice radicular diferentes. Cada tipo tiene características particulares de uso, algunos son para consumo fresco y otros para la industria de procesamiento.

Los tipos más comunes que se usan en el país son Chantenay y Nantesa, entre los cuales se encuentran variedades de polinización abierta e híbridos, pero además zanahorias de color, la mayoría para uso industrial.

Una descripción visual de los principales tipos de zanahoria se presenta en la Figura 17, donde se observa el tipo Nantesa con forma cilíndrica, punta roma y de unos 20 cm de largo; la tipo Danvers con forma cónica, punta aguda de unos 20 cm de largo; la tipo Chantenay de forma muy cónica, bastante gruesa en el cuello, de punta aguda de unos 15 cm de largo; y la tipo Imperator muy larga, de unos 30 cm de largo, cónica y de punta aguda.



**Figura 17. Modelo descriptivo y comparativo de los principales tipos de zanahoria.**

Fuente: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0011/2341/8172/files/CARROT-CHART.jpg>.

## Chantenay

Zanahoria de doble propósito (consumo fresco y para procesamiento), es la más comúnmente sembrada en Chile (Figura 18). Hay muchas variedades de polinización abierta e híbridos en el mercado, por ejemplo: Abaco, Atenea, Redco, Royal Chantenay, 3118, Córdoba, Cardiff, Cesena, Carol, TCH-742, Hércules, Inca y muchas más.



Figura 18. Zanahoria tipo Chantenay.

## Nantesa

Zanahoria de doble propósito con variaciones de color, de uso común en el país (Figura 19). Existen variedades de color naranja como Napoli, Norwich, Scarlet Nantes, Bolero, Nelson; de color púrpura como Deep Purple, Purple Haze o Purple Dragon; blanco como White Satin.

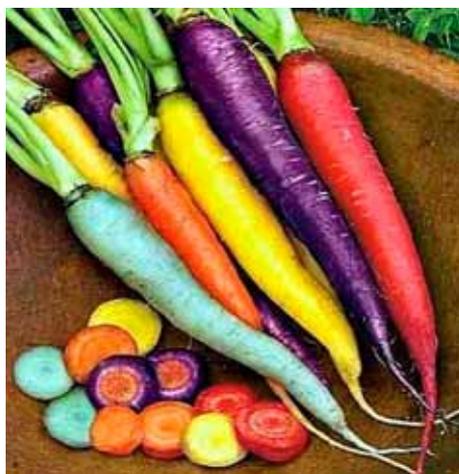
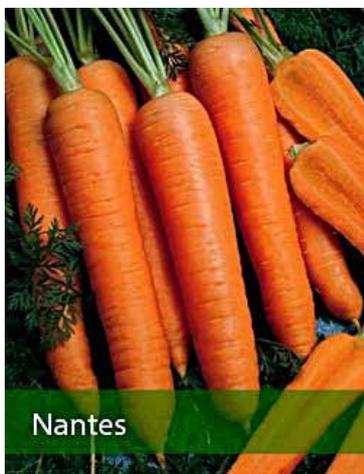


Figura 19. Zanahorias tipo Nantesa.

## Imperator

Zanahoria para consumo fresco, de uso muy difundido en otros países, pero no en Chile (Figura 20). Algunas variedades son Autumn King y Atomic Red.



**Figura 20. Zanahoria tipo Imperator.**

## Paris

Zanahoria pequeña redonda de uso para consumo fresco, en el país se siembra como una planta exótica por su forma (Figura 21). Existen variedades en el extranjero, como Romeo.



**Figura 21. Zanahoria tipo Paris.**

## Danvers

Zanahoria de doble propósito, muy poco sembrada en Chile (Figura 22).



**Figura 22. Zanahoria tipo Danvers.**

## Amsterdam y Flakee

Zanahoria para uso industrial, principalmente usada en Europa para procesamiento de jugos naturales (Figura 23).



**Figura 23. Zanahorias tipo Amsterdam y Flakee.**

## VALOR NUTRITIVO

La zanahoria es una hortaliza muy importante en la dieta humana por sus aportes nutricionales. Aunque, como la mayoría de las hortalizas aporta poca energía (39,4 Kcal por 100g de peso fresco), con un alto contenido de agua (89,1 g por 100 g de peso fresco), y un gran aporte en minerales necesarios para el metabolismo humano (Cuadro 16).

Esta hortaliza es una gran fuente de potasio, calcio y magnesio, pero también aporta minerales menores como selenio que tiene reacciones catalizadoras, en muy pequeñas cantidades, para producir proteínas especiales llamadas enzimas antioxidantes, las que participan en la prevención del daño celular. Por otra parte, sodio y potasio tienen relación con la función fisiológica de mantener la presión osmótica al estar presentes como sales en los líquidos corporales. El calcio y el fósforo se combinan en los huesos para dar soporte firme a la totalidad del cuerpo, también son importantes en funciones metabólicas, como la función muscular, el estímulo nervioso, actividades enzimática y hormonal, y el transporte del oxígeno.

**Cuadro 16. Aporte en minerales de 100g de zanahoria fresca (Dietas.net, 2018).**

Mineral	Unidad	Contenido
Calcio (Ca)	mg	27,24
Fierro (Fe)	mg	0,47
Yodo (I)	mg	6,53
Magnesio (Mg)	mg	11,24
Zinc (Zn)	mg	0,28
Selenio (Se)	µg	1,3
Sodio (Na)	mg	61,0
Potasio (K)	mg	321,0
Fósforo (P)	mg	19,0

En cuanto a contenido de azúcares, la zanahoria las contiene principalmente en la forma de glucosa, fructosa y sacarosa.

## **Vitaminas**

El aporte vitamínico de la zanahoria como alimento es muy importante, es una fuente de vitaminas del complejo B, A y C, con aportes altos, como se muestra en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. Aporte en vitaminas y pro-vitaminas de 100g de zanahoria fresca (Dietas.net, 2918).**

Vitamina	Unidad	Contenido
B1 Tiamina	mg	0,06
B2 Riboflavina	mg	0,05
B6 Piridoxina	mg	0,14
Ácido fólico	µg	13,93
C Ácido ascórbico	mg	6,48
Carotenoides (eq. a β-carotenos)	µg	8.731,0
A (eq. a Retinol)	µg	1.455,17

La zanahoria como fuente de vitamina A es muy importante, ya que las necesidades diarias de un adulto son alrededor de 750 µg, por lo tanto, el consumo diario de unos 50 g en estado fresco bastaría para suplir esta necesidad. El resto de las vitaminas son un buen aporte, pero necesitan ser complementadas con otros alimentos en la dieta por la cantidad necesitada y el aporte de la zanahoria.

### Valor nutracéutico

Los principales aportes de la zanahoria, del punto de vista nutracéutico, son flavonoides del tipo Quercetina con 0,07 mg por 100 g en promedio y carotenoides, fundamentalmente α-caroteno y β-caroteno en cantidades promedio de 10,65 µg y 18,25 µg por 100 g, respectivamente (Li, 2008).

Los carotenos son sustancias que al ser ingeridas son transformadas en vitamina A en la mucosa del intestino delgado y almacenados en el hígado en forma de retinol. El contenido de carotenos varía con los cultivares, lugar de producción y otros factores ambientales (Simon y otros, 1982), pero principalmente influenciado por el genotipo. La vitamina A es esencial para el correcto funcionamiento de la visión, especialmente la nocturna, pero además tiene mucha importancia en la mantención del sistema inmune, mejora la calidad de piel y la protege contra los rayos UV. Ha sido reportado que ayuda a prevenir diferentes tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y baja el riesgo de accidentes vasculares. Puede ser usada como tratamiento para diarreas, presión arterial alta, alto colesterol, problemas hepáticos y de piel, inclusive arrugas (Duke, 1997).

Estos compuestos se pierden en parte al ser cocinados, menos al vapor que fritos, pero disminuyen en la medida de mayor tiempo siendo sometidos a temperatura. Al procesar zanahoria, por ejemplo deshidratar, hay pérdida de carotenoides cuando son almacenadas por mucho tiempo. Al enlatar, hay un incremento aparente de

carotenos, pero hay reportes que hablan de disminución de 7 a 12% en zanahorias enlatadas cocidas (Simon y Lindsay, 1983). La zanahoria fresca almacenada, si es mantenida en buenas condiciones conserva e incluso incrementa sus carotenos, probablemente por deshidratación leve, hasta el momento de brotación. Entonces, el tiempo de duración y calidad de almacenaje pueden influenciar la estabilidad del contenido de carotenos, incluso algunos carotenos específicos son más susceptibles a pérdidas que los carotenos totales (Rubatzky y otros, 1999).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alessandro, M.S. 2013. Características botánicas y tipos varietales. En: Gaviola, J.C. (Ed), Manual de producción de zanahoria. 27-46. Mendoza, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Atherton, J. G., Basher, E. A., y Brewster, J. L., 1984. The effects of photoperiod on flowering in carrot. *J Hortic Sci.* 59(2): 213-215.

Banga, O. 1957. Origin of the European cultivated carrot. *Euphytica.* 6(1): 54-63. <https://doi.org/10.1007/BF00179518>.

Banga, O. 1963. Origin and distribution of the western cultivated carrot. *Genetica Agraria.* 17: 357-370.

Borthwick, H. A., Phillips, M., y Robbins, W. W., 1931. Floral development in *Daucus carota*. *Am J Bot.* 18784-18786.

Carvalho, J. A., 1995. Coeficientes de cultura, avaliação econômica da produção e análise do crescimento da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada. Tesis de doctorado, Universidad de Viçosa, Brasil. 78p.

Cecilio Filho, A. B. y Carvalho, P. F., 2013. Accumulation and exportation of nutrients by carrot 'Forto'. *Revista Caatinga.* 26(1): 64-70.

Chessin, D. A. y Hicks, J. R. 1987. The effect of nitrogen fertilizer, herbicides and cultivate on nitrogen components of carrot roots. *Sci Hortic - Amsterdam.* 33(1-2): 67-73. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(87\)90033-1](https://doi.org/10.1016/0304-4238(87)90033-1).

Craigson, J., Atherton, J. G., y Basher, E. A., 1990. Flowering and bolting in carrot. II. Prediction in growth room, glasshouse and field environments. *J Hortic Sci.* 65(5): 547-554.

Cserni, I., Prohaszka, K., y Patocs, I., 1989. The effect of different N-doses on changes in the nitrate, sugar and carotene contents of carrot. *Acta Agron Hung.* 38241-38248.

Da Silva, V.J., Franco, R.E., de Paula, H., Donizete, A. y Queiroz, J.M. 2011. Response of the application of carrot different irrigation. *Bioscience Journal* 27(6):954-963.

Dickson, M. H. y Peterson, C. E. 1958. Hastening greenhouse seed production for carrot breeding. *P Am Soc Hortic Sci.* 71: 412-415.

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>.

Duke, J. A. 1997. The Green Pharmacy. Emmaus, PA: Rodale Press. 528p.

FAO. 2019. Food and agriculture data, Faostat. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

Gabriel, E. L., 2013. Implantación y manejo del cultivo. In Gaviola, J. C ed, Manual de Producción de Zanahoria. 47-69. Mendoza, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, República Argentina.

Gibberd, M, MacKay, A., Calder, T., y Turner, N., 2003. Limitations to carrot (*Daucus carota* L.) productivity when grown with reduced rates of frequent irrigation on a free-draining, sandy soil. Aust. J. Agric. Res. 54(5): 499-506. <https://doi.org/10.1071/AR02127>.

Hamilton, H. A. y Bernier, R., 1975. N-P-K Fertilizer effects on yield, composition and residues of lettuce, celery, carrot, and onion grown on an organic soil in Quebec. Can J Plant Sci. 55: 453-461.

Heywood, V. H., 1983. Relationship and evolution in the *Daucus carota* complex. Israel J Bot. 32: 51-65.

IPGRI, 1998. Descriptores de la zanahoria silvestre y cultivada. 65p. Roma, Italia. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptores-de-la-zanahoria-silvestre-y-cultivada-daucus-carota-l/>

Kehr, E. y Bórquez, C., 2010. La zanahoria como una hortaliza apta para procesamiento agroindustrial. Tierra Adentro. (88): 17-19.

Kehr, E. y Díaz, P., 2012. Zanahoria para producción de jugos. INIA Carillanca. 4p.

Krarup, A., Grandon, M., y Bernier, C., 1984. Efectos de una fertilización factorial sobre los rendimientos, contenidos y extracción calculada de N, P y K en zanahoria (*Daucus carota* L.) bajo las condiciones de Valdivia. Agro Sur. 12(2): 85-92.

Ladizinsky, G., 1998. Plant evolution under domestication. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4429-2>.

Larraín, P., Ulloa, M., Vega, B., y Contreras, L., 2012. Protocolos de manejo de plagas bajo criterios de producción limpia en acelga, ajo, alfalfa, maíz y zanahoria. (Boletín INIA N°255): 43-80.

Lazcano, C. A., Dainello, F. J., Pike, L. M., Miller, M. E., Brandenberger, L., y Baker, L. R., 1998. Seed lines, population density and root size at harvest affect quality and yield of cut-and-peel baby carrots. HortScience. 33(6): 972-975.

Li, T. S. C., 2008. Vegetables and fruits: Nutritional and therapeutic values. Boca Raton, FL: CRC Press. 286p. <https://doi.org/10.1080/10496500802701846>

Lipinski, V., 2013. Riego del cultivo de zanahoria. *En*: Gaviola, J. C (ed), Manual de producción de zanahoria. 93-100. Mendoza, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Maynard, D. N. and Hochmuth, G. J. 1997. Knott's Handbook for Vegetable Growers. John Wiley & Sons, Inc. 621p.

McPharlin, I. R., Jeffer, R. C. y Weissberg, R. 1994. Determination of the residual value of phosphate and soil test phosphorus calibration for carrots on a Karrakatta sand. Commun Soil Sci. Plan. 25(5-6): 489-500. <https://doi.org/10.1080/00103629409369056>.

Northolt, M., van der Burght, G., Buisman, T. y Vanden Bogaerde, A. 2004. Parameters for carrot quality and the development of the Inner Quality concept. <http://www.louisbolk.org/downloads/1411.pdf>

ODEPA, 2010. Información hortícola, publicación especial 2008-2009. 114p. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/documentos-e-informes/informacion-horticola-publicacion-especial-2008-2009>.

ODEPA, 2014. Superficie cultivada con hortalizas en Chile (2007-2013). <http://www.odepa.cl/superficie-cultivada-con-hortalizas-3/>.

Oliva, R. N., 1992. Manual de producción de semillas Hortícolas. Zanahoria. Mendoza, Argentina: INTA. 76p.

Poberezny, J., Wszelaczynska, E., y Keutgen, A. J., 2012. Yield and chemical content of carrots storage roots depending on foliar fertilization with magnesium and duration of storage. J Elementol. 17(3): 479-494. <https://doi.org/10.5601/jelem.2012.17.3.10>.

Quezada, C., Fisher, S., y Campos, J. y. A. D., 2011. Water requirement and water use efficiency of carrot under drip irrigation in a haploxerand soil. J. Soil Sci. Plant Nutr. 11(1): 16-28.

Rubatzky, V. E., Quiroz, C. F., and Simon, P. W., 1999. Carrots and related vegetable umbelliferae. Oxon, UK: CABI Publishing. 286p.

Sepúlveda, P. y Vega, B. y Contreras, L. 2012. Protocolos para el manejo de enfermedades bajo criterios de producción limpia en zanahoria, ajo, maíz, alfalfa y acelga. (Boletín INIA N°255): 81-102.

Simon, P. W., Peterson, C. E., y Lindsay, R. C., 1982. Genotype, soil and climate effects on sensory and objective components of carrot flavour. J Am Soc Hortic Sci. 107: 644-648.

Simon, P. W. y Lindsay, R. C., 1983. Effect of processing on objective and sensory variables of carrots. J Am Soc Hortic Sci. 108: 928-931.

Simon, P. W., 2000. Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. Plant Breeding Review. 19: 147-190.

Singh, D. P., Liu Littui, Oiseth, S. K., Beloy, J., Lundin, L., Gidley, M. J., y Day, L., 2010. Influence of boron on carrot cell wall structure and its resistance to fracture. J Agric Food Chem. 58(16): 9181-9189. <https://doi.org/10.1021/jf100688t>.

Stolarczyk, J. y Janick, J., 2011. Carrot: History and iconography. Chronica Horticulturae. 51(2): 13-18.

Tay, K. y Sepúlveda, P., 2011. *Alternaria* spp., una enfermedad importante para el cultivo de zanahoria en Alto Loa. (N°7): 4p.

Vavilov, N. I., 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press, Gran Bretaña.

Villeneuve, F. y Leteinturier, J., 1992. La carotte, tome 2 état des connaissances. L'alimentation hydrique. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris. 103-115.





# Pimiento y Ají

*(Capsicum annuum)*

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

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El género *Capsicum* involucra muchas especies que pertenecen a la familia *Solanaceae*, donde se destacan por su uso masivo como hortaliza y especie *Capsicum annum* que se dividen en dulces y picantes. Todas las especies del género *Capsicum* se originaron en el trópico del nuevo mundo. Su origen, según Vavilov (1994) es el sur de México, América Central y Las Antillas, pero formas silvestres de esta especie también son encontradas desde el sur de Texas hasta Argentina. México se considera que es el centro de diversidad para *Capsicum annum* L., la especie más cultivada, porque la antigüedad y variabilidad del cultivo en el sur de México hace suponer una independencia de esta zona y Guatemala del centro amazónico brasileño, el cual también es rico en variedades de pimiento.

Sin embargo, las regiones amazónicas en sudamérica se consideran centros de diversidad para *C. chinense* y *C. frutescens*, con centros secundarios en América Central e islas del Caribe. Estas tres especies cultivadas forman parte del complejo *Annum* junto con la posible especie progenitora *C. chacoense*. La región andina de Perú y Bolivia son centros primarios de diversidad para *C. pubescens*, así como también hay una vasta diversidad para *C. baccatum* en las regiones del oeste de Brasil y en Colombia.

Antecedentes arqueológicos indican que la domesticación del pimiento ocurrió antes de 8.000 a.C. En Perú se han hallado restos de plantas de poroto y pimiento de 8.500 a.C., mientras que en México se ha localizado que el inicio de la domesticación estuvo entre el 7.000 y 5.000 a.C. Se considera que el ají fue una de las primeras plantas domesticadas en Meso América. El proceso de selección y formación de ecotipos probablemente ocurrió durante miles de años. La diversidad de tipos de planta y fruto dentro de la especie *C. annum* apunta a que hubo una fuerte selección por humanos de múltiples grupos por muchas generaciones. La domesticación condujo a modificar la planta y, especialmente, los frutos. El hombre seleccionó y conservó una amplia diversidad de tipos por el color, tamaño, forma (Figura 1) e intensidad de sabor picante (Nuez *et al.*, 1996).

La planta fue introducida a España por Colón, desde donde se propagó por el resto del mundo. Los portugueses introdujeron el ají India, donde es usado en grandes cantidades, así como en África y América tropical, donde los frutos desarrollan mayor pungencia que en territorios más fríos. Durante los últimos 100 años se ha dado mayor importancia al mejoramiento genético de la especie *Capsicum annum*, tanto picante como dulce, que, a las otras especies de este género, probablemente debido al tamaño del fruto comparado con las otras especies.



**Figura 1. Diversidad de forma y tamaño de *Capsicum*.**

Las tres especies que comprenden el complejo *Annuum* comparten un pool genético ancestral (Figura 2). La mayoría de los cultivares de *C. annuum* desarrolla un tallo simple con 8 a 15 hojas antes de la aparición de la primera flor. Al parecer, el número de hojas antes de floración estaría controlado por la temperatura ambiental y el genotipo. Al aparecer el primer botón floral, la planta se ramifica en el ápice en dos o más brotes de tallos. Cada brote tiene una o dos hojas, termina en una flor y entonces se divide en dos ramificaciones de segundo orden. La iluminación diaria total tiene sobre el desarrollo del tallo un efecto mayor que la calidad de la luz y el fotoperiodo. La velocidad de elongación del tallo está muy influenciada por la temperatura, la baja retrasa el crecimiento, y excesivas producen tallos delgados, siendo la temperatura óptima de 25°C. Para producción de materia seca, o sea tallos más firmes, el rango óptimo se encuentra entre 20 y 25°C, que es común para plantas que tienen fotosíntesis tipo C3 (Condés, 2017).

Las hojas del pimiento tienen variación en tamaño, forma y color, la mayoría son simples, enteras y simétricas, de forma lanceolada o ovoidal. Pueden ser planas y suaves o corrugadas y glabras, algunas son pubescentes como las del tipo serrano. Son corrientemente verdes, aunque se encuentran tipo púrpuras, variegadas y amarillentas (Condés, 2017).



*C. frutescens* (Tabasco)



*C. chinense* (Habanero)



*C. annuum* (Ají)



*C. annuum* (Pimiento)

**Figura 2. Forma y tipos de fruto de especies del complejo *Annuum*.**

La mayoría de las variedades de *C. annuum* tienen flores solitarias en cada nudo (Figura 3), sin embargo, hay excepciones donde las flores son producidas en pares o en racimos más numerosos. La mayoría de las accesiones florece con largo de día de 10 horas o más, pero el factor exógeno más importante que determina la diferenciación floral es la temperatura nocturna. La permanencia de plántulas a bajas temperaturas nocturnas (6 – 12°C) durante 2 – 4 semanas favorece la formación de un gran número de flores. La mayoría de las flores de las especies de *Capsicum* son autocompatibles. La polinización cruzada puede variar entre 2 a 90% dependiendo de las condiciones presentes, como actividad de abejas (Giaconi y Escaff, 1998).

La tasa de cuaja de frutos está negativamente correlacionada con el número de frutos que se desarrolla en la planta. Los frutos de las primeras flores son normalmente más grandes y tienen color rojo y pungencia más intensa. No hay cuaja de frutos con temperaturas bajo 16°C o por sobre los 32°C y las flores abortan cuando la temperatura nocturna llega a 24°C (Pressman y otros, 1998 y 2006; Wubs y otros, 2009).



Flor solitaria



Flor en racimo

**Figura 3. Tipos de floración de *C. annuum*.**

El fruto es una baya que puede tener dos o más lóculos, divididos por una placenta central. Esta placenta tiene las vesículas donde se producen las oleorresinas y capscinoides. Sin embargo, el principal papel está en alimentar la semilla durante su desarrollo.

La forma de los frutos es una manera de clasificar los diferentes grupos dentro del complejo *Annuum*. Los frutos de *C. annuum* se pueden clasificar primero en pungentes y no pungentes, lo cual se manifiesta por la presencia o no de capscicina en el fruto. La otra clasificación viene de la forma del fruto, donde se caracterizan grandes grupos.

### **Tipo Bell o cuatro cascós**

Este es el tipo económicamente más importante y con el mayor número de variedades. Estos son de forma cuadrada, con pericarpio grueso o carnoso y tienden a ser completamente no pungentes. Se distinguen dos tipos dentro de este grupo, los americanos más cuadrados con fondo plano (ej. California Wonder, Yolo Wonder, Resistant, etc.) y los europeos tipo Lamuyo que son de tres cascós alargados, generalmente, y de fondo alargado (Figura 4). El color de fruto a maduración puede variar de rojo a amarillo, púrpura, naranja y hasta blanco, dependiendo del estado alélico de varios genes que codifican para enzimas en las vías metabólicas de los carotenoides. Se pueden cosechar en estado inmaduro color verde. Es el tipo más utilizado por la agroindustria por sus características de rendimiento, color y grosor de pericarpio, además del contenido de azúcares del fruto (Crosby, 2008).



Tipo Cuadrado



Tipo Lamuyo

**Figura 4. Pimientos tipo Bell o Cuatro Cascos y sus diferentes subtipos.**

### **Tipo Morrón o Calahorra**

Este grupo comparte muchas de las características del tipo Bell, como tamaño de fruto grande, no pungente y pericarpio grueso más dulce que el tipo Bell. Tienden a producir frutos con forma acorazonada o cónica (Figura 5). Los frutos maduros de color rojo o amarillo son utilizados en fresco o procesado como conserva de pimiento asado, jugo, deshidratados y como pickles.



**Figura 5. Frutos de pimiento tipo Morrón.**

## Ají verde o Anaheim

Es un ají medianamente pungente (2.500 a 5.000 unidades Scoville), de tamaño largo (12 a 16 cm), suave, pericarpio delgado, utilizado para deshidratado y consumo fresco. El fruto madura de un color verde a rojo brillante (Figura 6). Los frutos se usan tanto inmaduros como maduros para productos procesados (Crosby, 2008).



Ají Anaheim inmaduro



Ají Anaheim maduro

**Figura 6. Frutos inmaduros y maduros de ají tipo Anaheim.**

## Yellow Wax o Cristal

El nombre de este tipo de ají se debe a su apariencia cerosa y amarillo en su estado inmaduro (Figura 7), habiendo de formas cónicas y cilíndricas, como las bananas y húngaros. En Chile es muy común el consumo fresco del ají verde Cristal en ensaladas, encurtidos y salsas, siendo tal vez el tipo más consumido en el país. La pungencia es variable y depende de las variedades, pasando desde muy suave como los banana (2.500 a 4.000 unidades Scoville) a bastante pungentes (5.000 a 8.000 unidades Scoville). Algunos ajíes de tipo cristal son particularmente altos en contenido de antioxidantes, como flavonoides y ácido ascórbico (Crosby, 2008).



**Figura 7. Ajés tipo Cristal o Yellow Wax en estado inmaduro.**

### **Paprika**

Esta es una categoría bastante peculiar de ajés, considera desde pungentes a suaves, hasta sin pungencia. El tipo chileno “Cacho de Cabra” se podría clasificar en este grupo (Figura 8), por su forma, grosor de pericarpio y uso en deshidratado. En general son bastante alargados, de pericarpio delgado (1 a 3 mm), de textura de piel suave, color rojo oscuro brillante cuando maduro y la pungencia depende del tipo que se trate como el Húngaro para polvo de paprika algo picante, o el español para ají de color con muy poca pungencia, o el mencionado Cacho de Cabra chileno, bastante pungente para Merken (Crosby, 2008).



**Ají “Cacho de Cabra”**



**Paprika Húngaro**

**Figura 8. Ajés tipo Paprika.**

## Cayenne

Este tipo de ají es muy pungente, uno de los con mayor contenido de capsaicina, tiene entre 30.000 y 50.000 unidades Scotville. Es de forma alargada (20 a 25 cm), muy delgado (10 a 20 mm), con piel más arrugada, fruto torcido y de pericarpio delgado (1 a 2 mm) (Figura 9). Es muy usado en el sur de EEUU para salsas y deshidratado, es principalmente cultivado para procesamiento, aunque también se consume en fresco en algunos países como India y México (Crosby, 2008).



**Figura 9. Ají tipo Cayenne en planta y órgano de consumo.**

## Jalapeño

Es el tipo de ají comercialmente más importante y popular en México y EEUU. Los frutos (Figura 10) son de pericarpio más grueso, de forma cónica, de punta roma o redondeada, de color verde intenso cuando está inmaduro con vetas que simulan deshidratación, de bastante pungencia (4.000 a 6.000 unidades Scoville). Se consume en estado inmaduro principalmente, en fresco, salsas y encurtidos, pero cuando madura se deshidrata para hacer polvo de ají (Crosby, 2008).



**Figura 10. Frutos de ají tipo Jalapeño.**

## Habanero

Este tipo pertenece a la especie *C. chinense*, donde se incluyen Habanero y Scotch Bonnet, ambos muy cultivados en la zona de la Antillas y África por su extrema pungencia. Es el ají más pungente del mundo, alcanza 577.000 unidades Scotville. La planta es grande, bastante ramificada, perenne en los trópicos y se cosecha durante todo el año. El fruto tiene una forma de linterna o cuadrado (Figura 11), bastante plano en los extremos, de colores amarillo suave a rojo cuando maduro, aunque también hay plantas con frutos naranjos y pardos. Se usa en encurtidos, salsas, para cocinar en fresco, además de uso industrial para la extracción de capsaicina (Crosby, 2008).



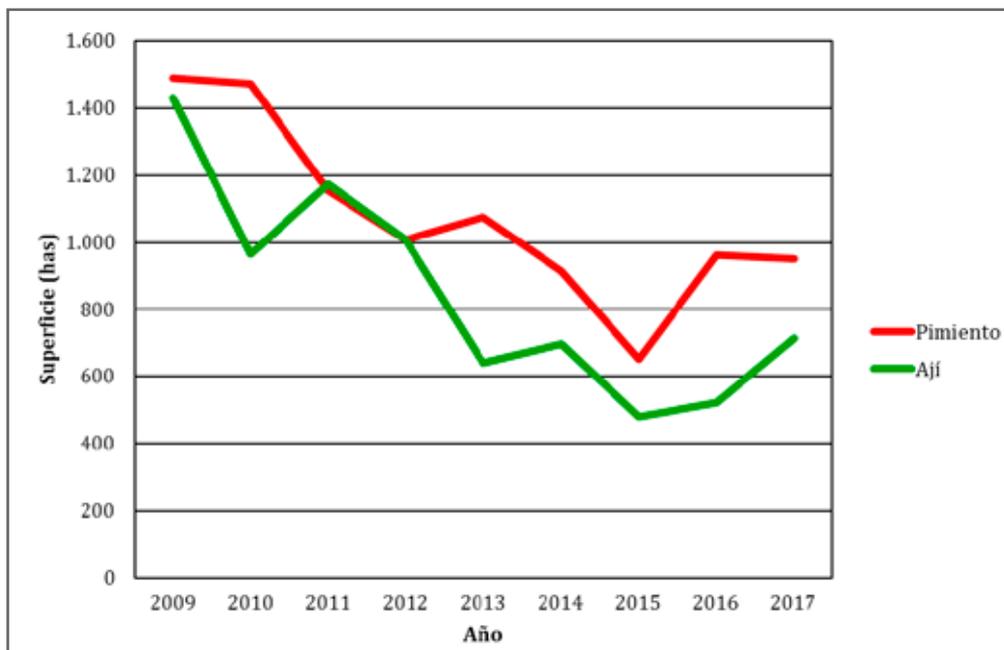
Figura 11. Planta y frutos de ají tipo Habanero.

## ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

### Distribución nacional y zonas productoras

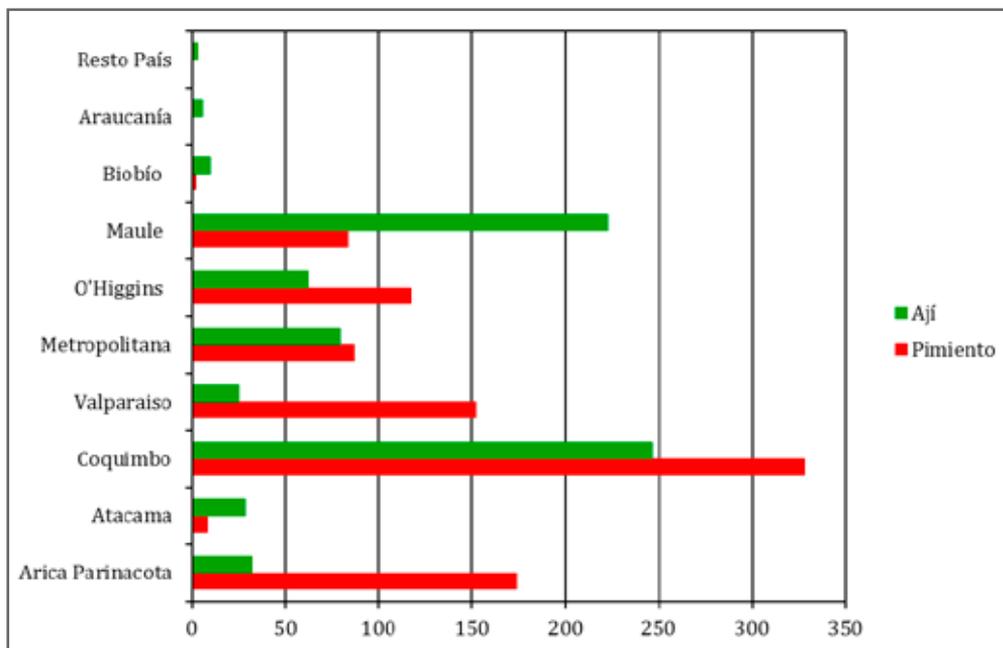
El ají y pimiento se cultivan prácticamente en todo el país, en algunas zonas en invernaderos y en muy pequeña escala. La superficie varía mucho dependiendo de la exportación de productos procesados, más que del consumo interno del país, ya que la mayor parte de la producción está orientada a la agroindustria de procesamiento y exportación.

En la Figura 12 se muestra la evolución de la superficie sembrada con ají y pimiento en los últimos años, donde se observa una fuerte tendencia a la disminución de la superficie de pimiento, con 27,7% del año 2010 al 2011, principalmente debido a la menor demanda de exportaciones de conservas. Sin embargo, en ají se observa un incremento del 17,7% de superficie, posiblemente debido a mayor demanda de deshidratado de ají, que es la principal exportación de la agroindustria.



**Figura 12. Evolución de la superficie nacional de ají y pimiento en los últimos años (ODEPA, 2018).**

En cuanto a superficie por región, en la Figura 13 se muestra que la Región de Coquimbo tuvo la de mayor superficie sembrada con ají y pimiento la temporada 2010, con un total de 936 hectáreas que representan el 28,3% del total nacional para estos cultivos. En el caso de pimiento es seguida por las regiones del Libertador B. Ohiggins y la Metropolitana.



**Figura 13. Superficie en hectáreas por regiones de ají y pimienta, temporada 2017 (ODEPA, 2018).**

El rendimiento promedio nacional de pimienta en la temporada 2008/2009 fue de 36.960 kg/ha, como se observa en el Cuadro 1. El mayor rendimiento promedio se presenta en la Región de Arica y Parinacota con 46.500 kg/ha, la mayoría de esta producción es para consumo fresco y es comercializada en el resto del país fuera de temporada, o sea en invierno y comienzos de primavera.

También destacan las regiones de Atacama (42 t/ha) y Maule (46 t/ha), siendo la Región de Atacama donde la producción es casi completamente para deshidratado al utilizar las excelentes condiciones naturales de secado al sol que existen. En la Región del Maule, la mayoría del pimienta es para la agroindustria de jugos y conservas.

**Cuadro 1. Rendimiento promedio de pimiento por región (INE, 2010).**

Región	Rendimiento (kg/ha)
Arica y Parinacota	46.500
Atacama	42.470
Coquimbo	32.450
Valparaíso	35.020
O'Higgins	42.160
Maule	45.900
Biobío	32.980
Metropolitana	29.320
Nacional	36.960

### Requerimientos agroclimáticos

Tanto el pimiento como el ají son cultivos muy susceptibles a las heladas, aunque con clima favorable se comportan como planta perenne. Al parecer, la semilla de *Capsicum* no tiene requerimientos de luz para germinar, pero en cuanto a temperatura exige entre 15 y 30°C. La semilla tiene un tiempo bastante prolongado para germinar y emerger, la temperatura óptima para lograr buenos resultados es alrededor de 30°C, reduciéndose considerablemente la velocidad de germinación entre 15 y 20°C.

El crecimiento y desarrollo de las plantas en almácigo y posteriormente en terreno es bastante lento. Es muy exigente en luminosidad en sus primeros estados de desarrollo hasta floración. La diferenciación floral no se afecta por el largo del día, sino por la temperatura nocturna del aire.

El fruto no cuaja con temperaturas bajo 16°C o por sobre 32°C, inclusive puede haber aborto floral con temperaturas nocturnas sobre 24°C. La mejor cuaja ocurre cuando la temperatura de día y de noche está entre 16°C y 21°C. (Álvarez y Pino, 2018).

La variación térmica (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna), ocasiona desequilibrios vegetativos muy notables. Por ejemplo, si coinciden bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15°C y 10°C) da lugar a la formación de flores con anomalías como pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. incidiendo a la formación de frutos de menor tamaño, con deformaciones, etc. (Pressman y otros, 1998 y 2006).

En cuanto a la humedad relativa, la óptima oscila entre 50% y 70%. Si es muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y dificulta la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

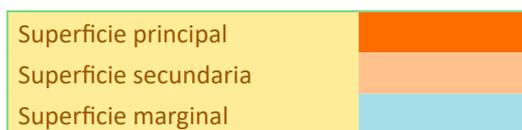
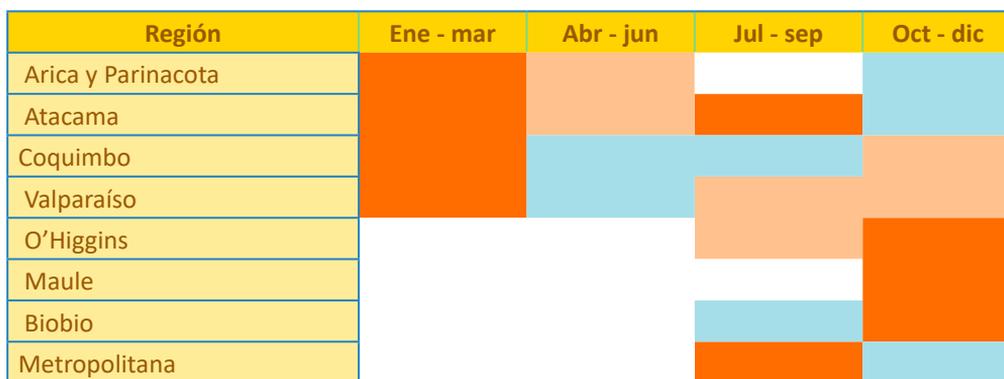
Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos y bien drenados. El pH óptimo del suelo varía entre 6,5 y 7, mientras que en el agua de riego es 5,5 a 7.

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

### **Ciclo de desarrollo**

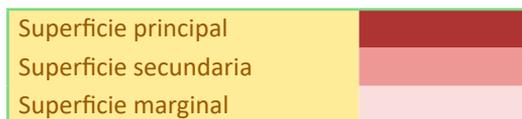
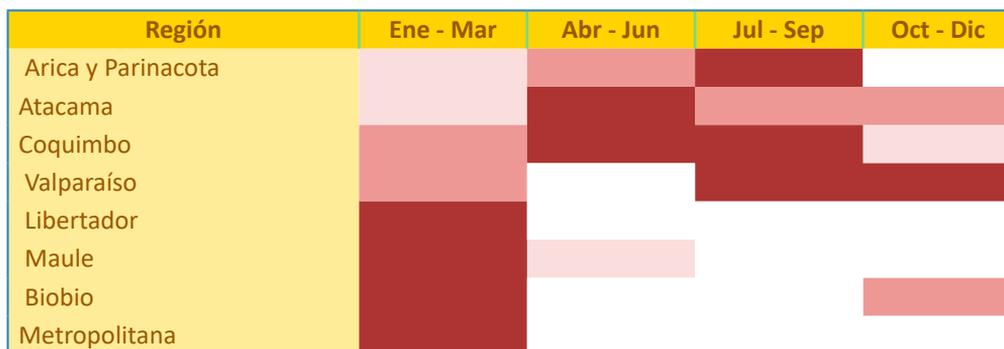
*Capsicum* se puede producir durante todo el año como cultivo protegido, sin embargo, para cultivo al aire libre se debe evitar heladas que causan mucho daño, aunque posteriormente rebrota, pero demora más en llegar a máxima producción.

Dependiendo de la zona es la fecha en que se realizan los almácigos, los cuales pueden ser a raíz desnuda o cubierta, no tiene limitaciones. La mayor limitación es la temperatura de germinación que debe alcanzar, porque demora mucho tiempo en germinar y emerger si no están las condiciones adecuadas. Por eso hay fechas de siembra por región donde se tiene más o menos éxito con el cultivo dependiendo del objetivo y del clima. Como se observa en la Figura 14, hay una cobertura total a nivel nacional de siembras de pimiento, esencialmente las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso donde se produce todo el año. No así en Arica y Parinacota, que sólo se siembra para cubrir las épocas de falta de producción en la zona central y sur del país, lo que se ve reflejado en la Figura 15, donde se muestran las épocas de cosecha, no se produce en el último trimestre en cantidades porque está cubierto con producto de zonas más cercanas como la Región de Valparaíso.



**Figura 14. Épocas de siembra e importancia relativa por regiones productoras de pimienta.**

En la zona central, claramente las preferencias de siembra son a inicios de primavera y plena primavera, la mayoría de estos cultivos son para la agroindustria, por lo tanto, la cosecha se realiza con fruto completamente rojo entre enero y marzo, algunas veces pasando hasta abril, como se observa en la Región del Maule.



**Figura 15. Épocas de cosecha e importancia relativa por regiones productoras de pimienta.**

En muchas regiones se adelanta la producción de almácigos, haciéndolos protegidos, de manera de tener plantas listas para trasplante cuando ha pasado el peligro de heladas y la temperatura ambiental está mejor para un crecimiento sostenido de la planta en terreno.

### **Sistema de plantación**

El pimiento y ají se producen a través de almácigo trasplante (raíz desnuda o raíz cubierta) y también con siembra directa, actualmente con semilla previamente acondicionada y peletizada, usando sembradoras de precisión.

El almácigo a raíz desnuda se siembra en mesas de 1 m de ancho y unos 20m de largo, en suelo que no haya tenido ningún cultivo de pimiento o ají en al menos tres años. Se hace en hileras transversales a 10 cm de distancia, usando semilla desinfectada con algún tipo de fungicida (Thiram, Captan, Benlate) y el surco se debe cubrir con tierra muy suave, si es posible mezclada con humus. Posteriormente, estas mesas deben ser cubiertas por túneles para conservar humedad y temperatura, de manera de acelerar la germinación, además de evitar daño por bajas temperaturas. Se usa aproximadamente 5 a 7 g de semilla por metro cuadrado, que rinde entre 500 a 600 plántulas trasplantables. Hay aproximadamente entre 150 a 160 semillas por gramo en *Capsicum*, dependiendo del tamaño de la semilla.

Normalmente se siembra o trasplanta en hileras únicas entre 0,70 y 1,0 m, variando la distancia sobre hilera de acuerdo a la población que se quiere obtener, pero siempre sobre camellón.

En el caso de trasplante, puede ser manual o mecánico con trasplantadora. Es importante para el éxito del trasplante la calidad de plántula y estado de desarrollo. Son varios los criterios que se pueden usar para tomar la decisión si la plántula está apta para trasplante (Figura 16a), uno es el número de hojas verdaderas (4 a 5), otro es el grosor del tallo (3 a 4 mm) y la altura de plántula (10 a 15 cm), pero en el caso de almácigo a raíz cubierta se agrega la ocupación del cubo de sustrato por la raíz, que debe estar bien llena y al sacar el cubo no debe desprenderse nada de sustrato o desarmarse el cubo (Figura 16b).



a) Plántula apta para trasplante



b) Plántula con falta de raíces

**Figura 16. a) Plántula apta y en condiciones de ser trasplantada. b) Plántula con poca raíz y sustrato desprendiéndose, no apta para trasplante.**

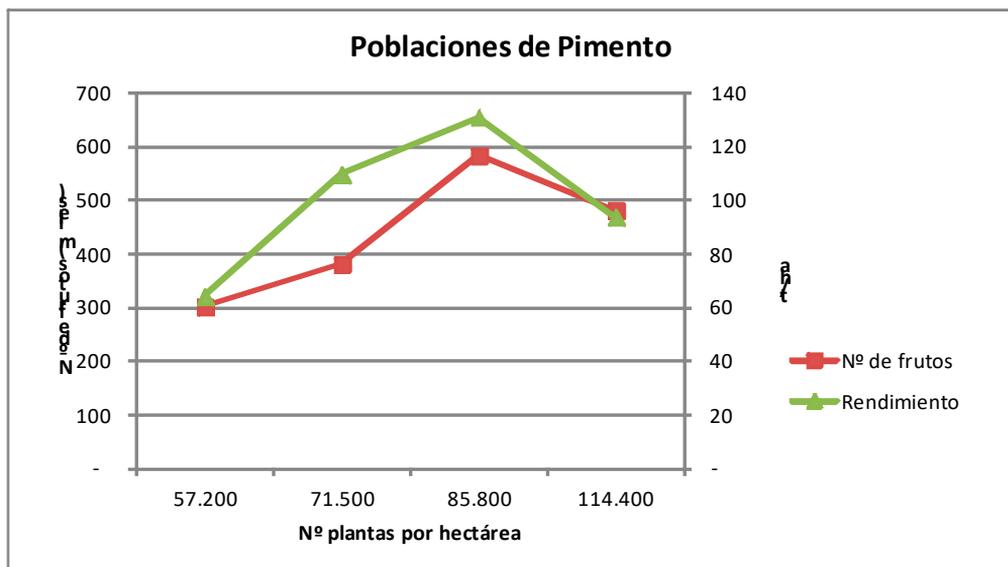
## Población

La población de plantas por hectárea es muy discutida para *Capsicum*, porque varía entre 57.000 y 240.000 plantas por hectárea, con resultados de rendimiento muy interesantes. La agroindustria en Chile utiliza poblaciones de 57.200 plantas por ha, distribuidas entre hileras a 0,70 m y sobre hilera a 0,25 m. Sin embargo, se ha visto aumento de rendimiento constante hasta poblaciones de 120.000 plantas por ha, comenzando a disminuir con poblaciones mayores a 200.000 plantas, distanciadas a 1 m entre hilera. Por ejemplo, una población de 100.000 plantas en invernadero rindió 80 toneladas por hectárea de frutos, pero con 240.000 plantas solo alcanzó a 40 toneladas.

La dosis de semilla recomendada es alrededor de 1 kg por hectárea, lo que equivale a unas 150.000 semillas para semillero, esta es una cantidad mayor que la necesitada, pero se debe tener en cuenta porque la semilla tiene baja germinación y es necesario asegurar una población para trasplante.

En un ensayo realizado en el CRI Raihuen de Villa Alegre, Región del Maule en la temporada 2008/2009, donde se evaluaron cuatro poblaciones de pimiento variedad Resistant, se encontró que la tendencia de los resultados fue bastante similar, aunque se pudieron ver afectados en rendimiento por el agroclima que no es el ideal para este cultivo, por estar prácticamente en el límite sur de producción comercial de pimiento, pero no de ají.

Los resultados que se observan en la Figura 17 muestran una tendencia a incrementar el rendimiento en número y peso de pimiento fresco en la medida que aumenta la población de plantas hasta casi 90.000 plantas, donde se produjo un decaimiento del rendimiento. Esta baja de rendimiento ocurre en casi todos los cultivos de pimiento debido a dos factores: a) competencia entre plantas por espacio, luz, agua y nutrientes; b) problemas fitosanitarios debidos a falta de ventilación entre plantas, por lo tanto, queda mucha agua libre y humedad lo que favorece la acción de agentes patógenos, especialmente bacterias y hongos.



**Figura 17. Rendimiento de pimiento var. Resistant cultivado en cuatro poblaciones. CRI Raihuen, Villa Alegre, Región del Maule. Temporada 2008/2009.**

Las recomendaciones para obtener mejores frutos de calidad y rendimiento hablan de densidades entre 60.000 y 75.000 plantas por hectárea al aire libre y entre 25.000 y 30.000 plantas por hectárea en invernadero. Poblaciones mayores pueden tener problemas de manejo fitosanitario por falta de ventilación.

## Fertilización

Una fertilización balanceada es muy importante para obtener buen rendimiento y calidad en plantas de Capsicum. Además del nitrógeno, tienen un rol muy importante el potasio y el calcio, por su participación activa en la síntesis de proteínas, activación

de fotosíntesis, transporte y almacenamiento de fotoasimilados, mejora del uso de agua, regulación estomálica, forman parte de la estructura de la pared celular dando más consistencia, y muchas otras funciones claves en la fisiología de la planta que al final se transforman en la obtención de plantas de alta calidad y capacidad productiva.

Al observar el Cuadro 2, se encuentra que las mayores extracciones por frutos de pimiento son precisamente, N, K<sub>2</sub>O y CaO (Hegde, 1997).

**Cuadro 2. Extracción de nutrientes por pimiento (Hegde, 1997).**

Nutriente	Extracción (kg/T de fruto)
N	2,30 – 4,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52 – 1,03
K <sub>2</sub> O	3,56 – 5,75
CaO	1,69 – 3,78
MgO	0,46 – 1,10

### **Nitrógeno**

El nitrógeno (N) está relacionado directamente con la síntesis de clorofila y proteínas, por lo tanto, influye en la fotosíntesis, la cual afecta el crecimiento y desarrollo de la planta. El pimiento tiene una buena respuesta al nitrógeno, pero un exceso puede sobre estimular el crecimiento de las plantas, resultando plantas muy grandes y frondosas, pero con muy pocos frutos. Aplicaciones de N antes de trasplante e incorporado con el último rastraje genera plantas con crecimiento vigoroso, lo que asegura buena ramificación en la planta para la primera producción de fruto, además de un buen desarrollo del área foliar. Si el suelo tiene 20 ppm o más de N en el análisis de suelo, no es necesario aplicar antes de trasplantar. El N debe estar disponible para que la planta lo absorba en forma inmediata, idealmente en la forma de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), que es la forma en que lo prefiere. Por esto es deseable aplicar no más del 20% en forma de amonio y el restante 80% en forma de nitrato.

Un ensayo realizado por Kirnak y otros (2003) demostraron que usando cobertura plástica o mulch en el suelo incrementó la disponibilidad de N a las plantas y que ade-

más mitigó el efecto de estrés hídrico en pimiento, posiblemente al conservar mejor la humedad del suelo por menor evaporación de agua del suelo, las raíces tuvieron más disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo. Respecto a la pungencia en ajíes, Johnson y Decoteau (1996) encontraron que N aplicado al trasplante incrementó la pungencia en forma lineal, pero que iniciar la aplicación en floración no tuvo efecto sobre la pungencia de los frutos.

Es recomendable el uso de fertilizantes de entrega lenta porque extiende la disponibilidad de N en diversos periodos fenológicos de la planta y además disminuyen las pérdidas. En caso de no tener este tipo de fertilizantes, entonces las aplicaciones se deben parcializar hasta antes de la primera floración. Es importante aplicar los fertilizantes amoniacales, como urea, con suelo húmedo para favorecer la nitrificación.

La deficiencia de nitrógeno en plantas de *Capsicum* se manifiesta con un crecimiento limitado de la planta, tallos delgados y pocas ramificaciones, hojas basales de color verde amarillando y pequeñas, pocas flores cuajadas y menor número de frutos formados. Por otra parte, un exceso de nitrógeno provoca un crecimiento vegetativo exuberante, retraso en la maduración de frutos, mayor tendencia de los frutos a presentar necrosis apical y problemas de coloración en frutos maduros.

### **Fósforo**

El fósforo (P) es otro de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, es demandado en mayor proporción en las etapas iniciales de desarrollo. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

La absorción radicular del P es activa y rápida. Penetra en la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y de la punta de la raíz. El P es absorbido por la planta principalmente como ion ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) en suelos con pH inferior a 7,0; pero también se absorbe como ion fosfato secundario ( $\text{HPO}_4^{=}$ ) en suelos básicos. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedar almacenado en esta área o puede ser transportado a las partes superiores de la planta. A través de varias reacciones químicas el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosforados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATP). El fósforo se comporta como elemento muy móvil que se distribuye fácilmente por toda la planta, se mueve a otras partes de la planta donde estará disponible para más reacciones en forma de iones ortofosfato y como P incorporado en los compuestos orgánicos formados.

Este nutriente tiene algunos problemas de movilidad en el suelo, por lo que se recomienda hacer una fertilización inicial fuerte con una parte importante de P y completar su fertilización a lo largo del ciclo cuando es entregado vía fertirrigación; pero al ser aplicado en forma sólida, es recomendable abonar con todo el P antes del trasplante incorporándolo al suelo. Los requerimientos de P, al igual que los demás nutrientes, dependen de las condiciones de crecimiento, variedad, densidad de siembra y rendimiento esperado, entre otros factores. En pimiento, al igual que en la mayoría de las hortalizas, la cantidad requerida de P es baja, cuando se la compara con otros macronutrientes (Hedge, 1997).

En general, en cultivo de pimiento no se detectan respuestas a la aplicación de fósforo, por lo tanto, grandes cantidades no son aconsejables ya que no se logran aumentos significativos en la producción de frutos. Sin embargo, la deficiencia de fósforo puede provocar un crecimiento limitado de la planta, pero con hojas de color verde-gris oscuro y márgenes que tienden a doblarse hacia abajo. Los frutos son más pequeños, deformes, menor cuaja y se retrasa la cosecha.

### **Potasio**

El potasio (K) también es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción. Se considera como el “nutriente de calidad”. El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la fruta y a otras características atribuidas a la calidad del producto.

El potasio se encuentra en los suelos como componente de la roca madre en forma de silicatos, en el interior de las láminas de la arcilla, fijado al complejo arcillo-húmico y en la disolución del suelo. Únicamente el que está en la disolución de suelo, es el asimilable por las plantas. Su absorción es activa y rápida, en forma de catión potasio  $K^+$ .

Es un elemento muy móvil dada su solubilidad, su principal función es la de osmoregulador o sea en la regulación del agua en las plantas e interviene en mantenimiento del turgor de la célula, en la fotosíntesis; el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de  $CO_2$ . En las plantas, el potasio, desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta.

Aumento en los niveles de potasio en pimiento han mostrado mejora en el número de frutos y peso individual de fruto, probablemente debido a un engrosamiento de la

pared, por lo tanto, aumenta la proporción de fruto de mejor calidad. Sin embargo, la pungencia en ají no es afectada por la fertilización con potasio (Johnson y Decoteau, 1996).

Este elemento es otro de los que se aplican completos antes de trasplante, incorporándolo con el último rastraje antes de hacer los camellones o mesas, de manera que esté disponible para las plantas desde el momento de trasplante hasta término del cultivo. La deficiencia de potasio se manifiesta también con crecimiento limitado, y en las hojas más viejas se observan manchas de color rojizo, mientras que en hojas jóvenes los márgenes de las hojas se ponen amarillos comenzando desde las puntas.

### **Calcio**

El calcio (Ca) es un elemento que es transportado casi exclusivamente mediante flujo transpiratorio, vía sistema xilemático, es decir, su movimiento es desde los tejidos de la raíz hacia los tejidos foliares, los cuales son la principal fuente de transpiración en la planta. Es absorbido por las regiones jóvenes (insuberrizadas) de las raíces de las plantas como  $\text{Ca}^{+2}$ , siendo un elemento relativamente inmóvil, sigue el flujo transpirativo del agua y de esta manera se trasloca más lentamente a órganos que mantienen una baja relación transpirativa, tales como frutos y hojas encerradas o en expansión, que a hojas con elevada actividad transpirativa. Por esta razón, los desórdenes relacionados con deficiencia de calcio tienden a ocurrir en frutos y hojas en crecimiento (Bangerth, 1979).

A pesar de que el calcio es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales es elevado, la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  libre en el citoplasma y los cloroplastos es muy baja, del orden de 1 mM. Cualquier factor que impida el crecimiento de nuevas raíces (aireación pobre, temperatura baja, enfermedades o plagas del suelo, etc.), puede inducir la deficiencia de calcio. Esto puede explicar que desórdenes relacionados con el calcio se produzcan a menudo en suelos adecuadamente provistos de calcio, y que las condiciones agroclimáticas puedan ser el factor limitante. Su absorción por la raíz es afectada por la concentración salina de la solución de suelo, principalmente debida al antagonismo con el ión sodio, y el efecto competitivo debido a elevadas concentraciones de otros cationes rápidamente absorbidos por la raíz como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , e incluso iones  $\text{H}^+$  o  $\text{Al}^{+3}$  y factores que afectan la transpiración de la planta como temperatura del suelo/sustrato, estado hídrico del suelo, vigor radicular, humedad relativa, viento, cultivar seleccionado, etc.

El calcio es un elemento esencial responsable de la firmeza de los frutos del pimiento, además retarda la senescencia de hojas, manteniéndolas activas por un periodo

más largo de tiempo, por lo tanto, realizan un proceso continuo de fotosíntesis más prolongado para la planta. Una deficiencia de Ca produce detención del crecimiento de raíces y brotes nuevos, se detiene la división y la extensión celular, por lo tanto, el rendimiento del cultivo se ve afectado. Mantiene la integridad de las membranas celulares, por lo tanto, tiene un rol importante en el mecanismo de defensa de la planta frente a estreses externos, confiriendo alguna resistencia al ataque de patógenos debido a la firmeza del tejido y disminuyendo el deterioro de la fruta por manipulación y almacenamiento en poscosecha (Silva y otros, 2017).

El calcio puede ser aplicado como parte de mezclas fertilizantes incorporado con el último rastraje, pero también como enmienda foliar. La deficiencia se manifiesta principalmente en los frutos, donde se observan áreas quemadas café pálido en la zona distal. En el follaje, las hojas más jóvenes desarrollan márgenes amarillos, primero en las puntas siguiendo a las zonas intervenales.

### ***Fertilizantes***

Existen muchas fuentes de fertilización disponibles en el mercado, cada una posee características específicas para su uso en el cultivo, sin embargo, en su elección siempre prima el costo por unidad de nutriente. Hay muchos fertilizantes que son mezcla física y otros que son compuestos, cada uno posee bondades y deficiencias, pero una buena decisión pasa por las necesidades reales de nutrición, aporte del fertilizante y costo de ese aporte.

La base de la nutrición vegetal siempre es N-P-K, por lo tanto, se inicia la toma de decisiones con estos elementos, fundamentalmente el N. También hay que considerar el tipo de explotación que se tiene, en suelo o hidroponía, la disponibilidad local de fertilizantes sólidos o solubles, el pH del suelo, entre otros factores antes de decidir qué fertilizante adquirir. Cada fertilizante tiene sus características específicas de acción, por lo tanto, se debe informar de cuál es el más apropiado para las condiciones de suelo y cultivo.

En el Cuadro 3 se presenta un listado de fertilizantes y su aporte porcentual de nutrientes, los cuales pueden ser utilizados para fertilizar el cultivo de pimiento.

La nutrición de las plantas mediante pulverización foliar es otro elemento a utilizar para mantener las plantas balanceadas del punto de vista nutricional. La fertilización foliar es un método bueno y confiable para la nutrición de las plantas cuando la fertilización edáfica no es suficiente y/o ineficiente. Pero, es importante comprender que este método no puede sustituir al suministro de nutrientes a través de las

raíces, dado que la absorción de todos los nutrientes de las plantas a través de las hojas involucra una cantidad considerable de mano de obra con un alto riesgo de fitotoxicidad.

**Cuadro 3. Fertilizantes y aporte porcentual de nutrientes.**

Compuesto Químico	Aporte de Nutrientes (%)					
	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Otros
Cloruro de potasio				60		
Sulfato de potasio soluble				50		18 S
Nitrato de amonio	16,5	16,5				
Sulfato de amonio		21				22 S
Nitrato de calcio	15,5					26 CaO
Fosfato Monoamónico			61			12 N
Sulfato de magnesio					17	14 S
Nitrato de magnesio	11				16	
Urea		46				
Nitrato de potasio	13,5			46		
Ácido fosfórico			61			
Superfosfato Triple			46			21 CaO
Fosfato Monoamónico			61			12 N
Nitrato de potasio	13,5			46		

Fuente:

La fertilización foliar tiene sus limitaciones y en algunos casos puede ser considerada excesivamente laboriosa por la cantidad de aplicaciones que se deben hacer. No obstante, a lo largo de los años ha alcanzado un lugar de privilegio en los diferentes esquemas de nutrición de las plantas, especialmente con las enmiendas cuando se producen deficiencias específicas de nutrientes. La utilización de fertilizantes altamente solubles y nutrientes puros es esencial para alcanzar el mejor comportamiento desde este enfoque.

Por otra parte, existe compatibilidad entre muchos fertilizantes foliares y pesticidas, pudiendo ser mezclados en el mismo pulverizador para ahorrar costos y mano de obra.

## **Riego**

El pimiento posee un sistema radicular poco profundo y muy sensible a las variaciones de humedad, por lo que es importante el manejo del riego para favorecer su desarrollo. Aunque los *Capsicum* se consideran hortalizas de arraigamiento moderadamente profundo (90 a 120 cm), más de la mitad del volumen radicular se desarrolla entre los 5 y 15 cm de profundidad (Keng y otros, 1979). La densidad radicular disminuye en profundidad y rápidamente bajo los 20 cm, mientras que la distribución horizontal de raíces es más bien pobre (Morita y Toyota, 1998). Según Dimitrov y Ovtcharova (1995), *Capsicum* extrae el 70 a 80% del agua que usa a una profundidad entre 0 y 30 cm.

### ***Métodos de riego***

Son variados los métodos disponibles para distribuir el agua en el cultivo de pimiento y ají, estos van desde los muy comúnmente usados de tipo gravitacional con sus diferentes conducciones, hasta los de tipo presurizado. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas, generalmente relativas a la eficiencia del uso de agua y costo de instalación.

En general, el cultivo de *Capsicum* se hace en hileras simples sobre un camellón, donde el surco entre camellones sirve para conducir el agua e irrigar el cultivo. El trasplante sobre terreno plano o haciendo tasas a cada planta no es recomendable, porque esta especie no tolera el exceso de humedad o aguas retenidas. Si la planta es sometida a más de 24 horas a condiciones de saturación de agua continua, probablemente morirá.

La aplicación de riego presurizado es muy conveniente, pero siempre que no sea por aspersión. Este tipo de riego, por aspersión, no es recomendable, porque mojando las hojas y frutos se favorece el desarrollo de hongos.

El riego por goteo o por cinta facilita la distribución de agua y además permite la aplicación de fertilizantes solubles y algunos pesticidas a través de la fertirrigación. El manejo de frecuencia y cantidad de agua a entregar va a depender del tipo de suelo que se tenga y el estado fenológico de la planta, para poder suplir sus necesidades reales y no someterla a estrés hídrico o a excesos de agua.

## ***Frecuencia de riego***

La frecuencia de riego depende del abastecimiento total de humedad disponible alcanzado por las raíces y de la tasa de uso de agua. La primera se ve afectada por el tipo de suelo, profundidad del suelo húmedo y, profundidad y dispersión de raíces. Pero la última se ve afectada por las condiciones climáticas como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y también por la edad del cultivo.

En el momento del transplante se recomienda dar un riego importante y a los pocos días volver a regar con el fin de conseguir el arraigue de las plantas. A partir de ese momento se debe recortar el riego, manteniendo unos niveles mínimos de humedad en el terreno con el fin de potenciar el crecimiento del sistema radicular hasta conseguir el cuajado de la primera flor y de ahí en adelante ya no puede faltarle agua al cultivo, ya que un déficit podría provocar caída de flores y frutos recién cuajados. Un exceso de riego también es perjudicial, ya que puede provocar asfixia radicular.

El riego ha de ser moderado y constante en todas las fases del cultivo, no obstante, soportan bien una falta puntual de agua. El riego por goteo resulta ideal.

La decisión del momento y volumen de riego está dada básicamente por los siguientes parámetros:

Tensión del agua en el suelo, cuya forma científica de determinarla es mediante tensiómetros a distintas profundidades. Alrededor del 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua por drenaje; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por filtración.

Otros factores a tener en cuenta son, el tipo de suelo y su capacidad de retener humedad, la evaporación del cultivo y la calidad del agua de riego, a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad.

*Capsicum* es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad, por lo tanto, si se emplea aguas más salinas se debe aplicar dosis de riego suficientes para conseguir lavar de sales la zona radicular.

## **Consumo de agua**

Como regla general, se dice que las hortalizas consumen alrededor de 2,5 cm por semana de agua de lluvia o suplementada por riego para crecer vigorosamente. Los requerimientos de riego son dependientes de la temporada de cultivo (fría o cálida), factores ambientales, tipos de suelo, tipo de riego, etc. Por ejemplo, en climas tropicales como Cuba, León y otros (1991) encontraron que el máximo rendimiento de pimiento lo obtuvieron regando a 85% de capacidad de campo, entregando un total de 1.800 m<sup>3</sup> por ha (16 cm) en nueve riegos.

En caso de invernaderos, Chartzoulakis y Drosos (1998) encontraron que con evapotranspiración que estuvo entre 0,5 y 4,0 mm por día, el requerimiento de agua alcanzó a 34,8 cm para toda la temporada de crecimiento del cultivo.

Un consumo medio razonable de agua por día y planta varía entre 400 cc y 2000 cc, en función del clima y el estado de desarrollo de la planta. En invernadero, dada la mayor actividad de la planta y la evaporación, las cantidades aumentarán en un tercio aproximadamente. En un cultivo de pimiento de primavera (diciembre-abril), las necesidades hídricas se estiman en 1m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de superficie, aproximadamente.

## **Sanidad**

El cultivo de ají y pimiento es bastante sensible a problemas fitosanitarios desde la siembra del almácigo hasta la poscosecha de los frutos.

## **Enfermedades**

### - Caída de almácigo

La siembra de almácigos, tanto a raíz cubierta o desnuda, si el sustrato y semillas no están esterilizado o desinfectado, las plántulas pueden ser atacadas por el complejo de hongos llamado “Caída de plantas” o “Dumping off”, donde participan una serie de patógenos, siendo los más comunes *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp (Larraín y otros, 2010). Estos patógenos pueden encontrarse en el suelo o en la semilla, dominando unas especies sobre otras según la temperatura y las condiciones de humedad. Puede afectar tanto a la semilla como a la plántula, produciéndose daño en los almácigos, la semilla infectada no germina y se pudre, no hay emergencia de plántulas por sectores y en las plántulas afectadas se observan manchas marrón justo por encima y por debajo de la línea del suelo. La parte basal del tallo se estrecha y ablanda, no pudiendo soportar la plántula, la cual cae, se mar-

chita y muere. El sistema radicular se reduce y se pudre, con muy pocas o ninguna raíz secundaria.

No existen medidas curativas para esta enfermedad, sin embargo, preventivas si se deben aplicar, como desinfección de semillas, situar la almaciguera en terrenos bien drenados (en el caso de raíz desnuda), facilitar una buena ventilación de la almaciguera evitando una humedad relativa elevada. En el trasplante a raíz desnuda es recomendable desinfectar las semillas o la inmersión de la raíz o aplicar al almácigo con el riego fungicidas como propamocarb+ fosetilo, captan, metalaxil, metiram complejo, propamocarb – HCl y otros.

#### - Tizón o mildiu

Es una enfermedad muy cosmopolita en *Capsicum*, tal vez la principal en el país, producida por la especie *Phytophthora capsici*, un hongo Oomicete. Este es un patógeno altamente dinámico y destructivo que tiene un amplio rango de hospederos entre las hortalizas cultivadas dentro de las familias Solanaceae (ají, pimiento, tomate, berenjena), Fabaceae (poroto) y Cucurbitaceae (zapallo, melón, pepino) (Zitter, 2018). La incidencia y severidad de la enfermedad ha aumentado considerablemente en las últimas décadas.

Los síntomas varían considerablemente según el huésped, parte de la planta infectada y las condiciones ambientales. Por ejemplo, en zonas secas la infección en ají y pimiento es en general sobre las raíces y corona, las plantas infectadas tienen una lesión visible distintiva de color negro a marrón cerca de la línea del suelo. En las zonas en que las precipitaciones son más frecuentes o con mayor humedad ambiental, todas las partes de la planta son infectadas, incluyendo las raíces, corona, follaje y frutos (Soto, 2018).

Las infecciones de la raíz de la planta de pimiento causan ahogamiento de plántulas, las raíces se tornan color marrón y toman un aspecto pastoso., mientras que, en las plantas más viejas, es común ver un retraso del crecimiento, marchitez y, eventualmente, la muerte. Generalmente, las hifas no emergen de las plantas infectadas o frutos y todo lo que es visible en la superficie de una planta infectada son esporangios. Las manchas foliares pueden empezar desde abajo, con el tiempo pueden aumentar de tamaño y tomar colores bronceados. El fruto de *Capsicum* se infecta a través de la unión del tallo con el fruto, para seguir con zonas podridas del fruto color verde oscuro y húmedo, que son invadidos por los signos del patógeno que aparecen como algodonoso blanco-grisaseo. El fruto se momifica y permanece unido al tallo (Figura 18).

El control de este patógeno debe comenzar desde la siembra, seleccionando variedades que tengan resistencia o tolerancia a este patógeno, luego realizando rotaciones de suelo de al menos tres años con especies hortícolas que no sean susceptibles al ataque de este hongo. Eliminar malezas y todos los residuos de cultivos anteriores, especialmente cuando son hospederos. Evitar anegamientos o suelos muy pesados que retengan mucha agua, idealmente elegir suelos con buen drenaje (Soto, 2018).



Figura 18. Ataque de *Phytophthora capsici* en *Capsicum* y sus síntomas típicos.

Existen algunos productos que pueden realizar un buen control químico, aplicados en el momento y dosis precisa, pero además con una rotación de ingredientes activos apropiada, de manera de no seleccionar poblaciones de hongos tolerantes al fungicida. En el Cuadro 4 se indica una serie de ingredientes activos que tienen efecto en el control de este patógeno en *Capsicum*.

**Cuadro 4. Ingredientes activos y producto comercial de fungicidas para control de *Phytophthora capsici* en pimiento y ají, autorizados por el SAG (2019).**

Ingrediente Activo	Producto Comercial
Benomilo	Benex Benomyl 50 PM Polyben 50 WP Benomyl 50% WP
Dimetomorf + Mancozeb	Acrobat MZ 630 WP
Fosetil aluminio	Aliette 80% WP
Metalaxil + Mancozeb	Metalaxil-Mz 58 WP Mancolaxyl Unilaxyl Crater MX 70% WP
Metalaxil + Oxicloruro de Cobre	Metalaxil Cobre

- Oidio

Esta enfermedad causada por el patógeno *Leveillula taurica*, ascomicete del orden Erysiphe, es más común en *Capsicum* cultivado en invernadero, donde hay alta humedad relativa y temperatura. Las condiciones óptimas de desarrollo de la enfermedad son temperatura entre 20-25° C y 50-70% de humedad relativa.

El signo está constituido por una masa de micelio, conidios y conidióforos de color ceniza claro que se observan en la cara inferior de las hojas y se corresponden en el haz con manchas cloróticas (Larraín y otros, 2010). Los primeros síntomas siempre aparecen en las plantas más maduras y en las hojas más viejas que son más susceptibles al patógeno. A medida que la enfermedad avanza los síntomas aparecen en las hojas más nuevas y las manchas cloróticas se van uniendo, surgiendo áreas necróticas que pueden observarse también en la parte superior de las hojas. Generalmente, produce caída de hojas (Figura 19a).

El patógeno se propaga a través de los conidios que son transportados por el viento. Por lo tanto, es recomendable remover y eliminar malezas, permitir una ventilación apropiada, eliminando las hojas basales para permitir el flujo de aire libre y reducción de la humedad relativa local. La rotación de cultivos también es una práctica necesaria, junto con la elección de variedades que presenten algún grado de tolerancia o resistencia a esta enfermedad.

El control químico puede estar dado por ingredientes activos como: azufre, benomil, triadimefon, myclobutanilo, penconazol, trifloxystrobin + cyproconazole.

- Moho gris o *Botrytis*

Las enfermedades causadas por *Botrytis cinerea* quizá sean las más comunes y más ampliamente distribuidas entre las hortalizas cultivadas al aire libre e invernadero. Estas enfermedades aparecen principalmente en forma de tizones en inflorescencias y pudriciones del fruto, pero también como pudriciones del tallo, marchitamiento de las plántulas, manchas foliares y como pudriciones de raíces. Bajo condiciones húmedas, el hongo produce una capa de moho gris sobre los tejidos afectados. Puede atacar inclusive una vez cosechado el fruto en almacenamiento (Figura 19b).

*Botrytis* inverna en el suelo en forma de esclerocios o de micelio, el cual se desarrolla sobre restos de plantas en proceso de descomposición. Al parecer, este hongo no infecta a las semillas, pero puede propagarse con las semillas contaminadas mediante esclerocios del tamaño de esas semillas o sobre restos de plantas a los que ha infectado. Las etapas de invernación también se propagan mediante cualquier cosa que mueva el suelo o los restos vegetales que pudieran portar esclerocios o micelio del hongo (Larrain y otros, 2010).

Las condiciones que favorecen la aparición de esta enfermedad son la temperatura, la humedad relativa y fenología del cultivo. La humedad relativa óptima para el desarrollo de la enfermedad oscila alrededor del 95% y la temperatura entre 17°C y 23°C para que se desarrolle adecuadamente, esporule, libere y germinen sus esporas y para que produzca la infección.

El manejo adecuado de la ventilación es una de las tareas más importantes para prevenir la infección con este hongo, como realizar oportunamente poda y deshojado de plantas, también es favorable la eliminación de plantas y frutos afectados. Fertilización balanceada es necesaria para evitar un exceso de vigor en la plantación, lo que facilita la presencia de la enfermedad. Evitar la presencia de agua libre sobre el cultivo.

Respecto a control químico, se pueden hacer aplicaciones preventivas después de una lluvia o días con humedad relativa muy alta, así como también curativas con ingredientes activos del tipo benomil, mancozeb, carbendazima, thiuram (TMTD), iprodione, tiofanato metil, procymidone, clortalonil, ciprodinil + fludioxonil.



a) Oídio (*Leveillula taurica*)



b) Moho gris (*Botrytis cinerea*)

**Figura 19. Imágenes de Oídio y Moho gris en pimiento.**

- **Virosis**

En general las virosis presentan sintomatologías asociadas a cambios de coloración en hojas (moteado y mosaicos). Deformación de hojas o frutos, enanismo o crecimientos anormales de parte o toda la planta. En frutos se pueden presentar manchas cloróticas, amarillentas o necróticas.

Según estudios realizados por Sepúlveda y otros (2005), los virus con mayor presencia en pimiento en la zona centro norte de Chile, son Virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Virus del bronceado del tomate (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), Virus del mosaico de la alfalfa (*Alfalfa mosaic virus*, AMV) y Virus Y de la papa (*Potato virus Y*, PVY). Según este estudio se pudo caracterizar que CMV presenta deformación de las hojas (filiformes y mosaicos), los frutos presentaron en algunas ocasiones leves decoloraciones. Los síntomas de TSWV fueron principalmente anillos cloróticos en hojas y frutos, aborto de frutos recién cuajados. Las plantas afectadas por AMV presentan un mosaico amarillo blanquecino. Los principales vectores son el trips de California (*Frankliniella occidentalis*), pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*) y el pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*).

Las estrategias de control son la utilización de cultivares resistentes, mantener un estricto control de insectos vectores y eliminar inmediatamente plantas con sistemas de virosis.

## **Plagas**

Respecto a plagas que afectan al pimiento, estas varían su importancia de acuerdo a la región agroecológica y al tipo de cultivo, al aire libre o invernadero. En general, se repiten bajo todo ambiente las mismas plagas como pulgón, trips, mosquita blanca, gusanos cortadores, polillas y minahojas, pero el grado de intensidad de sus ataques varía bastante según la zona que se encuentre el cultivo.

### **- Mosquita blanca**

Actualmente en *Capsicum* se encuentran dos especies, *Trialeuroides vaporariorum* y la recientemente introducida al país *Bemisia tabaci*. Ambas son de importancia en la transmisión de virus más que por el daño intrínseco que puedan causar por su tipo de alimentación en la planta. Presentan mayor importancia y daño en invernaderos, siendo en la Región de Arica y Parinacota una de las plagas principales en cultivo de pimiento. En la zona Centro Norte es de menor importancia, pero está presente y debe ser controlada.

La succión de savia en la planta, por individuos adultos y larvas, provoca un debilitamiento de la planta e incluso con la presencia de poblaciones numerosas, marchitamiento de las hojas. Cuando las mosquitas se alimentan, la savia que no aprovechan sale en forma de melaza, la cual sirve de soporte a la formación de fumagina o cubierta negra en hojas y frutos, que es la utilización de estos compuestos azucarados por hongos saprófitos. La capa formada reduce la fotosíntesis y la respiración produciendo debilitamiento de la planta, manchando frutos, incrementando los costos de poscosecha y el disminuyendo el valor comercial de la producción (Figura 20a). Además, las mosquitas blancas son eficientes vectores de muchos virus que atacan a *Capsicum* (Estay y Vitta, 2018).

Tiene diferentes métodos de control, pero la integración es lo más apropiado, especialmente si se fomenta la actividad de los enemigos naturales. Se pueden tomar diversas medidas en invernaderos para evitar el ingreso de especímenes, tales como aseo del invernadero, eliminando malezas y restos de cosechas anteriores dentro y en los alrededores. Poner mallas dobles en todas las ventilaciones del invernadero y el ingreso debe ser restringido con puertas dobles. Instalación de trampas cromáticas en diferentes puntos para monitorear la presencia de la plaga y decidir, de acuerdo al número de individuos capturados la aplicación de productos químicos. Al aire libre, además del monitoreo y eliminación de malezas en los alrededores del cultivo, la aplicación de productos químicos es necesaria cuando está presente la plaga evaluada en trampas cromáticas amarillas. Los ingredientes activos que se usan para controlar esta plaga se presentan en el Cuadro 9, donde se puede observar que hay

químicos específicos para este insecto, como hay otros de más amplio espectro que cubren varias especies, la decisión de cual usar está en la complejidad del problema y si existen otras plagas que estén afectando el cultivo con daño económico.



a) Mosquita blanca



b) Daño de trips

**Figura 20. Daño por ataque de mosquita blanca y trips en pimiento.**

- Trips

Los trips presentes en *Capsicum* son de la especie *Frankliniella occidentalis*, la cual pertenece al orden de los Tisanopteros. Esta plaga la causa tanto la larva como el adulto, su importancia se debe a los daños que produce y a que transmite el virus del bronceado del tomate, que causa pérdidas graves en el pimiento. Parece ser originario de América del Norte y está muy extendido por todo el mundo debido a su gran variedad de alimentación. En Chile se encuentra en todo el país, aunque no es una plaga de importancia mayor en pimiento o ají por su daño directo a la planta, pero si lo es en forma indirecta con la transmisión de virus (Figura 20b).

Son insectos pequeños que miden entre 1 y 2 mm de longitud con una coloración que varía del marrón oscuro al amarillo claro. Saltan, vuelan y se desplazan con gran agilidad de un lugar a otro. Como adulto, produce lesiones en frutos, hojas y flores debido a su aparato bucal y a la oviposición. Al picar los tejidos y succionar el contenido de las células vegetales, la zona afectada adquiere primero un color plateado y posteriormente muere. La oviposición se realiza primero sobre hojas jóvenes y luego en las flores, porque se sienten atraídos por el polen, donde nacen las primeras larvas que se alimentan picando los tejidos para extraer los jugos celulares. En una

misma planta se pueden encontrar todos los estados del insecto en frutos, hojas y flores. Cuando la hembra coloca los huevos en el interior de los tejidos vegetales, provoca pequeñas heridas que secan la zona afectada. Tienen varias generaciones por año (Estay y Vitta, 2018).

Las larvas pueden adquirir el virus del bronceado del tomate (TSWV) y una vez que pasan a estado adulto infectan el cultivo de pimiento. Se manifiesta en forma de manchas circulares con muerte del tejido, tanto en hojas, flores y frutos. Posteriormente, las plantas dejan de crecer, pierden su coloración natural y se deforman. La magnitud del daño puede variar entre pérdida de rendimiento hasta destrucción total del cultivo.

Pasan el invierno en forma de hembra adulta en una gran variedad de malezas. La oviposición que realiza en las hojas, flores o frutos tienen un periodo de incubación de huevos de 4 días a 26°C y el desarrollo de las primeras larvas de 6 días a 26°C, aunque ambos varían según la temperatura.

Las larvas empiezan a alimentarse en cuanto emergen siendo la temperatura mínima de desarrollo de 10°C y la máxima de 35°C, sobre esta las larvas mueren. Pasado el estado larvario, se dejan caer al suelo, donde siguen desarrollándose hasta llegar a adultos. La velocidad de desarrollo depende de la temperatura y humedad, siendo de 3 a 5 días a 26°C. Los adultos se alimentan de polen, hojas y flores, después continúan su desarrollo y alcanzan la madurez sexual y empiezan a volar. La proporción de machos es menor que la de las hembras. En invernadero, el tiempo total de ciclo es de 14 días a 26°C.

El monitoreo de esta plaga se realiza con trampas cromáticas azules, donde se pueden contar los individuos adultos atrapados y decidir el método de acción a seguir para su control. Un paso básico en la prevención es la eliminación de malezas y restos de cultivos anteriores, que sirven de reservorio a los estados de conservación de esta especie. Se debe tener mucho cuidado con los enemigos naturales del trips, como lo son unos ácaros del género *Amblyseius* y los Heterópteros del género *Orius*, evitando hacer aplicaciones de químicos excesivas o sin necesidad cuando están presentes en forma natural o han sido liberados de como producto comercial en el cultivo.

La aplicación de productos químicos no es simple para controlar eficientemente al trips, deben utilizarse insecticidas de contacto-ingestión que accedan directamente a los insectos, ya que por su tipo de alimentación (picador-succionador) la acción de los insecticidas sistémicos queda bastante limitada (Cuadro 5). La eficacia de las aplicaciones químicas se basa en la alternancia de materias activas para evitar la pro-

liferación de resistencias, en la adecuada aplicación del plaguicida y en la realización en los momentos adecuados.

- Gusanos cortadores

Hay muchas especies de gusanos cortadores que participan en los ataques que causan daño a las plantas de *Capsicum*, ellos son larvas de una gran familia de polillas, entre las que se encuentran principalmente *Agrotia bilitura*, *Agrotis ípsilon*, *Agrotis hispidula*, *Feltia malefida* y *Peridroma saucia* (Giaconi y Escaff, 1998).

El daño principal ocurre una vez que la plántula es trasplantada, donde las larvas se alimentan de los tallos tiernos cortando la plántula completamente o cortando parcialmente el tallo y la plántula muere. En plantas adultas el daño es en raíces, por destrucción o galerías que hacen las larvas, lo que facilita el ingreso de patógenos a la planta.

El adulto realiza las posturas de huevos en primavera, sobre hojas de los cultivos, malezas o en el suelo; el periodo de incubación depende de la temperatura, variando en condiciones normales de dos días a dos semanas. Pasa por seis a siete estados larvarios, la larva mide alrededor de 3 a 5 cm de longitud, se alimenta por la noche, el tiempo de desarrollo larvario se estima en 25 a 30 días. Puede tener una única generación en climas templados, aunque a veces pueden aparecer dos. Pupan en el suelo, variando su tiempo de 1 a 8 semanas según la temperatura. Las polillas tienen un periodo de vida de entre 12 a 25 días y pueden poner 500 a 1.000 huevos. Las posturas de huevos son nocturnas en hojas o en el suelo, oviponiendo entre 80 y 500 huevos por postura.

Para su control, de manera preventiva se recomienda eliminar malezas en el cultivo y alrededores, con el fin de evitar focos de infecciones y dificultar la oviposición. También, se debe manejar las fechas de trasplante para escapar a los periodos de mayor actividad de estos lepidópteros. En invernaderos es necesario poner mallas en las entradas, lucarnas y ventilaciones para evitar que entren adultos volando, además de poner trampas con feromonas para monitorear el número de adultos que andan volando.

Se debe favorecer la presencia de enemigos naturales que consumen huevos y larvas, u oviponen en las orugas, evitando aplicar productos químicos y usar productos biológicos como *Bacillus thuringiensis*.

El control químico se puede realizar con diferentes formulaciones y estrategias de aplicación, como iniciando las aplicaciones al suelo e incorporando el producto con

el último rastraje, luego del trasplante aplicar cebos preparados con salvados, azúcar, agua y el insecticida. Los ingredientes activos para el control de esta plaga se muestran en el Cuadro 5.

- Gusanos de follaje y fruto

Varias especies de polillas conforman las principales plagas presentes en *Capsicum* consumiendo hojas y frutos, muchas de ellas son comunes con otros cultivos de solanáceas como tomate y papa, como *Tuta absoluta*, pero también está presente *Heliothis zea* o Gusano del choclo. Estas plagas se ven más comúnmente en la Región de Arica y Parinacota en pimiento, pero también son observadas en otras regiones con menor grado de virulencia (Larain y otros, 2010).

Las orugas de estas especies se alimentan de los brotes, hojas y frutos de pimiento y ají causando un debilitamiento de la planta. Por otra parte, al ingresar al fruto y consumir parte de estos, inducen a podredumbres fungosas las cuales pueden contaminar otras frutas sanas. Los adultos oviponen en el envés de las hojas tiernas, generalmente de noche por el hábito nocturno de los adultos.

El control preventivo es muy similar al de los gusanos cortadores, también es fundamental colocar trampas con feromonas en campo e invernaderos para monitorear la presencia y cantidad de polillas adultas, así tomar la decisión de aplicar pesticida en forma racional. Las aplicaciones con bomba son muchas veces necesarias con los productos que se presentan en el Cuadro 5, para mantener las poblaciones de adultos bajas y evitar el daño de sus larvas a plantas y frutas de *Capsicum*.

- Minahojas

En este caso la principal especie es un Díptero de la familia Agromizidae llamada *Liriomyza huidobrensis*, cuyas larvas se alimentan realizando galerías en las hojas y tallos de los *Capsicum*. No es una plaga de mayor importancia en el país, pero está presente y causa algún daño económico si no es controlada apropiadamente.

El daño lo causan adultos y larvas, las cuales consumen el tejido por dentro de la lámina de la hoja haciendo galerías, mientras que los adultos clavan el oviscapto oviponiendo dentro del tejido foliar y alimentándose de la savia que exuda la perforación, siendo estas heridas causales de pudriciones.

Para su control existen enemigos naturales, por lo tanto, hay que observar si están presentes antes de aplicar un insecticida específico, de los que se presentan en el Cuadro 5.

- Pulgones

Son varias especies de pulgones o áfidos las que atacan el cultivo de *Capsicum*, entre las que se distinguen mayormente el Pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*), Pulgón del algodónero (*Aphis gossypii*) y Pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*). Estos áfidos son muy cosmopolitas y polífagos, teniendo muchas especies como hospederos. Están presentes en cultivos al aire libre y en invernadero, siendo en ambos ambientes bastante dañinos si no son controlados por la succión que producen al alimentarse de la savia de las plantas debilitándolas y además transmitiendo virus como vectores (Estay, 2003).

Estas especies son bastante fecundas, se multiplican por oviposición y en forma vivípara, produciendo muchas generaciones por temporada mientras las condiciones ambientales les son favorables.

Poseen muchos enemigos naturales, por lo tanto, hay que revisar las trampas cromáticas amarillas si hay presencia de pulgones y enemigos naturales, aplicar químicos sólo si hay poblaciones muy altas, pero es fundamental mantener el cultivo libre de malezas dentro y en los alrededores. El control químico se debe realizar usando una rotación de ingredientes activos (Cuadro 5) para evitar que sobrevivan individuos resistentes a alguno de estos. En invernadero, estos deben ser manejados de la misma manera en que se recomendó para Mosquita Blanca, con cierres y mallas antiáfidos.

**Cuadro 5. Principales plagas del cultivo de *Capsicum* y los ingredientes activos de productos para su control (Autorizados por el SAG, 2018).**

Ingrediente Activo	Gusanos Cortadores	Minahojas	Mosquita Blanca	Polillas	Pulgones	Trips
Abamectina						
Acetamiprid						
Alfacipermetrina						
Azadirachtina						
Azinphos Metil						
Carbaryl						
Chlorpyrifos						
Cipermetrina						
Ciromazina						
Diazinon						
Dimetoato						
Esfenvalerato						
Fenvalerato						
Gammacihalotina						
Imidacloprid						
Lambdacihalotrina						
Malathion						
Metamidofos						
Metomil						
Novaluron						
Oxamilo						
Permetrina						
Pirimicarb						
Profenofos						
Thiometoxan						

## **Malezas**

Las malezas tienen un fuerte efecto en el cultivo de pimiento y ají debido a competencia por luz, espacio, agua y nutrientes, pero además son reservorio de plagas y enfermedades, las cuales pueden pasar al cultivo y dañarlo seriamente. Estas hortalizas, después de ser trasplantadas, tienen un periodo largo de crecimiento antes de ser competitivas con las malezas, hasta los 50 días aproximadamente, pero el daño más fuerte puede ocurrir entre los 25 a 35 días después de trasplante (Smith y Le Strange, 2005).

Los métodos de control en este cultivo son variados, pero lo más recomendable es una estrategia de control integrado, utilizando aquellos más amistosos con el medio ambiente y de menor costo. Estrategias hay muchas, así como combinaciones de acciones para tener un cultivo limpio y sano. Sin embargo, un punto de partida es el manejo cultural del cultivo de pimiento, siendo la rotación de cultivos muy importante para mantener poblaciones de malezas baja. No se debe plantar pimiento o ají después de haber tenido en el mismo potrero estos cultivos, por dos razones fundamentales, la primera es sanitaria por plagas y enfermedades, y la segunda por el manejo de malezas, porque las especies que sobrevivan continuarán presentes y colonizando con mayor espacio para desarrollarse al no tener mayor competencia con otras especies que fueron eliminadas. Esto es seguido de un control mecánico a través de una preparación de suelos oportuna y anticipada, de manera de eliminar malezas emergentes y desechos de otras plantas. Aquí se puede aplicar un herbicida de pre siembra (Cuadro 6) e incorporarlo con el último rastraje antes de armar las mesas. Sin embargo, también es posible aplicar un herbicida de amplio espectro (Cuadro 6) antes de iniciar el movimiento del suelo para eliminar todas las malezas que crecieron durante el tiempo de barbecho.

El almácigo, preferentemente en cepellón porque viene limpio sin semilla de malezas, se puede aplicar un herbicida de pre-emergencia antes de trasplantar y dar un riego para que se incorpore. Ideal es utilizar riego presurizado para evitar la distribución de semilla de malezas por el agua de los canales. En caso de riego gravimétrico, cultivar entre hileras cada vez que las malezas estén emergidas. También el uso de herbicidas de pos emergencia para este caso es recomendable.

**Cuadro 6. Ingredientes activos y nombres comerciales de herbicidas autorizados por el SAG, 2019.**

Ingrediente activo	Nombre comercial	Modo de acción	Época de aplicación	Acción sobre especies
Cletodima	Centurion 240 EC, Centurion Super, Fortaleza 24% EC	Sistémico selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Dicloruro de Paraquat	Gramoxone Super, Paraquat 276 SL Agrospec, Igual, Escolta 276 SL	Contacto no selectivo	Pos emergencia	Gramíneas y hoja ancha, anuales y perennes
Dicloruro de paraquat / Dibromuro de diquat	Farmon	Contacto no selectivo	Pos emergencia	Amplio espectro
Glifosato-Monoamonio	Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG	Sistémico no selectivo	Pos emergencia	Amplio espectro
Oxadiargilo	Raft 400 SC	Suelo activo	Pre emergencia	Anuales hojas anchas
Oxifluorfenó	Galigan 240 EC, Enmark	Contacto residual	Pre y Pos emergencia	Gramíneas y hoja ancha anuales
Pendimetalina	Spectro 33 EC, Herbadox 45 CS, Pendimetalin 33% EC, Oriol 400 EC, Mazik	Sistémico residual selectivo	Pre siembra y pre emergencia	Gramíneas y hoja ancha anuales y perennes de semilla
Propaquizafop	Agil 100 EC	Sistémico selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Quizalofop-etilo	Flecha 9.6 EC	Sistémico selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Quizalofop-p-etilo	Assure Pro	Sistémico selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
Quizalofop-p-tefurilo	Sector - T	Sistémico selectivo	Pos emergencia	Gramíneas anuales y perennes
S-Metolacoloro	Dual Gold 960 EC	Selectivo	Pre siembra y pre emergencia	Gramíneas y alguna hoja ancha anuales
Trifluralina	Treflan	Residual suelo activo	Pre siembra	Gramíneas y hoja ancha anuales y perennes de semilla

Pero, el uso de mulch o coberturas es más recomendable, mejora la temperatura

del suelo y favorece el desarrollo de raíces, evita el crecimiento de malezas y mejora la eficiencia de uso de agua y fertilizantes. Se puede utilizar malla antimalezas o plásticos de colores. La ventaja de la malla antimalezas es la utilización por varios años, tiene mejor ventilación y no se acumula exceso de humedad, tampoco genera exceso de temperatura desde el suelo hacia la planta. Todos los sistemas que usen coberturas necesitan fertirrigación para mejorar la eficiencia de producción. Además de las ventajas mencionadas anteriormente, se obtienen cosechas de frutos más limpios, se facilita la cosecha en campo al tener sobre hileras despejadas y es más fácil realizar aplicaciones para controlar plagas y enfermedades o aplicar otros compuestos de mejora de calidad de planta y fruta.

### **Índice de cosecha**

En esta especie el índice de cosecha varía bastante dependiendo de la finalidad de la producción. Se pueden cosechar completamente verdes, semi maduros con tonalidades verdes y color, o completamente maduros con color completamente formado. La agroindustria decide qué tipo de cosecha necesita para procesar, aunque generalmente se cosecha el primer fruto verde en pimiento para estimular la generación de nuevas flores y mejorar la maduración de los siguientes frutos.

En el caso de ají, el momento de cosecha va a depender mucho del tipo de ají que se cultiva y de la manera que se consume, por ejemplo, los de tipo Anaheim, Yellow Wax y Jalapeños, se consumen mayoritariamente inmaduros, mientras que la mayoría de los otros tipos se consumen completamente maduros y secos.

## **PRODUCTIVIDAD**

### **Rendimiento**

El cultivo de pimiento ha tenido un gran incremento de rendimiento en el tiempo, tanto al aire libre como en invernadero, a causa de la mejora genética de las variedades híbridas y de un manejo agronómico más eficiente. En los años 70 a 80 se hablaba de rendimientos del orden de 15 a 20 t/ha en el país, mientras que en la actualidad el promedio nacional está en 36,9 t/ha, variando entre las diferentes regiones productoras, como se observa en el Cuadro 7. El rendimiento mayor lo presenta la Región de Arica y Parinacota con 46,5 t/ha, pero corresponde a superficies pequeñas con un muy buen manejo, cuya producción es casi 100% para consumo fresco. La Región Metropolitana muestra el promedio menor con 29,3 t/ha, donde la superficie es mayor y su destino es tanto para consumo fresco como para agroindustria.

**Cuadro 7. Rendimiento promedio nacional de pimienta y por regiones productoras. Temporada 2008/2009. Fuente ODEPA 2010.**

Región	Rendimiento promedio (kg/ha)
Arica y Parinacota	36.960
Atacama	46.500
Coquimbo	32.450
Valparaíso	35.020
O'Higgins	42.400
Maule	45.900
Biobío	32.980
Metropolitana	29.320
Promedio Nacional	<b>36.960</b>

Hay agricultores que logran rendimientos de 50 y 60 t/ha, a nivel del promedio de España (48,6 t/ha promedio nacional) donde los agricultores alcanzan rendimientos entre 28 y 65 t/ha.

En un ensayo de evaluación de variedades comerciales en el CRI La Platina (RM) se analizaron 19 variedades de pimienta roja y 5 amarillo. Los rendimientos fluctuaron entre 15 y 34 t/ha para variedades de pimienta roja (Cuadro 8) y 22 a 33 t/ha para amarillo como promedio de dos temporadas de evaluación (Cuadro 9). Estos resultados estuvieron dentro del promedio que se obtiene en la Región Metropolitana y se pudo observar que los híbridos Aristotele y Aurelio destacan con el mejor rendimiento, mientras que la variedad Tirano tuvo un rendimiento similar a California Wonder, variedad de polinización abierta antigua que fue usada como testigo. Dentro de las variedades se incluyeron dos con resistencia a *Phytophthora*, Resistant y Phytosun R, ambas tuvieron un comportamiento dentro del promedio del ensayo, aunque durante este no hubo ataque de este hongo en el cultivo.

**Cuadro 8. Rendimiento promedio de dos temporadas (2008/2009 y 2009/2010) de 19 variedades comerciales de pimiento rojo. CRI La Platina, Región Metropolitana.**

Variedad	kg/ha
Aristotele F1	34.350
Aurelio F1	33.733
Paloma F1	33.051
Olímpico F1	30.721
Impacto F1	28.594
Tambora F1	28.480
CLX-225 F1	27.833
Cherokee F1	26.707
Calahorra	25.934
Resistant	25.504
Phytosun R	24.881
Volga F1	24.580
Capistrano F1	23.858
Barón F1	21.507
Platero F1	21.329
Indra F1	19.496
Stanley F1	19.350
Tirano F1	15.871
California Wonder	15.253

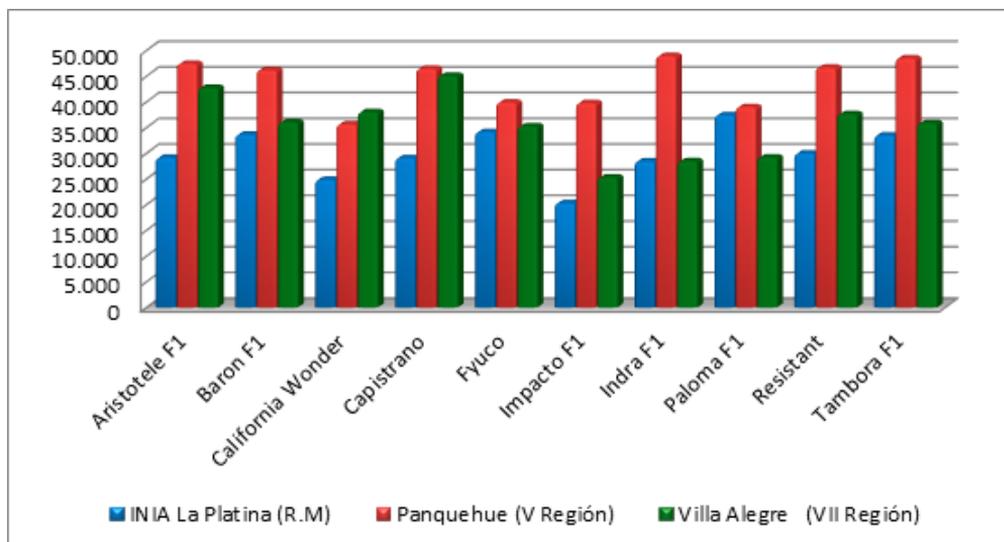
En cuanto a variedades de color amarillo (Cuadro 9), destacó Snowdon con 33 t/ha, aunque el resto de las accesiones evaluadas estuvieron muy parejas en su rendimiento. Este tipo de variedades de color tienen buen rendimiento en general, muy parecido a los mejores de las variedades rojas.

**Cuadro 9. Rendimiento promedio de dos temporadas (2008/2009 y 2009/2010) de 19 variedades comerciales de pimiento amarillo. CRI La Platina, Región Metropolitana.**

Variedades	Kg/ha
Snowdon F1	33.044
Whitney F1	25.930
BSS-518 F1	23.391
Finita F1	22.741
Favolor F1	21.912

En otro ensayo durante la temporada 2009/2010, se evaluaron 10 variedades de pimiento en tres diferentes regiones agroecológicas: La Platina (RM), Panquehue (Región de Valparaíso) y Villa Alegre (Región del Maule). Como se observa en la Figura 21, el mejor rendimiento se produjo en Panquehue con casi todas las variedades, excepto California Wonder, la mayoría de las variedades tuvieron rendimientos sobre 45 t/ha. En Villa Alegre, el rendimiento promedio estuvo aproximadamente en 35 t/ha, mientras que en La Platina cayó a 30 t/ha.

El comportamiento de Aristotele y Capistrano fue bastante homogéneo en las regiones de Valparaíso y del Maule, pero se observa mayor rendimiento de Indra en la Región de Valparaíso. En la Región Metropolitana destaca Paloma y el testigo Fyuco, variedad antigua de polinización abierta argentina con resistencia a *Phytophthora*. La otra variedad resistente, Resistant, también tuvo un comportamiento de rendimiento bastante homogéneo. La variedad Fyuco, sin presentar los mejores resultados en ninguna de las regiones, fue la de rendimiento más uniforme, entre 35 y 40 t/ha en los tres ensayos, por lo que se puede deducir que su comportamiento es bastante estable bajo diferentes condiciones, sin embargo, los híbridos mostraron adaptación más específica a cada región, reflejada en rendimiento. Por lo tanto, los agricultores pueden tener un abanico de variedades con muy buen comportamiento específico para sus condiciones agroclimáticas de donde elegir y tomar decisiones de qué sembrar. Estos rendimientos van muy ligados a un paquete tecnológico para poder llegar a expresar el potencial total de las variedades, donde juegan papeles importantes la población, fertilización y riego.



**Figura 21. Promedio de rendimiento (kg/ha) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región), temporadas 2008/09 - 2009/10.**

El rendimiento de ají es bastante menor comparado con pimiento dentro de *Capsicum*, aunque en California (EEUU) obtienen 40 a 45 t/ha de tipo Jalapeño. En Chile, es común un rendimiento entre 12 y 15 t/ha, pero hay un potencial mayor de producción, como se puede apreciar en el Cuadro 10, donde se muestra un ensayo de variedades realizado en el CRI La Platina (RM) en la temporada 2008/2009. La variedad de mayor consumo en fresco en el país es tipo Cristal y se observa que su rendimiento alcanzó a 33 t/ha, expresando un gran potencial de producción. En rendimiento de ají es muy difícil comparar entre tipos, puesto que cada tipo y variedad tiene un potencial diferente, más aún si las condiciones agroclimáticas son variadas, sin embargo, estos resultados permiten tener una visión del potencial de los tipos evaluados y variedades.

En general, las plantas de ají son más fructíferas que los pimientos, pero con menor peso individual por fruto, ya que los tipos que se producen en el país son en su mayoría de tipo cónico medianamente delgado y de pulpa no muy gruesa, como es el caso de los Anaheim o “Cacho de Cabra” que se usan en la preparación de merken o para polvo de ají seco.

**Cuadro 10. Promedio de rendimiento (kg/ha) de cinco variedades de ají, durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010, CRI La Platina, RM.**

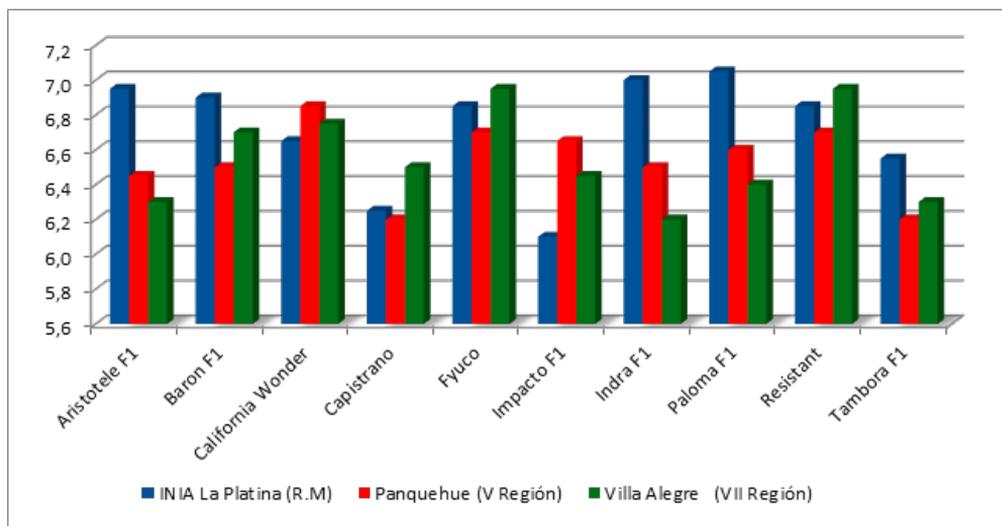
Variedad	Tipo	Rendimiento (kg/ha)
G-76	Anaheim	28.475
Mitla	Jalapeño	31.077
Grande	Jalapeño	27.142
Inferno	Yellow Wax	22.486
Cristal	Yellow Wax	33.270

### **Rendimiento Industrial**

El rendimiento industrial, en la mayoría de las especies para proceso, está basado en el contenido de materia seca y sólidos solubles, sin embargo, en el caso de pimiento es importante también el grosor del pericarpio, especialmente si el destino es conserva.

El fruto de *Capsicum* es voluminoso, hueco en el centro y el contenido de sólidos se concentra en el pericarpio, por lo tanto, el rendimiento por volumen procesado es bastante bajo.

Una evaluación realizada del contenido de sólidos solubles de frutos maduros en tres regiones, para 10 variedades de pimiento rojo, mostró en general valores más altos en la Región Metropolitana, seguido de la Región del Maule y por último la Región de Valparaíso (Figura 22). Este resultado indicaría que el alto rendimiento en peso obtenido en Panquehue no se refleja en contenido de azúcares, por lo tanto, hay un incremento del contenido de agua en los frutos. Se observa claramente, en este ensayo, que hay una respuesta diferencial en contenido de sólidos solubles de cada variedad a los diferentes medios ambientes a las que fueron sometidas, por lo tanto, dependiendo de la finalidad del cultivo se puede decidir qué variedad usar para esas condiciones y tipo de consumo



**Figura 22. Promedio del contenido de sólidos solubles (°brix) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región) , durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.**

Por otra parte, el contenido de materia seca (MS), en el mismo ensayo mostró diferencias claras entre regiones, como se puede observar en el Cuadro 11. La Región del Maule presentó el contenido promedio de materia seca más alto con 7,7%, seguido de Panquehue en la Región de Valparaíso con 7,2%, mientras que en la Región Metropolitana solo alcanzó a 5,6%. La variedad Resistant en Villa Alegre presentó el mayor contenido de MS con 8,7% en promedio de dos temporadas, sin embargo, en las otras regiones no mantuvo un nivel superior comparada con otras variedades. Por el contrario, la variedad de menor rendimiento en MS fue Impacto en la RM con 4,4%, la cual en las otras regiones tampoco presentó un gran rendimiento para esta variable.

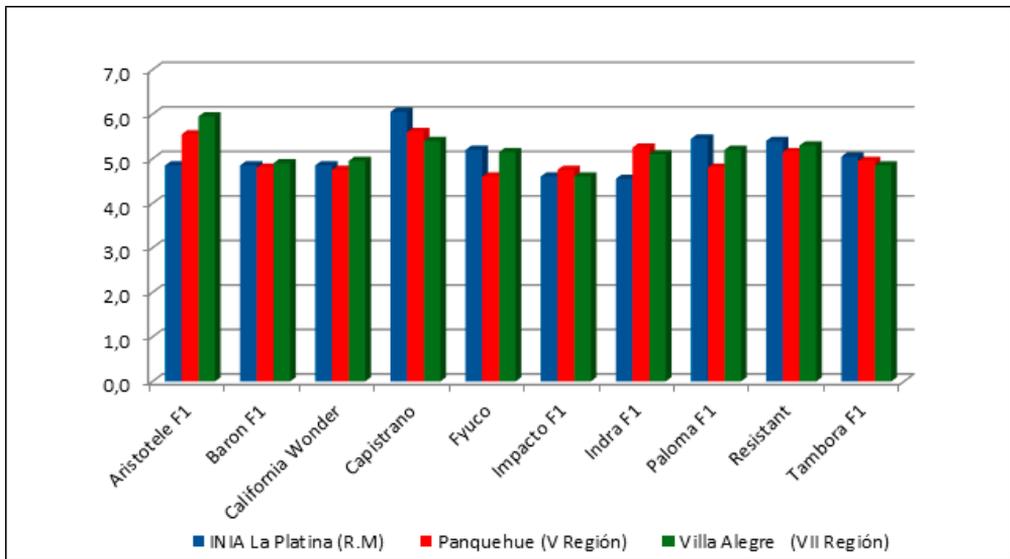
Al observar los resultados del promedio de contenido de MS, se puede inferir que hay una al medio ambiente diferenciado de cada variedad por cada región evaluada, por lo tanto, es posible hacer recomendaciones varietales para la agroindustria de acuerdo con cada zona agroecológica, con el fin de optimizar el rendimiento industrial a través del contenido de MS de los frutos cosechados.

**Cuadro 11. Promedio del contenido de materia seca (%) de 10 variedades de pimiento rojo en tres zonas agroecológicas, durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.**

Variedades	La Platina (RM)	Panquehue (Región de Valparaíso)	Villa Alegre (Región del Maule)
Aristotele F1	5,3	7,0	6,5
Baron F1	5,1	7,5	7,9
California Wonder	6,1	7,7	8,2
Capistrano	4,8	6,9	7,2
Fyuco	5,8	7,5	8,2
Impacto F1	4,4	6,8	7,5
Indra F1	6,6	7,0	7,5
Paloma F1	6,1	7,1	7,9
Resistant	5,8	7,1	8,7
Tambora F1	6,5	7,2	7,9
<b>Promedio</b>	<b>5,6</b>	<b>7,2</b>	<b>7,7</b>

Al evaluar el grosor de pericarpio de estas mismas 10 variedades bajo estos medios ambientes a las que fueron sometidas por dos temporadas, se pudo observar resultados bastante uniformes, en general, para la mayoría de las variedades en cada región, como se presenta en la Figura 23, con un promedio entre 4 y 5 mm de grosor. Sin embargo, destaca la variedad Aristotele en Villa Alegre y Capistrano en la RM con grosor promedio cercano a 6 mm. El mismo comportamiento superior lo mostraron en Panquehue (Región de Valparaíso), respecto a las otras variedades. Este resultado indica que estas variedades son muy interesantes para su uso en conservas.

No se encontró diferencias mayores entre regiones para este carácter, por lo tanto, se puede deducir que no hubo influencia mayor del medio ambiente en el comportamiento del grosor de pericarpio.



**Figura 23. Promedio de grosor de pericarpio (mm) de 10 variedades de pimiento rojo en 3 zonas agroecológicas (Región Metropolitana, R.M., Región de Valparaíso, V Región y Región del Maule, VII Región), durante las temporadas 2008/2009 y 2009/2010.**

## VARIETADES

### Adaptación

En la actualidad, existe una amplia gama de variedades, tanto de pimiento como de ají, de diferentes tipos y uso (consumo fresco y agroindustria), los cuales cubren las necesidades de gran parte del país. Sin embargo, es necesario tener programas de mejoramiento nacionales para mejorar la adaptación local, rescatar ecotipos de uso común en las áreas rurales y no depender en 100% de la genética importada, la cual en poco tiempo va a ser más costosa, lo que incrementará los costos directos de producción.

Las variedades antiguas y ecotipos locales llevan años adaptándose a los diferentes ambientes por presión de selección natural o de los mismos agricultores que eligen las plantas más productivas y de mejor comportamiento para extraer las semillas, conservando así este patrimonio genético. Sin embargo, con la introducción de nuevos híbridos comerciales, algunos de los cuales que no alcanzan a ser competitivos

con las variedades de polinización abierta, se ha erosionado mucho el patrimonio genético nacional de esta especie. No existen cifras, ni menos cuantificaciones hoy día, pero el desplazamiento de variedades antiguas por híbridos modernos de pimiento es un hecho. Por ejemplo, la variedad de ají Cristal, conocida como “ají verde” tradicionalmente, que corresponde a un ají tipo húngaro Yellow wax, está siendo desplazada en el comercio de semillas por variedades importadas del mismo tipo, pero con otras características de tamaño, sabor y pungencia.

Muchas de las variedades híbridas de *Capsicum* que son introducidas al país son comercializadas por sus características específicas para uso o resistencia a enfermedades, sin embargo, no hay variedades con resistencia a *Phytophthora capsici*, que es la principal enfermedad en el país, y las variedades que han tenido no han sido efectivas en Chile, tal vez por las diferencias de razas. Además, estos híbridos vienen con resistencia a enfermedades y plagas que no existen en el país.

La adaptación de variedades antiguas de polinización abierta ha sido bastante exitosa en Chile, probablemente fueron introducidas el siglo pasado y se adaptaron tan bien, que actualmente se producen algunas en zonas muy específicas con un nombre local y por lo general para usos culinarios específicos, como es el caso del ají tipo “Cacho de Cabra” para hacer merken en el sur de Chile.

### **Descripción por uso**

Cada variedad tiene aptitudes de uso diferentes, siempre influenciadas por el medio ambiente. Por lo tanto, el comportamiento de una variedad en un agroclima puede variar cuando es cultivada en otro, como por ejemplo sucede con el ají, que sometidos a temperaturas mayores a 30°C se induce la pungencia siendo más picantes.

En el caso de *Capsicum*, en general, como se mencionó anteriormente las características industriales de mayor relevancia son el grosor de pericarpio y los contenidos de materia seca y sólidos solubles. En una evaluación de variedades realizada por INIA La Platina en dos temporadas, se pudo clasificar la aptitud por uso de 24 variedades híbridas y de polinización abierta de pimiento, de acuerdo a los resultados obtenidos para estos caracteres de interés.

En el Cuadro 12 se puede observar a variedades como Tambora, la cual presentó valores altos para todos los caracteres evaluados y además un buen rendimiento, por lo tanto, puede ser utilizada en cualquier tipo de procesamiento.

**Cuadro 12. Promedio de 2 temporadas de variedades de pimiento evaluadas por rendimiento y aptitud agroindustrial. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporadas 2008/2009 y 2009/2010.**

Variedades	Rendimiento (kg/ha)	Grosor pericarpio (mm)	Sólidos Solubles (°Brix)	Materia seca (%)	Contenido de jugo (L/ha)
Aristotele F1	34.350	5,7	6,9	7,7	17.783
Aurelio F1	33.733	4,9	6,9	10,0	19.534
Barón F1	21.507	5,2	6,7	8,0	10.780
BSS-518 F1	23.391	5,2	7,0	9,6	14.915
Calahorra	25.934	6,0	6,8	10,7	14.215
California Wonder	15.253	4,6	7,3	8,6	7.336
Capistrano F1	23.858	5,2	6,4	7,5	14.039
Cherokee F1	26.707	5,3	6,9	9,2	15.573
CLX-225 F1	27.833	5,0	6,0	8,4	14.961
Favolor F1	21.912	5,2	6,7	8,9	14.293
Finita F1	22.741	4,8	6,5	11,2	9.766
Impacto F1	28.594	4,7	6,7	7,8	13.004
Indra F1	19.496	5,6	7,3	6,3	12.822
Olímpico F1	30.721	5,2	5,7	7,3	15.769
Paloma F1	33.051	5,3	7,0	7,0	18.659
Phytosun R	24.881	4,8	6,7	7,9	13.637
Platero F1	21.329	5,2	6,7	8,9	10.513
Resistant	25.504	5,2	7,3	8,2	11.612
Snowdon F1	33.044	5,3	5,2	7,9	16.014
Stanley F1	19.350	4,9	7,2	10,4	12.071
Tambora F1	28.480	5,3	7,4	10,7	13.981
Tirano F1	15.871	4,8	7,7	7,4	10.705
Volga F1	24.580	5,2	6,6	7,4	10.907
Whitney F1	25.930	5,4	5,6	7,8	12.595
Promedio	25.335	5,2	6,7	8,5	13.562

Otras variedades interesantes fueron Calahorra y Finita por el alto contenido de materia seca, lo que las hace muy recomendables para uso en deshidrataos y conservas.

En cuanto a grosor de pericarpio, Calahorra fue la de mayor grosor con 6 mm seguida por Aristotele e Indra, siendo estas variedades aptas para conserva, además se debe

considerar el buen rendimiento de campo de Aristotele, que fue el más alto del ensayo.

## VALOR NUTRITIVO

El pimiento es una fuente de vitaminas y minerales importante en la dieta, como lo son todas las hortalizas y sus aportes nutricionales. Existen diferencias de contenidos entre pimientos rojos y verdes, ya que estos últimos son estados inmaduros de fruto, por lo tanto, no han completado de metabolizar todos los compuestos definitivos.

En el Cuadro 13 se muestran valores globales de referencia para los dos colores de pimiento y ají, donde se observa la diferencia en energía entre ellos debido al incremento de azúcares y otros hidratos de carbono que ocurren con la maduración del fruto, así como la disminución del contenido de agua en la medida que el fruto madura, en el caso de pimiento; pero en ají hay un mayor contenido de energía, hidratos de carbono y menos agua, por ser un fruto más pequeño, con pericarpio mucho más delgado que pimiento.

**Cuadro 13. Valor nutritivo general de 100 g de peso fresco de pimiento verde, rojo y ají maduro (Dietas.net, 2018).**

	Unidad	Pimiento verde	Pimiento rojo	Ají
Energía	Kcal	19,7	32,9	47,2
Proteínas	g	0,6	1,3	1,9
Hidratos de Carbono	g	1,6	4,2	6,7
Fibra	g	1,8	1,5	1,5
Grasa Total	g	0,8	0,9	1,1
Agua	g	95,2	92,2	88,8

En cuanto al contenido de minerales (Cuadro 14) llama la atención el cde calcio, magnesio, potasio y fósforo, aunque las cantidades que tiene el fruto son sólo aportes a las necesidades diarias, ya que no alcanzan a cubrirlas totalmente. Sin embargo, el ají duplica a pimiento en contenido de magnesio, sodio, potasio y fósforo. El potasio ayuda en la actividad muscular y regula el balance de agua dentro y fuera de la célula, el magnesio mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante, el fósforo al igual que calcio juegan un papel importante en la formación de huesos y dientes. Por su aporte en potasio posee una acción diurética que favorece la eliminación del exceso de líquidos del organismo e incrementa la actividad eléctrica mejorando el funcionamiento del corazón.

**Cuadro 14. Contenido de minerales en 100 g de peso fresco de pimiento verde, rojo y ají maduro (Dietas.net, 2018).**

Mineral	Unidad	Pimiento verde	Pimiento rojo	Ají
Calcio (Ca)	mg	11,3	11,9	14,0
Fierro (Fe)	mg	0,5	0,4	1,0
Yodo (I)	mg	0,2	0,8	0,0
Magnesio (Mg)	mg	10,5	12,8	23,0
Zinc (Zn)	mg	0,1	0,1	0,3
Selenio (Se)	µg	1,0	0,1	0,5
Sodio (Na)	mg	4,0	4,0	9,0
Potasio (K)	mg	120,0	160,0	322,0
Fósforo (P)	mg	25,0	26,0	40,0

El contenido de vitaminas es importante en pimiento, especialmente de vitamina C en forma de ácido ascórbico que con 40 o 50 g de consumo de pimiento rojo fresco cubre las necesidades diarias. También el pimiento rojo tiene un gran aporte de carotenoides que son gran aporte de vitamina A en la dieta humana. En general, se observa un incremento de vitaminas cuando va madurando el fruto y toma el color rojo característico, disminuyendo solo el ácido fólico, pero en muy poca cantidad. En el Cuadro 15 se muestran los contenidos de vitaminas en 100 g de fruta fresca para pimiento rojo, verde y ají.

**Cuadro 15. Contenido de vitaminas de 100 g en peso fresco de pimiento verde y rojo (Dietas.net, 2018).**

Vitamina	Unidad	Pimiento verde	Pimiento rojo	Ají
B1 Tiamina	mg	0,01	0,04	0,07
B2 Riboflavina	mg	0,02	0,03	0,09
Eq. Niacina	mg	0,23	1,10	1,68
B6 Piridoxina	mg	0,27	0,28	0,51
Ácido Fólico	µg	25,05	23,72	23,00
C Ácido Ascórbico	mg	107,19	138,70	143,70
Carotenoides (eq. a β-carotenos)	µg	193,3	2.814,00	552,00
A (eq. a Retinol)	µg	32,8	539,30	95,33

El contenido de vitaminas C y E, junto con los carotenoides y selenio, convierten al pimiento en una importante fuente de antioxidantes, sustancias que cuidan al organismo del estrés oxidativo de las células, evitando una serie de enfermedades, además interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, favorece la absorción de hierro de los alimentos y aumenta la resistencia frente a las infecciones. Por otra parte, la vitamina C cuida de las células de la piel, mientras que la vitamina A funciona como un hidratante y capa protectora, también ayuda a demorar el proceso de envejecimiento celular y es esencial para la visión, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

Los folatos, que se encuentran en buena cantidad en esta hortaliza, actúan en la producción de glóbulos rojos y blancos, y en la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

El consumo de pimiento es recomendado para ayudar a la regulación de la hipertensión arterial, que además por sus propiedades diuréticas y depurativas es ideal para bajar de peso, mejora el funcionamiento de los intestinos y es un excelente regulador de la presión.

### **Valor nutracéutico**

La maduración del fruto de pimiento implica un paulatino cambio de verde a rojo, lo que en palabras simples explica como gradualmente los frutos experimentan la acumulación de pigmentos carotenoides y la degradación de clorofilas, producto de la desintegración del aparato fotosintético. En esta etapa de maduración, ocurre una serie de cambios fisicoquímicos como la transformación de almidón en glucosa, degradación de pectina y biosíntesis de pigmentos, encabezada por la transformación de cloroplastos a cromoplastos. Entre los cambios que se producen durante esta diferenciación cromoplastidial, uno de los más destacados es la remodelación del sistema de endomembranas asociada con la formación de estructuras en la que se acumulan los carotenoides (Pino y otros, 2018).

Por otra parte, el fruto en su etapa roja madura aumenta significativamente el contenido de carotenoides. Los metabolitos secundarios sintetizados durante la maduración del fruto del pimiento no solo actúan en mecanismos de defensa que protegen a la planta de varios estreses bióticos y abióticos, sino que también son beneficiosos para la salud humana. Particularmente cuando el fruto alcanza un rojo total, se han cuantificado mayor concentración de vitamina C (como ácido ascórbico), provitamina A y mayor contenido de carotenoides, betacarotenos y capsantina (Marín y otros, 2004), asociados a efectos beneficiosos en la salud (Gouni-Berthold y Berthold, 2002; Wahyuni y otros, 2013).

El pimiento y el ají constituyen una importante materia prima para la producción de jugo, y extractos tanto líquidos como en polvos. Los extractos funcionales naturales, capsantina y capsaicina (sólo presente en ají) son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, industria farmacéutica, química y cosméticos, con alta demanda en países desarrollados como los Estados Unidos, Japón, Corea y Europa. En la industria de alimentos los extractos de pimientos son usados como colorantes y saborizantes naturales (Pino y otros, 2018).

La capsaicina, es el compuesto que le confiere la pungencia al ají, es muy variable su contenido dependiendo de la variedad y tipo de ají. Se mide en Unidades Scoville, este consiste en una solución con extracto del ají, que es diluida en agua azucarada hasta que el picante ya no puede ser detectado por un comité de examinadores, habitualmente cinco; el grado de disolución del extracto da su medida en la escala. Así, un pimiento, que no contiene capsaicina, tiene cero en la escala de Scoville. Sin embargo, entre los ají más pungentes, como el ají habanero, se observa un grado de 300.000 o más. Esto indica que el extracto fue diluido 300.000 veces antes de que la capsaicina fuese indetectable. La gran debilidad de este método recae en su imprecisión, pues la prueba está sujeta a la subjetividad humana. En el Cuadro 16 se muestran algunas comparaciones de pungencia entre diferentes tipos de ají.

**Cuadro 16. Escala de pungencia de diferentes tipos de ají en Unidades Scoville.**

Unidades Scoville	Tipo de Ají
15.000.000 – 16.000.000	Capsaicina pura
2.000.000 – 5.300.000	Gas Pimienta – U.S. Grade
800.000 – 1.400.000	Trinidad Escorpio
350.000 – 577.000	Red Sabina
100.000 – 350.000	Scotch Bonnet, Habanero
100.000 – 200.000	Rocoto o Locoto
30.000 – 50.000	Cayenne, Tabasco, Chipotle
10.000 – 23.000	Serrano
5.000 – 8.000	Húngaro de Cera
2.500 – 5.000	Jalapeño, Padrón, Salsa Tabasco
1.000 – 1.500	Poblano
500 – 1.000	Anaheim, Verde, Verde escabeche
100 - 500	Pepperoncini, pimiento Banana
0	Pimiento Rojo

Por otra parte, la capsantina es un carotenoide exclusivo del género *Capsicum* y un metabolito de alto valor por su actividad antioxidante. Se encuentra en pimientos, ha sido asociado a actividad antimicrobiana, ayudaría a reducir el riesgo de crecimiento de células cancerosas en cáncer gástrico, cáncer de esófago y cáncer de próstata; por ejemplo, la capsantina y carotenoides relacionados, extraído de frutos de pimiento paprika, mostraron una potente actividad antitumoral *in vitro*, inhibiendo la activación del antígeno temprano del virus de Epstein-Barr (EBV-EA) inducida por el promotor tumoral 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA). Entre ellos, el diéster de capsantina y el diéster de capsorubina mostraron fuertes efectos inhibidores de tumores. Además, capsantina, capsantina-3'-éster y capsantina 3,3'-diéster, todos principales carotenoides en pimiento exhibieron una potente actividad antitumoral en pruebas in vivo en ratas durante dos etapas de carcinogénesis, sugiriendo que los carotenoides extraídos desde frutos de pimiento rojo tendrían una actividad quimio-preventiva del cáncer (Maoka y otros, 2001).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, F. y Pino, M. T. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. En: Pino, M. T. (ed). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín INIA N°360, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 41-57.

Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann Rev Phytopatol*, 17: 97-122.

Chartzoulakis, K. y Drosos, N. 1998. Water requirement on greenhouse grown pepper under drip irrigation. *Proc. Int. Symp. on the importance of varieties and clones in the production of quality wine*. 3: 175-180.

Condés, L.F. 2017. Pimiento. En: Maroto, J.V. y Baixauli, C. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13, Cajamar Rural. 471-507.

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

Dimitrov, Z. y Ovtcharova, A. 1995. The productivity of peppers and tomatoes in case of insufficient water supply. *Proc. ICID special technical session on the role of advanced technologies in irrigation and drainage system in making effective use of scarce water resources*. 1: 9.1-9.7.

Estay, P. 2003. Control de pulgones en hortalizas. *Tierra Adentro*. 52: 36-37.

Estay, P. y Vitta, N. 2018. Insectos y ácaros asociados al pimiento en Chile. *In: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*. Boletín N°360, 77-90. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Giacconi, V. y Escaff, M. 1998. Cultivo de hortalizas. (15 ed.) Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 336p.

Gouni-Berthold, I. y Berthold, H. K., 2002. Policosanol: clinical pharmacology and therapeutic significance of a new lipid-lowering agent. *Am Heart J*. 143(2): 356-365. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.119997>.

Hegde, D. M. 1997. Nutrient Requirements of Solanaceous Vegetable Crops. Food and Fertilizers Technology Center for the Asian and Pacific Region. <http://www.ffc.agnet.org/library.php?func=view&id=20110801133428>

Johnson, C. D. y Decoteau, D. R. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. *HortScience*. 31(7): 1119-1123.

Keng, J. C. W., Scott, T. W., y Lugo Lopez, M. A. 1979. Fertilizer management with drip irrigation in an Oxisol. *Agron J.* 71(6): 971-980. <https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100060020x>.

Kirnak, H., Kaya, C., Higgs, D., y Tas, I. 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. *J Plant Nutr.* 26(2): 263-277. <https://doi.org/10.1081/PLN-120017135>.

Larraín, P., Sepúlveda, P., González, V., Rojas, C., y Villavicencio, A. 2010. Manejo de plagas y enfermedades en pimiento, incorporando criterios de producción limpia. Informativo N°33, INIA-Ururi, Arica, Chile. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR38613.pdf>

Leon, M., Denver, R., y Leon, M. 1991. Water requirement of sweet pepper (*Capsicum annuum*) cultivar Medalla de Oro grown during a nonoptimal period. *Agrotecnia de Cuba*. 23: 33-41.

Maoka, T., Mochida, K., Kozuka, M., Ito, Y., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., Enjo, F., Ogata, M., Nobucuni, Y., Tokuda, H., y Nishino, H. 2001. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Lett.* 172(2): 103-109. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(01\)00635-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(01)00635-8).

Marin, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F. A., y Gil, M. I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Agric and Food Chem.* 52(12): 3891-3869. <https://doi.org/10.1021/jf0497915>.

Morita, S. y Toyota, M. 1998. Root system morphology of pepper and melon at harvest stage grown with drip irrigation under desert conditions in Baja California, Mexico. *Japanese J. Crop. Sci.* 67(3): 353-357. <https://doi.org/10.1626/jcs.67.353>.

Nuez, F., Gil, R., y Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa, Madrid. 607p.

ODEPA, 2010. Información hortícola, publicación especial 2008-2009. 127 pp. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/documentos-e-informes/informacion-horticola-publicacion-especial-2008-2009>.

ODEPA 2018. Superficie cultivada con hortalizas. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>.

Pino, M. T., Pabón, C., y Zamora, O. 2018. Metabolitos secundarios del pimiento y su valorización en la industria de alimentos saludables e ingredientes. *In*: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín N°360.: 97-107. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Pressman, E., Moshkovitch, H., Rosenfeld, K., Shaked, R., Gamliel, B. y Aloni, B. 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations, with viable pollen, on fruit setting. *J Hortic Sci Biotech*, 73(1): 131-136. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510955>.

Pressman, E., Shaked, R. y Firon, N. 2006. Exposing pepper plants to high day temperatures prevents the adverse low night temperature symptoms. *Physiol Plant*, 126(4): 618-626. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00623.x>.

Sepúlveda, P., Larraín, P., Quiroz, C., Rebufel, P., y Graña, F. 2005. Identificación e incidencia de virus en pimiento en la zona centro norte de Chile y su asociación con vectores. *Agri Tec (Chile)*. 65: 235-245.

Servicio Agrícola y Ganadero SAG. 2018. Lista de plaguicidas autorizados por el SAG. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/registros>.

Silva, A.Z., Wamser, A.F., Nowaki, R.H., Bernardes, C.F.A. y Mendoza-Cortes, J.W. 2017. Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia Uruguay*, 21(2): 31-43.

Smith, L.F. y Le Strange, M. 2005. Weed control studies in transplanted bell peppers with preemergence herbicides. <https://vric.ucdavis.edu/pdf/PEPPER/2005WeedControlStudiesinTransplantedBellPepperswithPreemergenceHerbicides.pdf>

Soto, S. 2018. Principales enfermedades que afectan el pimiento en Chile. *In*: Pino, M. T. (Ed.), Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes, Boletín N°360.: 69-76. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Vavilov, N. I. 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press, United Kingdom. 500 p.

Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., y Bovy, A. G. 2013. Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. *J*

Nat Prod. 76(4): 783-793. <https://doi.org/10.1021/np300898z>.

Wubs, A. M., Heuvelink, E. y Marcelis, L. F. M. 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): a review. J Hortic Sci Biotech, 84(5): 467-475.

<https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512550>.

Zitter, T. A. 2018. Pepper Disease Control - It Starts with the Seed. [http://vegetablem-donline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/PepDisease\\_Con.htm](http://vegetablem-donline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/PepDisease_Con.htm).





# Kale

*(Brassica oleracea convar. acephala var. sabellica)*

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

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Especie perteneciente a la familia *Brassicaceae* al igual que las mostazas, rábanos, repollos y otras hortalizas. Las plantas de la especie *Brassica oleracea* son nativas de la región mediterránea de Europa, siendo en cierta forma muy parecidas a una planta de canola por sus hojas. Es una planta bianual como un repollo que no forma cabeza, tiene las hojas erectas de color verde a azul oscuro verdoso características, muy rizadas, con bordes rugosos y ondulados, y peciolo largos. Esta planta alcanza entre los 30 y 40 cm de altura (Figura 1).

Los orígenes del kale pueden ser encontrados en ecotipos y plantas silvestres que crecen en la península Ibérica y en la región del mar Negro (Christensen y otros, 2011). Probablemente, fueron seleccionadas al comienzo de la domesticación de los primeros repollos como una planta de hoja, y como el órgano de consumo eran las hojas, fueron seleccionadas las plantas con hojas más grandes, las cuales serían propagadas para el próximo año. Esto resultó, por lo tanto, en plantas con hojas cada vez más grandes, las cuales fueron favorecidas por la conservación y reproducción por parte de los agricultores. El kale ha sido cultivado por más de 2.000 años en Europa, fue la hortaliza verde más consumida hasta la Edad Media, cuando los repollos se hicieron más populares. Históricamente ha sido de mayor importancia en regiones frías debido a su resistencia a heladas. En la actualidad, es una hortaliza globalmente cultivada en un amplio rango de latitudes, pero principalmente en el norte y centro de Europa, como también en Norteamérica (Neugart y otros, 2012).

La planta de kale es bastante robusta y puede tolerar temperaturas frías bajo punto de congelamiento (Steindal y otros 2015). Las bajas temperaturas activan los procesos de aclimatación a frío de las plantas, lo que implica una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos, que al final estimulan la tolerancia a congelamiento (Levitt, 1980). Por esto, es común observar plantas sin cosechar en campo durante el invierno, en países fríos, para ser utilizadas como hortaliza fresca durante esa temporada del año.

Actualmente, variedades mejoradas genéticamente e híbridos dominan el mercado de esta especie, pero muchos cultivares tradicionales han sido estudiados para identificar su potencial en resistencia a enfermedades, caracteres agronómicos específicos y cualidades sensoriales, o fitoquímicos beneficiosos para la salud humana, tales como glucosinatos, flavonoides, carotenoides, agliconas, kaempferol y quercetina (Schmidt y otros, 2010; Huang y otros, 2007; Kopsell y otros, 2007; Hertog y otros, 1992). Además, su follaje es rico en nutrientes y otros compuestos bioactivos como vitaminas, minerales y compuestos fenólicos (Ayaz y otros, 2006).



**Figura 1. Kale verde y púrpura.**

## **ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA**

### **Distribución nacional y zonas productoras**

Esta especie no está muy difundida en el país, actualmente sólo es sembrada con fines de procesamiento en la zona central por una o dos compañías que exportan como jugo o concentrado.

La producción ha estado concentrada en la zona central del país, sin embargo, esta especie por sus características de crecimiento en zonas frías de Europa podría tener un potencial muy alto en la Patagonia chilena como hortaliza fresca en otoño – invierno.

### **Requerimientos climáticos**

El kale es una de las hortalizas de invierno que expuesta a bajas temperaturas y radiación solar es capaz de crecer. Es una de las plantas más versátiles de cultivar, prefiere temperaturas frescas para crecer, inclusive tolera temperaturas de  $-7^{\circ}\text{C}$  hasta  $27^{\circ}\text{C}$ , pero el óptimo está entre  $15$  y  $21^{\circ}\text{C}$ . Esta versatilidad le permite ser cultivado en invierno, con bajas temperaturas y radiación solar en latitudes bajas (áreas sobre el círculo polar ártico) y en verano en latitudes mayores (Decoteau, 2000).

Aunque tolera algo de falta de humedad y temperaturas mayores, estos factores afectan la calidad del producto haciéndolo más amargo y tosco, pero además pueden favorecer la floración de la planta.

La planta prefiere suelos fértiles, con alto contenido de materia orgánica, bien drenado y levemente ácido (pH entre 5,5 y 6,5).

La temperatura requerida para germinación está entre 13 y 24°C, germinando la semilla entre los 5-10 días siguientes de sembrada.

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

### **Ciclo de desarrollo**

Este es un cultivo netamente de invierno, es recomendable sembrar entre abril y junio, aunque siembras tempranas tienen mejor comportamiento en rendimiento y calidad de hojas, principalmente debido a que el cultivo experimenta mejor acumulación térmica y radiación solar. La siembra temprana también permite tener un cultivo más maduro durante el invierno, lo que podría significar un producto de menor calidad. La cosecha se inicia a partir de julio, en forma escalonada.

### **Sistema de plantación**

Este cultivo se puede manejar de las dos maneras tradicionales, siembra directa y almácigo trasplante. En siembra directa se usan aproximadamente 4 a 5 kg/ha de semilla en hilera simple distanciando entre hileras 0,7 a 0,75 m. En este sistema, la fecha de siembra debe ser más temprano para favorecer la germinación de la semilla con mejor temperatura de suelo antes que comience el enfriamiento y el posterior desarrollo primario de plantas en su establecimiento.

En caso de almácigo-trasplante, la siembra se puede hacer protegida en bandejas de poliestireno u otro medio, aprovechando las ventajas como adelantar la etapa de producción en campo, ahorrar semilla, obtener plantas uniformes en tamaño y edad fisiológica, y asegurar en terreno definitivo una buena población y distribución de las plantas.

El trasplante debe hacer con plántulas de al menos 10 cm de altura y con grosor de tallo no menor a 4 mm, el cubo de sustrato debe estar bien lleno de raíces y al sacar el cubo no debe desprenderse nada de sustrato o desarmarse.

### **Población**

El kale tiene aproximadamente entre 300 a 350 semillas por gramo, es una semilla no pequeña, esférica como todas las brásicas y muy parecida a la de repollo y col de Bru-

selas. Se recomiendan poblaciones de entre 30.000 a 35.000 plantas por hectárea, con distancias entre hileras de 0,7 a 0,75 m, pero trasplantando aproximadamente 2,5 plantas por metro lineal.

### **Fertilización**

La información sobre fertilización de kale es bastante poca o nula, sin embargo para formarse una idea de las necesidades nutricionales se puede asimilar a los requerimientos de repollo (Cuadro 1). Esta hortaliza es muy cercana al kale y los rendimientos son bastante similares, el nitrógeno y el potasio son los principales nutrientes extraídos, pero se debe tener en cuenta el contenido de azufre, debido a la alta presencia de compuestos órgano-sulfurados en los tejidos de esta familia. Las brásicas son una fuente importante de glucocianolatos, bien conocidos como metabolitos secundarios que contienen azufre, hasta ahora se han identificado 130 moléculas.

**Cuadro 1. Extracción de nutrientes en repollo con un rendimiento de 50 t/ha.**

<b>Elemento</b>		<b>kg/ha cosechado</b>	<b>Kg/ha desecho</b>
Nitrógeno	N	190 – 210	90 - 120
Fósforo	P	28 – 33	9 - 13
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65 - 75	20 - 30
Potasio	K	241 – 266	91 - 108
	K <sub>2</sub> O	290 – 320	110 - 130
Calcio	Ca	60	
Magnesio	Mg	25	
Azufre	S	50 - 60	

Fuente: Maroto y Baixauli, 2017.

Las aplicaciones de fertilizantes recomendadas para la producción de 50 t/ha se presenta en el Cuadro 2. El nitrógeno se recomienda aplicar la mitad antes del trasplante y la segunda mitad con plantas bien establecidas de unos 20 a 25 cm de altura. El resto de los elementos se deben aplicar en su totalidad previo al trasplante, incorporados al suelo.

**Cuadro 2. Fertilización recomendada para la producción de 50 t/ha de repollo.**

Elemento		kg/ha
Nitrógeno	N	230 – 250
Fósforo	P	28 – 33
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65 - 75
Potasio	K	241 – 266
	K <sub>2</sub> O	290 – 320
Boro	B	5
Magnesio	Mg	60 – 134
Azufre	S	34 - 56

Fuente: Maroto y Baixauli, 2017.

Esta información es una referencia, las necesidades de fertilizantes se deben calcular basándose en un análisis y el aporte que entrega el suelo, haciendo la diferencia con el requerimiento o extracción. Sin embargo, al no tener esta herramienta, se sugiere utilizar la recomendación, usando la dosis de acuerdo al tipo de suelo, contenido de materia orgánica y pH del suelo. Por ejemplo, en suelos más ácidos es recomendable usar la dosis mayor de fósforo.

## **RIEGO**

El riego es necesario para un buen desarrollo del cultivo, especialmente en las etapas iniciales de almácigo, donde se debe mantener húmedo el sustrato para tener una buena germinación y crecimiento de la plántula, más aún si se siembra en febrero cuando la temperatura ambiental es bastante elevada.

Al trasplante, se debe tener el suelo con bastante humedad, de manera que el estrés se minimice y mejore el establecimiento de las plántulas en el potrero. Los primeros riegos deben ser pos trasplante durante marzo, la frecuencia dependerá del tipo de suelo y del método de distribución de agua (surco o cinta). El riego se debería realizar hasta el mes de abril, cada vez con menor frecuencia, pero va a depender de la pluviometría. Si no llueve lo suficiente durante el periodo de crecimiento, es recomendable regar durante los siguientes meses.

## SANIDAD

Este cultivo es atacado por plagas y enfermedades similares a toda la familia brassicaceae, como repollo, coliflor y brócoli. Para disminuir el daño económico se deben tomar precauciones y realizar acciones de control cultural como rotaciones de cultivos con especies que no pertenezcan a esta familia, eliminar malezas crucíferas como yuyo, rábano y otras que sirven de reservorio para las plagas y enfermedades en el campo, preparación de suelo anticipada y bien realizada, invirtiendo el suelo para exponer al sol micelios, larvas y todos los organismos que potencialmente pueden ser nocivos para el cultivo.

Por ser el kale un cultivo invernal, presenta menos probabilidades de ataques de plagas y enfermedades, pero no significa que sea inmune. Una de las principales plagas de la familia brassicaceae es la mariposa blanca de las crucíferas (*Pieris brassicae* L.), la cual es muy activa en primavera y otoño, por lo tanto, es un peligro para el kale solamente al trasplante y establecimiento, durante el crecimiento con temperaturas más bajas este insecto hiberna, al igual que *Plutella xylostella* L., la cual pasa el invierno oculta en restos de cultivos de brásicas, por lo tanto, se deben eliminar del campo para evitar futuras apariciones de esta especie. Otras plagas comunes son los áfidos como *Myzus persicae* y *Brevicorine brassicae*, los cuales eventualmente podrían aparecer durante la época de cultivo del kale, especialmente en otoño. Estos se pueden controlar con productos químicos específicos para áfidos como: pirimicarb, tiame-toxam o lambda cihalotrin, sin embargo, en la actualidad se recomienda el uso de productos para producción orgánica que tienen muy buena eficiencia en el control de áfidos como los extractos de cítricos y jabones potásicos.

En cuanto a enfermedades, muy pocas afectan el cultivo durante su desarrollo. Sin embargo, se debe considerar a la siembra de almácigos la “caída de plántulas” como una posibilidad de daño. Hay una serie de labores culturales que permiten un menor riesgo de infección, como usar bandejas limpias y desinfectadas para almácigos, sembrar semilla sana y desinfectada, usar sustratos estériles o sanitizados, no regar en exceso, ni aplicar exceso de nitrógeno como fertilizante, permitir una adecuada circulación de aire entre las plántulas y eliminar plantas muertas o enfermas.

## Índice de cosecha

El indicador que las hojas están listas para ser cosechadas es el tamaño y suavidad de estas, que no alcancen a ponerse fibrosas y duras. La cosecha se realiza inicialmente por hojas desde abajo, o sea las hojas más viejas, pero una vez que la planta alcanza su altura definitiva, se debe cosechar completa para que no pierda calidad culinaria.

## PRODUCTIVIDAD

### Rendimiento

En el país no hay mucha información sobre resultados de rendimiento de este cultivo, pero en publicaciones internacionales se puede tener una visión del potencial de rendimiento. Cosecha de hojas para consumo humano ha mostrado rendimientos informados de 29 a 36 t/ha por Balčau y otros (2013) con una población de 31.200 plantas por hectárea, Korus (2010) reportó 34 a 40 t/ha en una población de 40.000 plantas por hectárea, mientras que en EEUU se informan rendimientos que fluctúan entre 15 y 60 t/ha.

En Chile, la temporada 2008/2009 se evaluaron cuatro variedades de kale en el INIA La Platina (RM), con resultados, como se presenta en el Cuadro 3, que variaron desde 13 hasta 27 t/ha en peso fresco en dos cosechas (abril y mayo) en una población de 57.000 plantas por hectárea. Los híbridos F1 tuvieron menor rendimiento que una variedad de polinización abierta común, pero estos resultados pudieron variar con una fecha de siembra más tardía y con cosecha invernal, tal como recomienda en países productores de hoja para consumo fresco.

**Cuadro 3. Rendimiento fresco e industrial de kale. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2008/2009.**

Variedades	Peso fresco (t/ha)	Materia seca (t/ha)	Materia seca (%)	Sólidos solubles (°Brix)
Darkibor F1	13,34	2,32	17,27	9,1
Winterbor F1	14,28	2,32	16,53	10,0
Redbor F1	15,32	2,46	16,07	8,4
Kale	27,50	4,12	15,00	10,4

## **Rendimiento industrial**

El kale es usado industrialmente para producir jugo, el cual es mezclado con otras hortalizas para su comercialización, por lo tanto, el contenido de sólidos solubles es importante. De acuerdo al Cuadro 3, los azúcares fluctuaron entre 8 y 10°Brix y el porcentaje de materia seca entre 15 y 17%, valores bastante buenos para la agroindustria.

El rendimiento en materia seca entre 2,3 y 4,1 t/ha está dentro de lo esperado para kale hortícola. Al respecto, Korus (2010) informa rendimientos entre 3,0 y 3,6 t/ha. Sin embargo en Nueva Zelanda al ser usado como forraje con poblaciones alrededor de 90.000 plantas por hectárea obtuvieron rendimiento en materia seca de 6 y 19 t/ha (Wilson y otros, 2006), 12 a 15 t/ha (Brown y otros, 2007) y 7 a 10 t/ha (Adams y otros, 2005). Estos valores indican el potencial productivo agroindustrial de este cultivo, además de que podría ser una buena fuente de verdura fresca en zonas de climas fríos como la patagonia chilena en otoño–invierno.

## **VARIETADES**

En Chile no hay variedades comerciales en la actualidad, los materiales genéticos evaluados han sido traídos por compañías semilleras a modo de prueba. Se encuentran algunas variedades de polinización abierta en el mercado, pero en pequeñas cantidades, como para jardines y huertas caseras.

Sin embargo, de acuerdo a lo evaluado por INIA, se distinguen tres tipos de variedades, clasificadas por el tipo de hoja y color, tal como se presenta en la Figura 2.



a) Crespo Morado



b) Liso Verde



c) Crespo Verde

**Figura 2. Clasificación de variedades de kale según tipo de hoja.**

El tipo crespo de color morado corresponde en este caso a la variedad híbrida Redbor (Figura 2a) de buen rendimiento en el ensayo antes mencionado, pero también citada por otros autores por su rendimiento (Balčau y otros, 2013; Korus, y otros, 2010).

El tipo liso de color verde presenta algunas corrugaciones en las hojas y corresponde, en este caso, al híbrido Winterbor (Figura 2b). Finalmente, está el tipo crespo de color verde, que en esta figura 2c corresponde al híbrido Darkibor.

Todas estas variedades son usadas internacionalmente para consumo fresco o para la agroindustria de jugos, pero además algunas son utilizadas como plantas forrajeras como recurso fresco invernal (Brown y otros, 2007).

En España y Portugal aún hay ecotipos locales que usan los agricultores para consumo humano, estas presentan un alto grado de diversidad y es posible usar este material en programas de mejoramiento genético. Cartea y otros (2002) encontraron en las poblaciones que evaluaron una amplia diversidad de caracteres, lo cual permitiría seleccionar y combinar algunos ecotipos interesantes para obtener variedades mejoradas, por lo tanto, hay variabilidad genética disponible para hacer mejoramiento genético de esta especie.

## **VALOR NUTRITIVO**

El órgano de consumo del kale es la hoja fresca tierna, la cual puede ser consumida directamente como ensalada fresca, cocinada en guisos o procesada agroindustrialmente convirtiendo la materia prima en jugo concentrado. Es considerado una de las hortalizas más sanas, nutritiva y además desconocida. Es muy rico en vitaminas C, K y A, además de contener altos niveles de fierro y calcio, tiene un nivel muy elevado de antioxidantes. Tiene 50 Kcal y 2g de fibra dietética por 100g de hojas crudas.

Fructosa, glucosa y sacarosa son los principales azúcares solubles que contiene la hoja de kale, pero también contiene ácidos orgánicos como lo son cítrico y málico (Ayaz y otros, 2006). Los niveles de concentración de azúcares solubles en las hojas se ven afectados por el fotoperiodo y temperatura ambiental. Steindal y otros (2015) encontraron que los niveles de azúcares solubles en los tejidos de hoja de kale incrementaron en respuesta a aclimatación de plantas a bajas temperaturas, probablemente como respuesta a la tolerancia a frío e incrementando el dulzor de las hojas comestibles. Por otra parte, temperaturas altas durante el crecimiento de plantas, combinadas con longitud de día de 12 horas redujeron el contenido de glucosa y fructosa en el tejido foliar.

En cuanto a los ácidos grasos, Ayaz y otros (2006) encontraron 18 ácidos grasos diferentes en hojas de kale, siendo los más abundantes el insaturado  $\alpha$ -linolenico (18:3) y los saturados ácido palmítico (16:0) y behénico (22:0), coincidiendo con Steindal y otros (2015). Los ácidos linoleico y  $\alpha$ -linolenico son esenciales para la dieta humana porque no pueden ser sintetizados por humanos (Innis, 1996; Sinclair, 1990), las hojas de kale contienen estos ácidos en casi 66% del total de ácidos grasos y podrían satisfacer parte de los requerimientos de omega-3 de la dieta humana. La temperatura de crecimiento y fotoperiodo afectan directamente el contenido de ácidos grasos, Steindal y otros (2015) observaron interacción entre largo de día y temperatura.

Los compuestos nitrogenados, dentro de los cuales predominan los aminoácidos, constituyen cerca de un tercio de la materia seca del kale (Lisiewska y otros, 2008).

Los mismos autores encontraron que predominan el ácido glutámico, prolina y ácido aspártico con aproximadamente el 34% de contenido de aminoácidos, coincidiendo con Ayaz y otros (2006). Todos los estudios han mostrado que los aminoácidos azufrados, como cisteína y metionina, son limitantes en las hojas de kale (Ayaz y otros, 2006; Eppendorfer y Bille, 1996). Al comparar el porcentaje de aminoácidos esenciales presentes en las hojas de kale con los estándares de proteína de la Organización Mundial de la Salud (OMS), según Ayaz y otros (2006), solamente lisina presentó un nivel inferior, pero triptófano tuvo 3 veces y valina 1,8 veces superior el nivel indicado por la OMS. Sin embargo, se debe considerar que el contenido de aminoácidos es afectado tanto por la genética del cultivar, como por la fecha de siembra y cosecha (Krezel y otros, 1998), pero también por la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (Eppendorfer y Bille, 1996). La cocción y/o procesamiento de las hojas de kale también afectan el contenido de aminoácidos presentes en las porciones que se consumen, así las hojas cocinadas contienen 78% del total encontrado en hojas frescas, similar resultado se vio en productos congelados (Lisiewska y otros, 2008).

Los minerales tienen un rol esencial como activadores de reacciones enzimáticas catalizadoras, por ejemplo, potasio es un nutriente esencial que cumple un rol fundamental en la síntesis de aminoácidos y proteínas, o calcio y magnesio con su acción en la fotosíntesis, metabolismo de carbohidratos, ácidos nucleicos y otras funciones en la pared celular. Las hojas de kale son ricas en calcio, elemento que presenta el nivel mayor al compararlo con los otros minerales presentes. Potasio es el otro macronutriente en alta concentración en hojas de kale, mientras que el micronutriente más abundante es hierro, siendo manganeso y zinc los segundos más abundantes. Además, las hojas contuvieron una alta concentración del elemento traza estroncio, que es esencial y su función es similar al calcio en la formación de huesos y prevención de caries dentales (Ayaz y otros, 2006).

### **Valor nutracéutico**

El kale es una planta que además de contener altos niveles de elementos nutricionales es rica en antioxidantes beneficiosos para la salud humana. Estos antioxidantes están compuestos por diferentes vitaminas (C, E, carotenos, tocoferoles, etc.), compuestos fenólicos (flavonoides, antocianinas, etc.) y glucosinolatos, los cuales han sido asociados a la disminución del riesgo de contraer una serie de enfermedades crónicas como arterioesclerosis y cáncer (Gosslau y Chen, 2004; Kris-Etherton y otros, 2002).

## **Vitaminas**

Las vitaminas solubles en agua como la C y liposolubles como la E y los carotenoides son la primera línea de defensa contra el estrés oxidativo, protegiendo las células y previniendo enfermedades crónicas. El kale tiene alto contenido de vitamina C, pero presenta una gran variación con diferencias de hasta el doble (Podsdek, 2007) dependiendo del genotipo (Kurilich y otros, 1999). La concentración de vitamina C en la planta es afectada por las condiciones climáticas (Howard y otros, 1999), pero también por la fertilización nitrogenada, la cual incrementa el tamaño de las plantas, entonces disminuye la concentración de ácido ascórbico, en parte debido al efecto dilución (Stefanelli y otros, 2010). Los diferentes tratamientos para procesado de hojas de kale producen disminución de contenido de vitamina C, Korus y Lisiewska (2011) reportaron una reducción de 57% en vitamina C y 45% de actividad antioxidante.

Los carotenoides,  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno, son pigmentos de color amarillo, naranja y rojo presentes en muchas hortalizas, los cuales son precursores de la vitamina A, que tiene un papel importante en la salud de la piel, huesos, sistema gastrointestinal y sistema respiratorio, pero su acción importante también está en la actividad antioxidante. El kale tiene los niveles más altos entre las hortalizas de los carotenoides  $\beta$ -caroteno y luteína (Kopsell y otros, 2003). Kurilich y otros (1999) encontraron entre 3 y 6 veces más contenido de  $\beta$ -caroteno en kale que en las otras especies hortícolas de bráscica como repollo, coliflor y brócoli, mientras que de  $\alpha$ -caroteno solo lo dobló o triplicó. Podsdek (2007) en su revisión señala resultados similares de otras investigaciones, pero además agrega niveles muy elevados de luteína y zeaxantina (Holden y otros, 1999). El contenido de carotenoides en kale se puede ver afectado por el manejo nutricional de este cultivo, por ejemplo, incrementos en  $\text{NO}_3\text{-N}$  resulta en aumento de concentración de luteína y  $\beta$ -caroteno (Kopsell y otros, 2007), sin embargo, incrementos en azufre no afectan la concentración de estos carotenoides (Kopsell y otros, 2003). Por otra parte, el momento de cosecha influye las concentraciones de luteína y  $\beta$ -caroteno, que fueron significativamente mayores en hojas maduras, mientras que violaxantina fue muy elevada en hojas jóvenes, pero neoxantina tuvo la misma concentración en ambos estados de madurez de hojas (Azevedo y Rodríguez, 2005). Los mismos autores reportaron que la concentración de carotenoides fue significativamente más alta en verano que en invierno, excepto la de  $\beta$ -caroteno. También encontraron que un procesamiento mínimo produce una reducción de entre 14 y 31% de los carotenoides presentes en las hojas de kale.

La vitamina E, al igual que los carotenoides, pertenece al grupo de los antioxidantes liposolubles. La forma más común es  $\alpha$ -tocoferol y es la más activa biológicamente (Bjorneboe y otros, 2015), cuya acción es la donación de átomos de hidrógeno para la formación del radical tocoferoxil (Lampi y otros, 2002). Estas reac-

ciones tienen como efecto la protección contra enfermedades coronarias debido a la inhibición de la oxidación del LDL (lipoproteínas de baja densidad) (Stampfer y Rimm, 1995). Piironen y otros (1986) reportaron que esta forma es predominante en todas las hortalizas pertenecientes a la familia brassicaceae, excepto en coliflor, donde predomina  $\gamma$ -tocoferol. Kurilich y otros (1999) encontraron que el kale contiene comparativamente mayores cantidades de  $\alpha$ -tocoferol que brócoli y repollo de Bruselas, señalando que esta hortaliza y el brócoli son la mejor fuente de vitamina E. El cultivar tiene influencia en el contenido de  $\alpha$ -tocoferol y  $\gamma$ -tocoferol, por ejemplo, el cultivar Winterborne casi triplicó el contenido de  $\alpha$ -tocoferol respecto al cultivar Vates, mientras que en  $\gamma$ -tocoferol fue prácticamente el doble (Kurilich y otros, 1999).

### ***Compuestos fenólicos***

Entre las hortalizas de consumo fresco, el kale tiene uno de los mayores contenidos de compuesto fenólicos totales, siendo duplicado solamente por la espinaca, pero tiene 1,5 veces más que la chalota y 3,5 veces que el repollo (Ismail y otros, 2004). Los compuestos fenólicos, especialmente, los flavonoles tienen diferentes actividades biológicas, siendo la más importante la actividad antioxidante. En kale se han identificado 23 flavonoides y 9 derivados de ácido fenólico, mostrando como principales compuestos al kaempferol, quercetina y a los ácidos sinápico y ferúlico (Lin y Harnly, 2009; Olsen y otros, 2009; Heimler y otros, 2006; Zhang y otros, 2003). Por otra parte, Ayaz y otros (2008) encontraron 9 ácidos fenólicos en hojas de kale: gálico, protocatéquico, *p*-hidroxibenzoico, vanílico, salicílico, *p*-cumárico, caféico, ferúlico y sinápico. Los ácidos más abundantes encontrados en hojas fueron ferúlico y caféico, alcanzando entre ambos a casi el 74% del total de ácidos fenólicos.

El contenido de polifenoles, así como el de cualquier fitoquímico se ve afectado por variados factores como se mencionó antes, la genética de la variedad, las condiciones climáticas como temperatura y radiación (Neugart y otros, 2012), las prácticas culturales, madurez de cosecha, condiciones de almacenamiento y de procesamiento (Podsdek, 2007). Incrementos en concentración de kaempferol y quercetina fueron encontrados en plantas que crecieron a baja temperatura, estando la máxima concentración de kaempferol a 1,8°C, mientras que la quercetina continuó aumentando bajo esta temperatura, por lo tanto, es recomendable el consumo de kale en pleno invierno cuando crece a baja temperatura (Neugart y otros, 2012).

La actividad antioxidante está fuertemente correlacionada con el contenido total de compuestos fenólicos (Ayaz y otros, 2008), pero se ve reducido significativamente después de un minuto de tratamiento térmico (Ismail y otros, 2004). El total de compuestos fenólico en hojas frescas disminuye dos veces cuando se blanquean y 3,7 veces cuando son cocinadas, siendo los más afectados el ácido ferúlico y el ácido

*p*-cumárico; la temperatura también afecta la actividad antioxidante, disminuyendo entre 1,5 y 1,8 veces con blanqueado y cocción, respectivamente (Korus y Lisiewska, 2011).

### **Glucosinolatos**

Los glucosinolatos son la mayor clase de metabolitos secundarios encontrados en cultivos de brásicas (Velasco y otros, 2007). Hasta hace no mucho tiempo, eran considerados como factores anti-nutricionales, pero numerosos estudios recientes han mostrado su efectividad en dietas anticancerígenas (Cartea y Velasco, 2008). En la planta están presentes de forma no activa, pero cuando hay algún tipo de daño celular son hidrolizados por enzimas del grupo mirosinasa, liberando compuestos como isotiocianatos, tiocianatos, índoles, nitrilos o epitionitrilos, dependiendo de la estructura del glucosinolato (Shapiro y otros, 2001).

En hojas de kale fueron identificados ocho glucosinolatos, los cuales pertenecen a tres clases diferentes: tres alifáticos, cuatro indólicos y un glucosinolato aromático (Steindal y otros, 2015). Los mismos autores encontraron que el fotoperiodo y la temperatura de crecimiento afectan el contenido individual de glucosinolatos, variando la respuesta de acuerdo con el tipo de glucosinolato. Temperaturas bajas de crecimiento junto con heladas pueden resultar en degradación en hojas, lo cual puede reducir el contenido de glucosinolatos (Fenwick y otros, 1983). El contenido también es afectado por el cultivar y la fertilización con nitrógeno y azufre; Groenbaek y otros (2014) encontraron diferencias de concentración de glucosinolatos totales entre cultivares de kale híbridos y tradicionales de polinización abierta, mientras que aplicaciones de azufre incrementaron el contenido de glucosinolatos totales, pero incrementos en nitrógeno implicaron una disminución en glucosinolatos alifáticos.

Velasco y otros (2007) encontraron que la concentración de los glucosinolatos no es estable entre estados fenológicos de la planta, la mayor concentración estuvo en botones florales y hojas cosechadas cinco meses después del trasplante. Por otra parte, los glucosinolatos alifáticos fueron menos susceptibles a los efectos ambientales que los de tipo indólicos, y que factores ambientales como pH y temperatura parecen afectar en alguna intensidad la variabilidad de glucosinolatos, probablemente debido a la disponibilidad de macro y microelementos para la nutrición de la planta. Además, la disponibilidad de estos elementos en el material vegetal se ve afectada por el procesamiento y tratamientos térmicos para la preservación, especialmente en ambientes acuosos, resultando en pérdidas significativas de glucosinolatos de entre 30 a 42%. El método de preservación que menos pérdidas presenta es congelación de las hojas de kale, mientras que la mayor pérdida estuvo en tratamientos de esterilización y secado de hojas no blanqueadas (Korus y otros, 2014).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, C., Scott, W. R., Wilson, D. R., y Purves, L., 2005. Dry matter accumulation and phenological development of four brassica cultivars sown in Canterbury. *Agronomy N.Z.* 351-18. <http://www.agronomysociety.org.nz/2005-journal-papers.html>.

Ayaz, F. A., Glew, R. H., Millson, M., Huang, H. S., Chuang, L. T., y Hayırlıyoglu-Ayaz, C. S. S., 2006. Nutrient contents of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.). *Food Chem.* 96(4): 572-579. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.011>.

Ayaz, F. A., Hayirlioglu-Ayaz, S., Alpay-Karaoglu, S., Grúz, J., Valentová, K., Ulrichová, J., y Strnad, M., 2008. Phenolic acid content of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) extracts and their antioxidant and antibacterial activities. *Food Chem.* 107(1): 19-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.003>.

Azevedo, C. H. y Rodríguez-Amaya, D. B., 2005. Carotenoid composition of kale as influenced by maturity, season and minimal processing. *J Sci Food Agric.* 85(4): 591-597. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1993>.

Balçau, S. L., Apahidean, M., Zaharia, A., Gocan Tincuta, M., Boca, D. F., y Barjuta, J. 2013. Establishing some technological methods to increase leaves production of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology.* 17(1): 15-20. [http://journal-hfb.usab-tm.ro/engleza/2013/Lista%20Lucrari%20PDF/Volum%2017\(1\)%20PDF/4Balcau%20Simina.pdf](http://journal-hfb.usab-tm.ro/engleza/2013/Lista%20Lucrari%20PDF/Volum%2017(1)%20PDF/4Balcau%20Simina.pdf).

Bjorneboe, A., Bjorneboe, G., y Devon, C., 2015. Absorption, transport and distribution of vitamin E. *J.Nutr.* 120(3): 233-242. <http://jn.nutrition.org/content/120/3/233.full.pdf+html>.

Brown, H. E., Maley, S., y Wilson, D. R., 2007. Investigations of alternative kale management: Production, regrowth and quality from different sowing and defoliation dates. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association.* 6929-3. [http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland\\_publication\\_142.pdf](http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_142.pdf).

Cartea, M. E., Picoaga, A., Soengas, P., y Ordás, A., 2002. Morphological characterization of kale populations from northwestern Spain. *Euphytica.* 129(1): 25-32. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021576005211>.

Cartea, M. E. y Velasco, P., 2008. Glucosinolates in *Brassica* foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochemistry Reviews.* 7(2): 213-229. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-007-9072-2>.

Christensen, S., Bothmer, R., Poulsen, G., Maggioni, L., Phillip, M., Andersen, B. A., y Jørgensen, R. B. 2011. AFLP analysis of genetic diversity in leafy kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef.) Landraces, cultivars and wild populations in Europe Genet.Resour.Crop Evol. 58(5): 657-666. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-010-9607-z>.

Decoteau, D. R., 2000. Vegetable crops. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Eppendorfer, W. H. y Bille, S. W., 1996. Free and total amino acid composition of edible parts of bean, kale, spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilization and phosphorus and potassium deficiency. J.Sci.Food Agric. 71(4): 449-458. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199608\)71:4<449::AID-JSFA601>3.0.CO;2-N](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199608)71:4<449::AID-JSFA601>3.0.CO;2-N).

Fenwick, G. R., Heaney, R. K., y Mullin, W. J., 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants.CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 18(2): 123-201. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398209527361>.

Gossiau, A. y Chen, K. Y., 2004. Nutraceuticals, apoptosis, and disease prevention. Nutrition. 20(1): 95-102.<http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2003.09.017>.

Groenbaek, M., Jensen, S., Neugart, S., Schreiner, M., Kidmose, U., y Kristensen, H. L., 2014. Influence of cultivar and fertilizer approach on curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*). 1. Genetic diversity reflected in agronomic characteristics and phytochemical concentration. J.Agric.Food Chem. 62(47): 11393-11402. <http://dx.doi.org/10.1021/jf503096p>.

Heimler, D., Vignolini, P., Vincieri, F. F., y Romani, A., 2006. Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. Food Chem. 99(3): 464-469. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.057>.

Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H., y Katan, M. B., 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. J.Agric.Food Chem. 40(12): 2379-2383. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00024a011>.

Holden, J. M., Eldridge, A. L., Beecher, G. R., Buzzard, I. M., Bhagwat, S., Davis, C. S., Douglass, L. W., Gebhardt, S., Haytowitz, D., y Schakelf, S., 1999. Carotenoid content of US foods: An update of the database. J.Food Comp.Anal. 12(3): 169-196. <http://dx.doi.org/10.1006/jfca.1999.0827>.

Howard, L. A., Wong, A. D., Perry, A. K., y Klein, B. P., 1999.  $\beta$ -carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *Journal of Food Science*. 64(5): 929-936. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15943.x>.

Huang, Z. L., Wang, B. W., Eaves, D. H., Shikany, J. M., y Pace, R. D., 2007. Phenolic compound profile of selected vegetables frequently consumed by African Americans in the southeast United States. *Food Chem*. 103(4): 1395-1402. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.077>.

Innis, S. M., 1996. *Essential dietary lipids. Present knowledge in nutrition*. 58. Washington, DC. ILSI Press.

Ismail, A., Marjan, Z. M., y Foong, C. W., 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem*. 87(4): 581-586. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>.

Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., y Curran-Celentano, J., 2007. Carotenoid pigments in kale are influenced by nitrogen concentration and form. *J.Sci.Food Agric*. 87(5): 900-907. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2807>.

Kopsell, D. E., Kopsell, D. A., Randle, W. M., Coolong, T. W., Sams, C. E., y Curran-Celentano, J., 2003. Kale carotenoids remain stable while flavor compounds respond to changes in sulfur fertility. *J.Agric.Food Chem*. 51(18): 5319-5325. <http://dx.doi.org/10.1021/jf034098n>.

Korus, A. 2010., Effect of the cultivar and harvest date of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) on crop yield and plant morphological features. *Vegetables Crops Research Bulletin*. 73:55-65. <http://dx.doi.org/10.2478/v10032-010-0018-7>.

Korus, A. y Lisiewska, Z., 2011. Effect of preliminary processing and method of preservation on the content of selected antioxidative compounds in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. *Food Chem*. 129(1): 149-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.048>.

Korus, A., Slupski, J., Gebczynki, P., y Banas, A., 2014. Effect of preliminary processing and method of preservation on the content of glucosinolates in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. *Food Science and Technology*. 59(2): 1003-1008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.030>.

Krezel, J., Kolota, E., y Sciazko, D., 1998. Wpływ terminu siewu oraz terminu zbioru na skład aminokwasowy białka dwóch odmian jarmuzu. *Zeszyty Naukowe AR w Bydgoszczy, z.215, series Rolnictwo*. 42: 119-123.

Kris-Etherton, P. M., Etherton, T. D., Carlson, J., y Gardner, C., 2002. Recent discoveries in inclusive food-based approaches and dietary patterns for reduction in risk for cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology*. 13(4): 397-407.

Kurilich, A. C., Tsau, G. J., Brown, A., Howard, L., Klein, B. P., Jeffery, E. H., Kushad, M., Wallig, M. A., y Juvik, J. A., 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *J.Agric.Food Chem.* 47(4): 1576-1581. <http://dx.doi.org/10.1021/jf9810158>.

Lampi, A. M., Kamal-Eldin, A., y Piironen, V., 2002. Tocopherols and tocotrienols from oil and cereal grains. In Shi, J., Mazza, G., and y LeMaguer, M., Boca Raton, FL. CRC Press LLC.

Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York: Academic Press.

Lin, L-Z. y Harnly, J., M. 2009. Identification of the phenolic components of collard greens, kale, and Chinese broccoli. *J.Agric.Food Chem.* 57(16): 7401-7408. <http://dx.doi.org/10.1021/jf901121v>.

Lisiewska, Z., Kmiecik, W., y Korus, A., 2008. The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), fresh and after culinary and technological processing. *Food Chem.* 108(2): 642-648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.030>.

Maroto, J. V. Y Baixauli, C. 2017. Brocolis, coliflores y coles. En: Maroto, J.V. y Baixauli, C. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13, Cajamar Rural. 371-434.

Neugart, S., Kläring, H., Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., y Krumbein, A., 2012. The effect of temperature and radiation on flavonol aglycones and flavonol glycosides of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Food Chem.* 133(4): 1456-1465. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.034>.

Olsen, H., Aaby, K., y Borge, G. I. A., 2009. Characterization and quantification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) by HPLC-DAD-ESI-MS<sup>n</sup>. *J.Agric.Food Chem.* 57(7): 2816-2825. <http://dx.doi.org/10.1021/jf803693t>.

Piironen, V, Syvaioja, E.-L., Varo, P., Salminen, K., y Koivistoinen, P., 1986. Tocopherols and tocotrienols in Finnish foods: Vegetables, fruits and berries. *J.Agric.Food Chem.* 34(4): 742-746. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00070a038>.

Podsedek, A., 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food Science and Technology*. 40(1): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>.

Schmidt, S., Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., y Krumbein, A., 2010. Genotypic and climatic influences on the concentration and composition of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Food Chem.* 119(4): 1293-1299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.004>.

Shapiro, T. A., Fahey, J. W., Wade, K. L., Stephenson, K. K., y Talalay, P., 2001. Chemo-protective glucosinolates and isothiocyanates of broccoli sprouts: metabolism and excretion in humans. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 10(5): 501-508. <http://cebp.aacrjournals.org/content/10/5/501.full>.

Sinclair, H. M., 1990. Essential fatty acids: a historical perspective. *Biochemical Society Transactions*. 18(5): 756-761. <http://dx.doi.org/10.1042/bst0180756>.

Stampfer, M. J. y Rimm, E. B., 1995. Epidemiologic evidence for vitamin E in prevention of cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 62(6): 1365-1369. <http://ajcn.nutrition.org/content/62/6/1365S.full.pdf+html>.

Stefanelli, D., Goodwin, I., y Jones, R., 2010. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*. 43(7): 1833-1843. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.022>.

Steindal, A. L. H., Rødven, R., Hansen, E., y Mølmann, J., 2015. Effects of photoperiod, growth temperature and cold acclimatization on glucosinolates, sugars and fatty acids in kale. *Food Chem.* 174(1): 44-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.129>.

Velasco, P., Cartea, M. E., González, C., Vilar, M., y Ordás, A., 2007. Factors affecting the glucosinolate content of kale (*Brassica oleracea acephala* group). *J.Agric.Food Chem.* 55(3): 955-962. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0624897>.

Wilson, D. R., Reid, J. B., Zyskowski, R. F., Maley, S., Pearson, A. J., Armstrong, S. D., Catto, W. D., y Stafford, A. D., 2006. Forecasting fertilizer requirements of forage brassica crops. *Proceeding of the New Zealand Grassland Association*. 68: 201-205. [http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland\\_publication\\_379.pdf](http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_379.pdf).

Zhang, J., Satterfield, M. B., Brodbelt, J. S., Britz, S. J., Clevidence, B., y Novotny, J. A., 2003. Structural characterization and detection of kale flavonoids by electrospray ionization mass spectrometry. *Anal.Chem.* 5(23): 6401-6407. <http://dx.doi.org/10.1021/ac034795e>.



# Perejil

*(Petroselinum sp.)*

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

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El nombre científico del perejil se puede usar como *Petroselinum sativum* Hoffm. o el sinónimo *Petroselinum crispum* (Miller) A.W. Hill. Es una planta herbácea de la familia Apiaceae, bianual, aunque se cultiva principalmente como anual por sus hojas y peciolo. Forma una roseta adornada de hojas muy divididas, alcanza los 15 cm de altura y posee tallos floríferos que pueden pasar de 60 cm con pequeñas flores verde amarillentas. Hay dos tipos de variedades botánicas de perejil (Figura 1): *Petroselinum sativum* var. *latifolium*, de hoja lisa que es el más difundido en Chile y *Petroselinum sativum* var. *crispum*.

El centro de origen de la especie estaría en la zona del Mediterráneo Oriental, considerando como centro secundario el Asia Menor (Vavilov, 1992). Su cultivo se conoce desde hace más de 300 años y sus primeros usos habrían sido como planta medicinal, siendo reconocida como tal ya en las épocas de las culturas griegas y romanas. Aproximadamente, en el siglo XVI se habría iniciado en Italia su cultivo como planta alimenticia, extendiéndose después a Inglaterra, Alemania, otros países de Europa y, eventualmente introducida a América por los conquistadores europeos. Se distribuye ampliamente por todo el mundo y generalmente se cultiva para ser usada como condimento, siendo una de las plantas aromáticas más populares de la gastronomía mundial.



a) Perejil liso



b) Perejil crespo

**Figura 1. Tipos de perejil: a) Perejil liso corriente y b) Perejil crespo.**

## **ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA**

### **Distribución nacional y zonas productoras**

Esta hortaliza se cultiva durante todo el año a lo largo del país, mayormente concentrada en las regiones Metropolitana, Valparaíso y Coquimbo, en zonas extremas como Magallanes se hace bajo plástico y por lo general está muy localizado en pequeñas superficies, huertas caseras y jardines de casas, estimándose la superficie sembrada en unas 150 hectáreas en el país.

### **Requerimientos climáticos**

El perejil es una planta muy rústica y crece bien en las zonas de clima templado a pleno sol, pero preferiblemente a media sombra. Aunque prefiere clima cálido, resiste bien el frío. En consecuencia, se puede cultivar, prácticamente en todo tipo de climas (Maroto, 2017).

Las temperaturas óptimas de desarrollo están entre 16-20°C. Temperaturas bajo 0°C y sobre 35°C no las tolera.

Suelos ricos en materia orgánica son los más indicados para su cultivo, pero se adapta a cualquier tipo de terreno. Prefiere suelos profundos, sueltos, con materia orgánica muy descompuesta y libre de malezas. En suelos ligeramente ricos en materia orgánica, que se rieguen regularmente, puede producir buenos rendimientos (Maroto, 2017).

El suelo debe ser neutro, no tolerando pH inferior a 6,5 ni superior a 8,0.

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

### **Ciclo de desarrollo**

La siembra puede efectuarse desde los últimos días de febrero hasta septiembre. La germinación es muy lenta, tardando casi un mes en aparecer las plántulas, debiéndose mantener el suelo continuamente húmedo. La demora en germinar es debido a que lo que se siembra corresponde al fruto, estos son pequeños aquenios que contienen una diminuta semilla, debiéndose pudrir su cubierta por la humedad, hasta que esta llegue a la semilla (Maroto, 2017).

Además, se debe considerar que en la cubierta de la semilla existen sustancias, como en el resto de las umbelíferas, que promueven la inhibición de la germinación hasta que las condiciones del ambiente son las óptimas para su germinación.

Aproximadamente, transcurridos tres meses desde la germinación, ya se puede cosechar: los sembrados en febreromarzo pueden recolectarse en julio y los sembrados en agosto-septiembre durante la primavera.

## Sistema de plantación

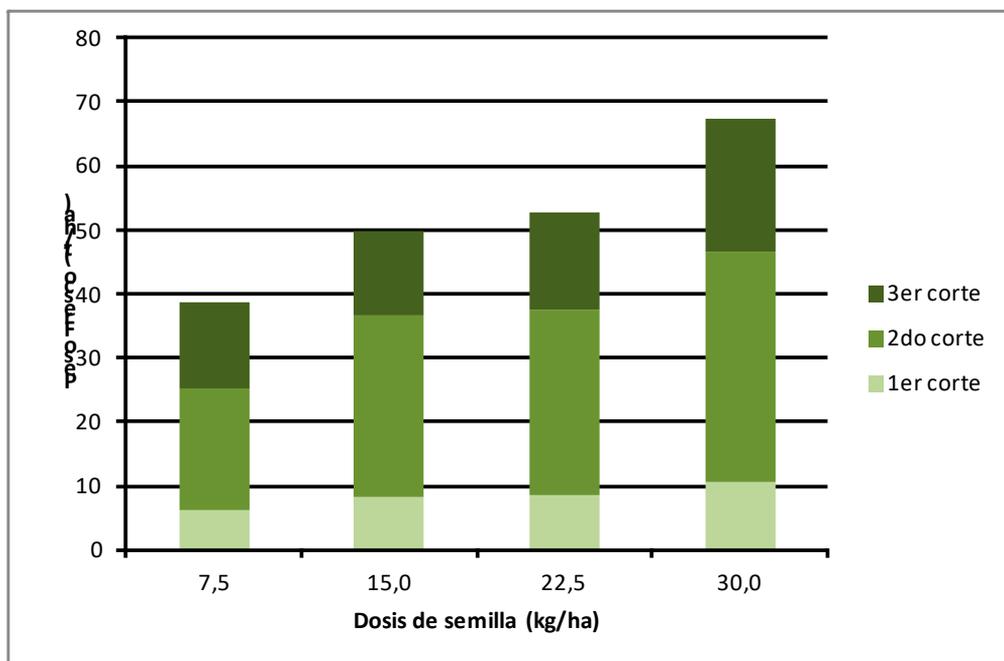
Se siembra en forma directa, en líneas, o por almácigo-trasplante. De cualquier forma, la semilla se puede poner en agua pura durante 12 a 24 horas, enterrándola después superficialmente para mejorar la velocidad de germinación, o bien aplicar otro tratamiento como escarificar los aquenios. Otro método más sofisticado es el acondicionamiento osmótico de la semilla a través del uso de polietilenglicol (PEG 6000) o nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) (Dursun y Ekinci, 2010; Pill, 1986; Rodrigues y otros, 2009). La siembra se puede realizar en líneas que estén separadas entre sí de 15 a 20 cm, dejando de 5 a 8 cm entre plantas. La cantidad de semilla a emplear es del orden de 1 a 1,5 gramos por  $\text{m}^2$ , para proceder posteriormente al raleo.

## Población

Hay aproximadamente entre 600 a 700 semillas por gramo de perejil.

La dosis de semilla recomendada para este cultivo es de 6 a 10 kilos por hectárea sembrando en hileras, con poblaciones de aproximadamente 1,0 a 1,2 millones de plantas.

En un ensayo realizado en INIA La Platina (RM) con una variedad de hoja lisa, se sembró en hileras dobles 4 dosis de semilla con una fertilización de 150 kg/ha de nitrógeno. Como se observa en la figura 2, los resultados mostraron que el mayor rendimiento acumulado en peso fresco fue con la dosis de 30 kg/ha, mientras que dosis de 15 y 22,5 kg/ha fueron prácticamente similares en rendimiento acumulado. La dosis inferior de 7,5 kg/ha presentó el rendimiento menor. La dosis de 15 kg/ha tuvo 29% más de rendimiento que la dosis inferior de 7,5 kg/ha, mientras que fue inferior en 5% y 26%, respectivamente, a las dosis de 22,5 y 30 kg/ha. Estos resultados indican que la dosis entre 10 y 15 kg/ha es la más apropiada para obtener buenos rendimientos en materia verde a cosecha. Aunque la dosis mayor de 30 kg/ha muestra rendimientos mayores, las plantas tienen un crecimiento más exuberante, acumulan mayor contenido de agua, se etiolan y tiene mayor tendencia a enfermedades fungosas por falta de ventilación. Si se incrementa el nitrógeno a aplicar, estos problemas se ven aumentados.



**Figura 2. Rendimiento en peso fresco por corte y acumulado en ensayo de diferentes dosis de semilla de perejil. INIA La Platina, RM. Temporada 2007/2008.**

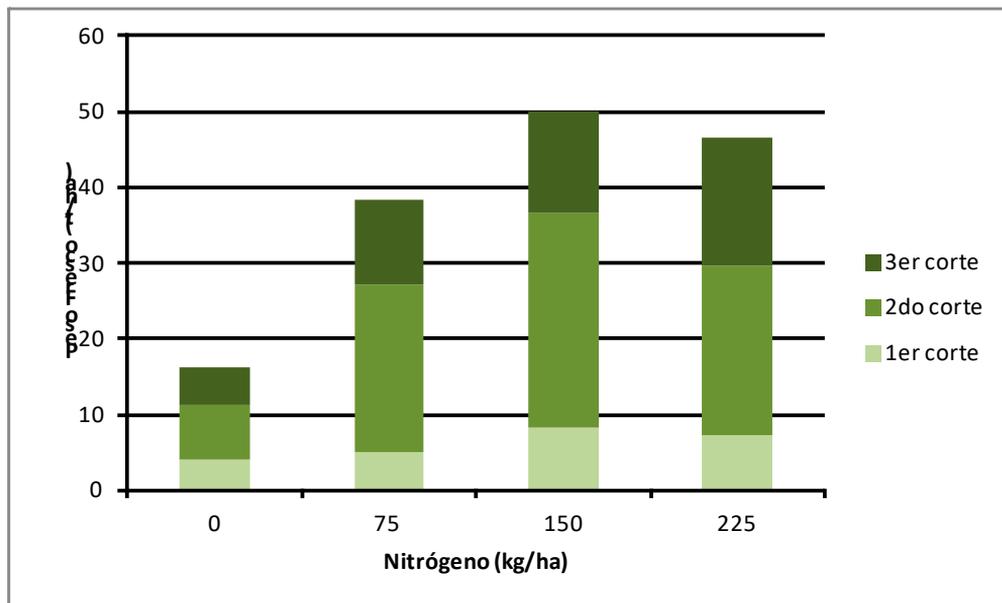
## Fertilización

El perejil es una planta de alta demanda de nutrientes minerales para asegurar producciones abundantes, debido principalmente al tipo de órgano de consumo, como son las hojas y peciolo.

Por cada tonelada de producción extrae del suelo: 4,8 kilos de N, 0,6 kilos de  $P_2O_5$ , 5,6 kilos de  $K_2O$ , 1,4 kilos de Ca y 0,5 kilos de Mg.

En un ensayo realizado en INIA La Platina (RM), se evaluó el efecto de 4 dosis de nitrógeno en el rendimiento acumulado en peso fresco de perejil de hoja lisa, usando una dosis de semilla de 15 kg/ha a la siembra. La figura 3 muestra los resultados de este ensayo, donde se observa que el incremento sistemático de las dosis de nitrógeno aumenta el rendimiento. Entre 75 y 150 kg/ha de nitrógeno hubo un aumento de 30% en rendimiento de peso fresco, mientras que el salto desde el testigo sin aplicación contra la dosis de 150 kilos fue de tres veces. Por lo tanto, estos resultados indican que la dosis más apropiada para tener un rendimiento alto está en 150 kg/

ha de nitrógeno, aplicando un tercio a la siembra y repartido proporcionalmente después de cada corte. Similares resultados obtuvo (Kolota, 2011) aplicando 160 kg/ha de nitrógeno distribuido en 80 kilos antes de siembra y 40 kilos después de cada corte. Aplicaciones mayores muestran una disminución del rendimiento de 7% respecto a la dosis de 150 kg/ha.



**Figura 3. Rendimiento en peso fresco por corte y acumulado de perejil de hoja lisa bajo cuatro dosis de nitrógeno. INIA La Platina, RM. Temporada 2007/2008.**

Como muchos cultivos de hoja, el perejil tiende a acumular nitratos bajo ciertas condiciones, como baja intensidad lumínica y gran aplicación de nitrato. Aunque el consumo de nitrato puede ayudar a disminuir la presión arterial y mejorar las condiciones cardiovasculares, también puede producir una serie de desórdenes en la salud humana cuando son consumidos en exceso (Hord y otros, 2009).

El exceso de contenido de nitratos en los tejidos de las plantas se puede reducir tomando algunas medidas como ajustar la tasa de aplicación de nitrógeno, eligiendo la fuente nitrogenada apropiada, interrumpir la aplicación de nitrógeno unos cuantos días antes de iniciar la cosecha, elegir variedades que tengan menor tendencia a acumular nitratos. La decisión de cuando sembrar también afecta, porque el incremento del largo del día, intensidad de luz y temperatura del aire afectan la acumulación de nitratos por la promoción de la actividad de nitrato reductasa en las hojas (Petropoulos y otros, 2011).

Los otros elementos como fósforo y potasio, se recomienda aplicarlos en forma racional de acuerdo con el análisis de suelo y del rendimiento esperado como aplicaciones de base antes de siembra.

## Riego

Aunque es un cultivo muy rústico, prefiere los suelos con cierto contenido de humedad. El riego puede realizarse por aspersión o por goteo. En zonas más cálidas se debe regar cada ocho o diez días en invierno y cada dos o tres en verano, dependiendo de la textura del suelo.

Se debe tener mucho cuidado con el riego después de la siembra de debido al largo tiempo que necesita la semilla para germinar, emerger y establecerse. Es recomendable regar por aspersión en estas etapas para mejorar la tasa de germinación y el posterior crecimiento de las plantas.

## Sanidad

El perejil es uno de los cultivos con menores problemas sanitarios, en el país no lo atacan en forma significativa ni plagas, ni enfermedades; sin embargo, hay algunos problemas sanitarios que existen en otros lugares y que eventualmente podrían presentarse en el cultivo.

La mayoría de las enfermedades descritas de tipo bacteriano como *Pseudomonas syringae* pv. *apii*, *Pseudomonas cichorii* y *Erwinia carotovora* están presentes con climas más bien calurosos y húmedos con temperaturas sobre 29°C. Las *Pseudomonas* pueden ser controladas con aplicaciones de cobre y compuestos orgánicos, pero *Erwinia* sólo se controla mediante sistemas de refrigeración (Snowdon, 1991).

En el caso de hongos, *Septoria petroselini* y *Cercospora petroselini* son los agentes causales de enfermedades foliares más importantes. Los síntomas de *Cercospora* están dados por manchas de color gris claro, con márgenes muy bien delimitados. Las conidias son diseminadas por corrientes de aire y germinan en la superficie de las hojas que tengan agua libre, la penetración es estomática. La *Septoria* se manifiesta con manchas de color pardo más oscuro donde se pueden distinguir picnidios no sólo en el centro de la mancha, sino también en el tejido verde que lo rodea. Las conidias de *Septoria* o picnosporas son producidas en masas viscosas recubiertas de gelatina esporífera y son diseminadas por las salpicaduras de lluvia, o por el cultivador que circula entre las plantas mojadas lluvia o rocío. La germinación y la penetración exigen más de 90% de humedad durante dos días, o el humedecimiento de las hojas durante 24 horas (Messiaen y otros, 1995).

Ambos hongos pueden ser transmitidos por semilla, *Cercospora* bajo forma micélica y *Septoria* bajo forma de picnidios en la superficie de las semillas. La infección de las plántulas a partir del inóculo que portan las semillas o a partir de los restos de cosecha, es discreta en un principio, y en el caso de *Septoria* pasa por una fase radicular (Messiaen y otros, 1995).

El control preventivo pasa por rotaciones de cultivos a lo menos de dos años, eliminación de los residuos del terreno y uso de semilla desinfectada. Si la semilla es corriente o de procedencia desconocida, se recomienda usar un fungicida como desinfectante (Thiram o Captan). La semilla de más de dos años de edad solamente tiene picnidios muertos, por lo tanto, no es necesario desinfectarla. En caso de necesitar control, se debe aplicar productos como tiabendazol con benomilo, u otros productos con baja carencia (menor a 14 días) para dominar apariciones de síntomas iniciales. Aplicaciones de maneb, propiconazole o clorotalonil en pulverizaciones con abundante agua que moje el envés de las hojas es recomendable para el control de estas enfermedades (<https://www.infoagro.com/aromaticas/perejil2.htm>).

La pudrición blanda causada por *Sclerotinia sclerotiorum* puede atacar al cultivo en desarrollo, son especialmente susceptibles las plantas cultivadas en densidades altas y/o en espacios cerrados, como también los cultivos forzados bajo plástico.

En Chile, también se ha descrito la presencia de Pudrición Gris (*Botrytis cinerea*) afectando hojas y tallos de perejil cuando hay exceso de humedad en el follaje por lluvia, rocío o riego por aspersión. Se puede controlar con aplicaciones de captan, thiram o benomilo. La caída de plantas o fusariosis también ha sido descrita por la presencia de *Fusarium oxysporum* y *Fusarium sp.*, así como ataques leves de oidio cuyo agente causal fue identificado como *Erysiphe heraclei* en el valle de Salinas, California (Koike y Saenz, 1997).

Respecto a plagas, no se conocen plagas específicas que ataquen al cultivo, debiendo ser controladas solamente las plagas polífagas de las hortalizas, tales como gusano blanco, gusano alambre, etc. Se pueden utilizar insecticidas de suelo como clorpirifos, imidacloprid, thiomtoxam y otros. Los pulgones a veces atacan parte de los órganos vegetativos, especialmente al follaje. Los daños que causan principalmente son sobre las hojas, provocando deformaciones y reduciendo el crecimiento. Se controla en base a pulverizaciones con productos que idealmente tengan pocos días de carencia para no retrasar las cosechas. Se puede usar dimetoato, permetrina, metomilo, lambdacialotrina, etc.

## Índice de cosecha

En perejil se cosechan peciolo y hojas en estado verde, generalmente se realiza con longitud de hojas sobre 10 cm como índice, realizándose varios cortes en la temporada.

## PRODUCTIVIDAD

### Rendimiento

En general, el promedio de peso fresco acumulado que se obtiene en el cultivo de perejil varía entre 20 y 36 t/ha (Karkleliené y otros, 2014), variando el número de cortes entre 3 y 5 por año.

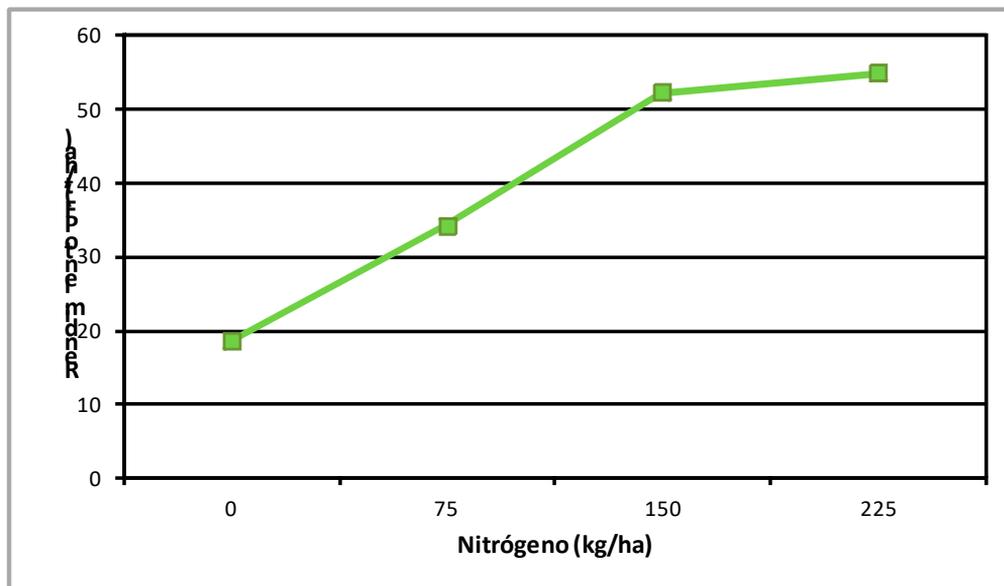
En un ensayo realizado en INIA La Platina con tres tipos de perejil (Cuadro 1), se observaron rendimientos promedio de materia verde (MV) de hasta 31 t/ha para el tipo liso, casi el doble que en el tipo crespo. Lo mismo se ve reflejado en la altura de planta o largo del peciolo, el tipo liso duplica en altura al crespo; sin embargo, al observar el peso seco de la planta completa y en hojas no hay gran diferencia entre ambos, lo que podría indicar que el perejil liso tiene un mayor contenido de agua en sus tejidos. Pero en los tallos, el tipo liso, tiene 27% más de materia seca que el crespo, lo que es bastante lógico ya que tiene más altura y requiere de más soporte.

**Cuadro 1. Rendimiento promedio de tres tipos de perejil evaluados en el INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

	Liso	Crespo	Raíz
Altura de planta (cm)	41,3	23,3	20,0
Peso fresco (kg/ha)	31.857	16.905	8.143
Peso seco planta (g/100g MV)	7,8	7,1	8,2
Peso seco hojas (g/100g MV)	8,8	8,5	9,2
Peso seco tallos (g/100g MV)	6,0	4,7	5,8

El perejil de raíz no es consumido en Chile, pero se incluyó en el ensayo para conocer sus características, por eso no se discuten sus resultados y se incluyen a modo de datos informativos. El rendimiento informado en materia verde corresponde a hoja y peciolo, por lo tanto, es bastante menor porque no es el órgano de consumo y ha sido seleccionado para mover los fotosintatos hacia la raíz, que es el órgano de consumo de este tipo de perejil.

En otro ensayo de evaluación de respuesta a fertilización nitrogenada en perejil liso, realizado en INIA La Platina (RM) durante la temporada 2008/2009 se observaron resultados que muestran un gran potencial de rendimiento de esta hortaliza con un manejo apropiado de la nutrición mineral, como se muestra en la Figura 4. El incremento de fertilizante nitrogenado mostró un aumento en el rendimiento acumulado sostenido de 2,8 veces entre el testigo sin aplicación hasta los 150 kg/ha, desde donde no hubo incrementos mayores.



**Figura 4. Rendimiento acumulado en peso fresco (PF) de perejil bajo diferentes dosis de nitrógeno. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2008/2009.**

### **Rendimiento Industrial**

El perejil es procesado industrialmente como hortaliza deshidratada y para jugo, el cual es mezclado con otras hortalizas y usado en alimentos para bebés y adultos mayores, pero también como ingrediente en jugos diluidos para consumo directo. Por lo tanto, para cubrir la demanda de materia prima es fundamental que la materia verde tenga alto contenido de sólidos solubles o azúcares solubles y materia seca, que son los componentes de rendimiento más importantes para este tipo de industrialización de hortalizas.

Los sólidos solubles en plantas de perejil fluctúan entre 12 y 14ºBrix en la planta completa, como se observa en el Cuadro 2. No hay grandes diferencias entre los tipos liso y crespo, aunque se incrementan en 14 a 16% en perejil para raíz.

**Cuadro 2. Contenido promedio de sólidos solubles (°Brix) de tres tipos de perejil en diferentes órganos. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

	Liso	Crespo	Raíz
Planta Completa	12,1	12,0	14,0
Peciolos	9,7	9,8	10,9
Hoja	16,3	16,4	18,1

Al separar el peciolo de la hoja y evaluar el contenido de azúcares, se observó que la hoja poseía casi un 70% más que el peciolo en todos los tipos de perejil tampoco hubo grandes diferencias entre los tipos liso y crespo en ninguna de las dos partes evaluadas, pero si hubo incremento en perejil de raíz respecto a los de corte en una unidad para el peciolo y dos unidades para la hoja. El perejil de raíz es bastante más compacto y corto de peciolos que el de corte, entonces probablemente hay una mayor concentración de azúcares en menor cantidad de tejido, respecto al de corte que es más exuberante y alto.

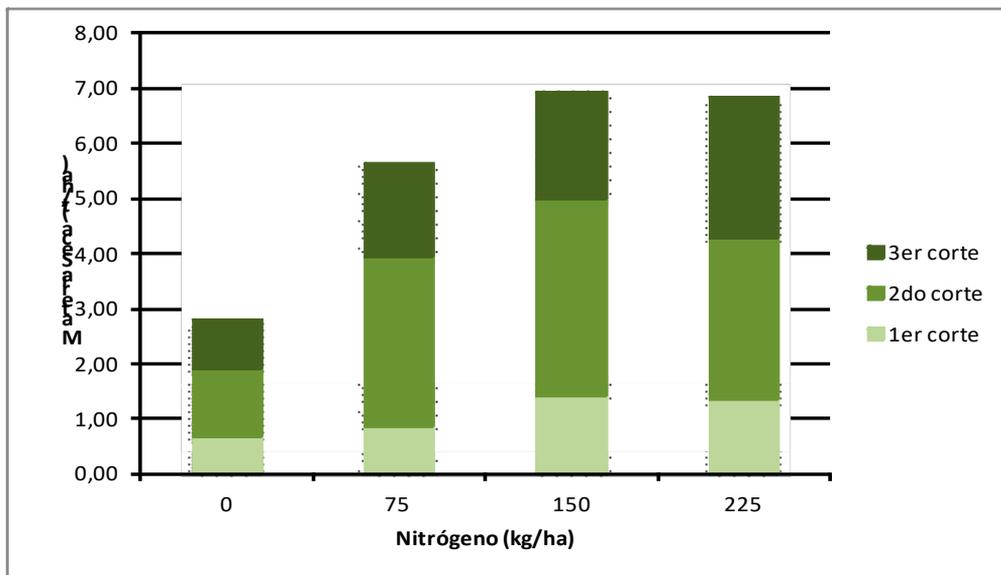
En cuanto al contenido de materia seca, se observó un promedio fluctuante entre 16 y 19% en la planta completa (Cuadro 3), similar al obtenido por (Karkleliené y otros, 2014), siendo el perejil de raíz el que mostró mayor contenido de materia seca respecto a los tipos liso y crespo, aunque este último también fue superior al liso, lo que indica un mayor contenido de agua en el tipo liso.

**Cuadro 3. Contenido promedio de materia seca (%) de tres tipos de perejil en diferentes órganos. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

	Liso	Crespo	Raíz
Planta completa	15,8	17,3	19,3
Peciolos	14,3	15,0	15,7
Hojas	12,4	12,3	14,7

Las hojas no mostraron gran diferencia entre los tipos liso y crespo, aunque el de raíz tuvo entre 18 y 19% más de materia seca acumulada que los anteriores.

En conclusión, el perejil tipo liso es una muy buena materia prima para la industria con un gran potencial productivo no tiene gran diferencia en contenido de materia seca y sólidos solubles respecto al crespo, pero si en rendimiento de campo, donde lo supera por 53% más de materia verde.



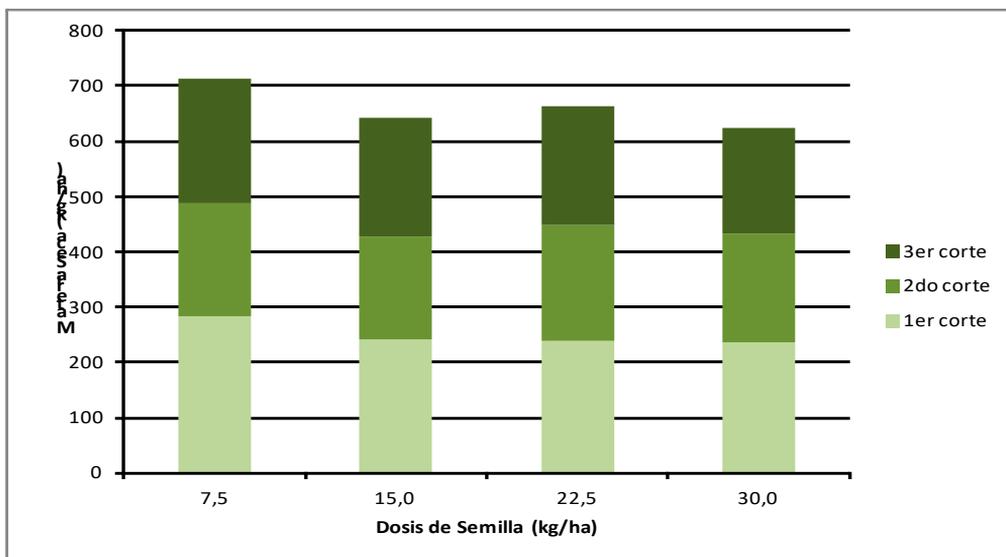
**Figura 5. Promedio de materia seca por corte y acumulada (t/ha) de perejil liso bajo diferentes niveles de aplicación de nitrógeno. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2008/2009.**

En un ensayo donde se evaluaron diferentes dosis de nitrógeno (Figura 5), se observaron disminuciones de 2,5 y 1,2 veces en materia seca por hectárea acumulada respecto a la dosis de 150 kg/ha para el testigo sin aplicación y los 75 kg N/ha, respectivamente. Sin embargo, al incrementar el nitrógeno a 225 kg/ha no se observó una diferencia sustancial en contenido de materia seca acumulada, por lo tanto, la planta acumuló más agua que elementos estructurales en sus tejidos.

Respecto a la respuesta a fertilización nitrogenada por corte, se observaron comportamientos similares a la materia seca acumulada para casi todos los tratamientos. Solamente en el caso de la dosis mayor el promedio del tercer corte fue superior a los otros tratamientos, posiblemente por tener más reservas nitrogenadas para el crecimiento de los órganos vegetativos como lo son peciolo y hojas.

El efecto de la dosis de semilla en el contenido de materia seca (MS), también fue estudiado en perejil tipo liso. Se encontró que la dosis menor de 7,5 kg/ha de semilla fue la que tuvo mejor rendimiento en MS, como se observa en la Figura 6. Las dosis mayores mostraron una disminución entre 7 y 14% de rendimiento respecto a la dosis menor. Probablemente, la dosis baja de semilla produjo una población de plantas con más espacio para desarrollarse, por lo tanto, las hojas pudieron expandirse más

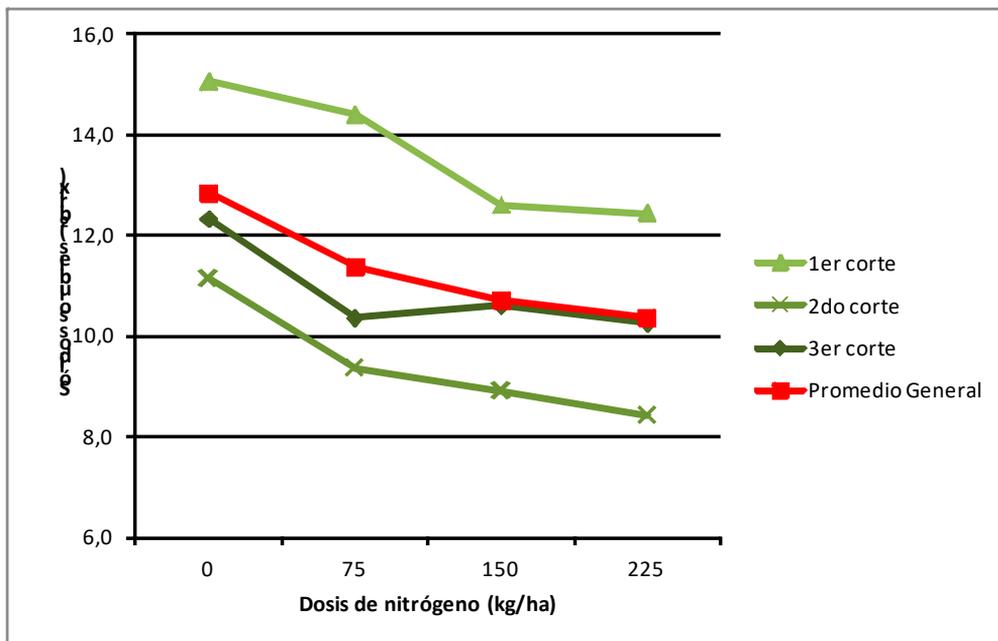
y lograr una mejor canopia cubriendo el suelo por cada planta, esta situación permite incrementos en la fotosíntesis de la planta individual, lo que se refleja posteriormente en la acumulación de azúcares solubles, estructurales, fibra y otros compuestos que componen la materia seca de la planta.



**Figura 6. Promedio de materia seca por corte y acumulada (kg/ha) de perejil liso con diferentes dosis de semilla. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2008/2009.**

Respecto a las diferencias por corte entre dosis de semilla, no se observaron mayores incrementos ni disminuciones en contenido de MS.

Los sólidos solubles también se ven afectados por la fertilización nitrogenada, como se observa en la figura 7, en perejil tipo liso hubo una disminución de azúcares en la medida que se incrementó el nitrógeno, independiente del corte. Esto se debe principalmente al aumento del contenido de agua en los tejidos del perejil con la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, en que las vacuolas se llenan más, la planta se pone de color verde más intenso y aumenta la turgencia, lo que no significa que acumule más azúcares, sino que las que produce se diluyen en la solución del protoplasto. Por lo tanto, esto redundaría en un crecimiento por expansión celular y no por acumulación de azúcares estructurales.



**Figura 7. Contenido de sólidos solubles promedio (°Brix) por corte en perejil liso con cuatro aplicaciones de nitrógeno. INIA La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2008/2009.**

Respecto a las diferencias entre cortes, el primero es el que acumula más azúcares solubles, puesto que la planta está intacta y ha acumulado durante todo el periodo de crecimiento; pero luego del corte a mediados de invierno, normalmente, la planta utiliza las reservas de las raíces para iniciar el nuevo crecimiento, la fotosíntesis continúa activa a través de las hojas nuevas que vienen creciendo y los peciolo que quedan después del corte. Al incrementar la luz y temperatura en primavera, hay un crecimiento de las hojas bastante mayor, que se refleja en rendimiento en peso fresco del corte, pero no en acumulación de sólidos solubles, los cuales están más diluidos en mayor cantidad de tejido fresco. El tercer corte concentra más sólidos por el periodo de crecimiento previo que tiene en plena primavera, aunque también tiene menos materia verde, por lo tanto, están los azúcares más concentrados en los tejidos de las hojas.

Para producir perejil para procesamiento es recomendable usar dosis de nitrógeno no superiores a 150 kg/ha cuando el destino de la producción es jugo, sobre esa cantidad no hay incrementos físicos de rendimiento, pero sí de costos directos de producción y costos ecológicos. Sin embargo, dosis de hasta 75 kg/ha son suficientes si la producción está destinada a deshidratado, hay una mejor concentración de ma-

teria seca y los costos de eliminar agua de los tejidos disminuye. Lo mismo se debe considerar respecto a sólidos solubles, ya que incrementos en la dosis de nitrógeno los disminuyen en forma más notoria que la materia seca.

## **VARIEDADES**

En el comercio mundial no hay muchas variedades de perejil, sin embargo, se pueden distinguir tres tipos:

- Liso
- Crespo
- Raíz

También hay algunas variedades especiales para producir semilla de la cual se extraen aceites esenciales.

En el país se han introducido algunas variedades, especialmente tipo crespas, pero no han sido muy demandadas por los agricultores, especialmente debido a la falta de comercio de este tipo. El consumidor no compra perejil crespo, principalmente por desconocimiento y por la calidad, es un poco más duro y tosco al paladar, y está siendo usado principalmente de adorno en los platos gourmet.

En un ensayo realizado en el INIA LA Platina en la temporada 2007/2008, se evaluaron cinco variedades de perejil liso, dos de crespo y uno de raíz. En altura de planta, rendimiento en peso fresco y peso seco, los de tipo liso fueron muy superiores a los crespas y de raíz, como se observa en el Cuadro 4. El mejor rendimiento en fresco y seco lo presentó la variedad Novas de tipo liso con 50 y 11 t/ha para peso fresco y seco, respectivamente. Sin embargo, las variedades corrientes de perejil liso 1 y 2 también tuvieron un muy buen comportamiento, aunque 22% en peso fresco y 18% en peso seco menor a Novas. La mayoría de las variedades tipo liso fueron superiores a las de tipo crespo y de raíz. Entre las variedades de tipo crespo, Krausa fue superior en rendimiento a Petra con 27% y 25% en peso fresco y seco, respectivamente.

La altura de planta refleja lo mismo que el rendimiento, donde las más altas tuvieron los mejores rendimientos. La variedad Titán, en el caso del tipo liso fue la que presentó resultados muy inferiores a las otras, casi a nivel del tipo para raíz, las cuales tienen un fenotipo adecuado para la acumulación de reservas en una raíz tuberosa y un follaje menor por las características que se buscan por uso.

**Cuadro 4. Evaluación de altura de planta, rendimiento fresco y seco en ocho variedades de perejil. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

Variedad	Tipo	Altura de planta (cm)	Peso fresco (kg/ha)	Peso seco (kg/ha)
Novas	Liso	57	50.476	11.105
Liso 1	Liso	57	43.857	10.189
Liso 2	Liso	50	35.714	8.250
Rialto	Liso	30	20.667	4.609
Titán	Liso	13	8.571	1.900
Petra	Crespo	23	14.286	2.910
Krausa	Crespo	23	19.524	3.931
Eagle	Raíz	20	8.143	1.877

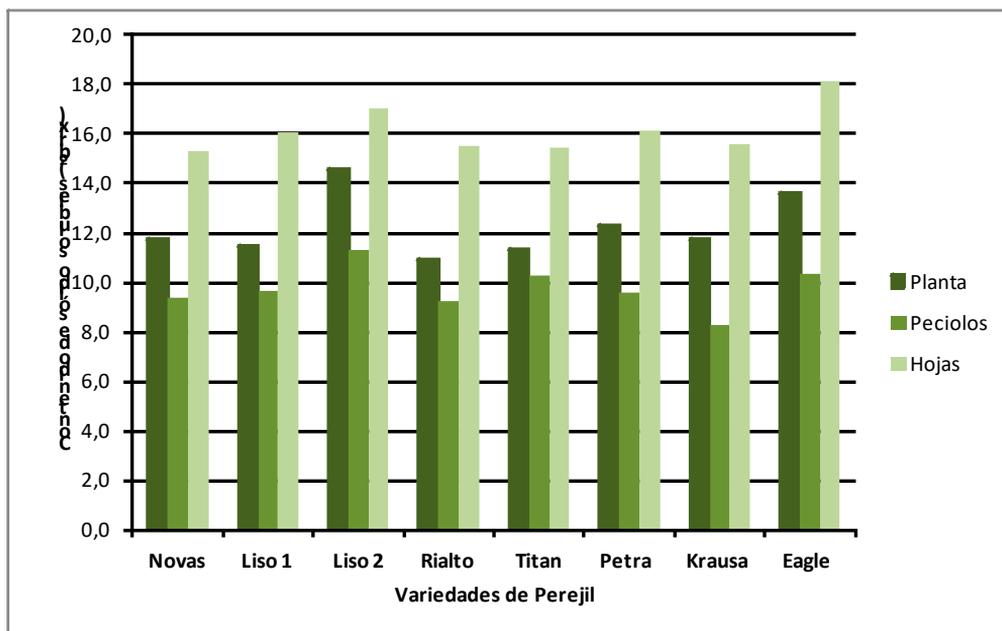
En la Figura 8 se puede observar la diferencia de crecimiento entre las variedades de tipo liso y crespo. Las variedades de hoja lisa siempre muestran una planta de mayor altura, por lo tanto, peciolo largo, pero también se observan hojas más anchas. Sin embargo, el tipo crespo tiene una mejor cobertura de suelo por la forma de sus hojas más arrepolladas y compactas, aunque se observó mayor daño por enfermedades fungosas, tal vez debido a la menor ventilación entre plantas al ser sembrados a la misma dosis que perejil liso.



**Figura 8. Ensayo de variedades de perejil y comparación entre variedades tipo liso con crespo. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

El contenido de sólidos solubles por variedad y órgano se presenta en la Figura 9, donde se observa que en general no hubo variaciones muy grandes dentro de cada órgano analizado. En planta total destaca Liso 2 y Eagle (de raíz) con alrededor de 14<sup>º</sup>Brix, mientras que las otras variedades se mantienen dentro de un promedio entre 11 y 12<sup>º</sup>Brix.

En hoja, se repite nuevamente el mismo resultado, pero con la diferencia que en este caso estas variedades estuvieron entre 17 y 18<sup>º</sup>Brix y el resto se mantuvo solamente entre 15 y 16<sup>º</sup>Brix. Las hojas mostraron una gran acumulación de azúcares, probablemente debido a que es el principal órgano que realiza fotosíntesis, por lo tanto, hay una actividad muy intensa de almacenamiento y traslocación hacia otros órganos.



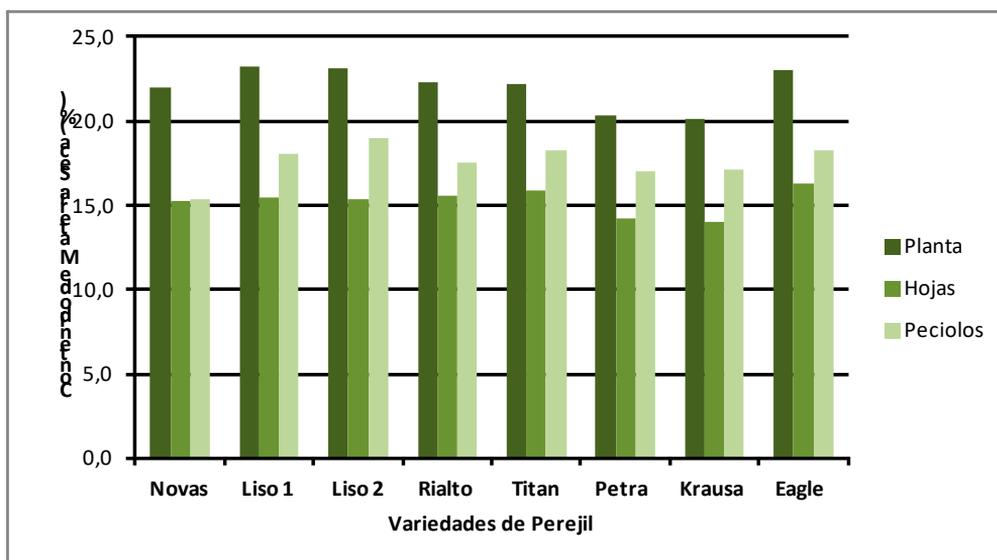
**Figura 9. Contenido de sólidos solubles (ºBrix) total, en hoja y peciolo de ocho variedades de perejil. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

Los peciolos mostraron menor contenido de azúcares, en promedio general sólo alcanzan 9,8ºBrix, sin embargo, se repiten las ubicaciones en los resultados, siendo Liso 2 la de mayor contenido, mientras que Eagle y Titán presentaron resultados similares. La variedad de más baja acumulación de azúcares en peciolo fue la de tipo crespada Krausa con 8,1ºBrix. La menor acumulación de azúcares solubles en el peciolo se debe a que éste es principalmente un órgano de soporte de la hoja y de conducción de solutos a otras partes de la planta.

Como se observa en la Figura 10, la materia seca total de la planta tuvo como promedio 22%, sin embargo, en general todas las variedades estuvieron por sobre el 20%. Las Liso 1 y 2, más Eagle presentaron valores un poco más alto cerca del 23%, mientras que las de tipo crepo Petra y Krausa fueron las más bajas con alrededor de 20%.

Los peciols en promedio mostraron 2% más de MS que las hojas, algo que no es raro, porque al ser órganos de soporte deben tener más azúcares estructurales como celulosa y hemicelulosa que aportan fuertemente a la materia seca. En promedio, los peciols tuvieron 17,3% de MS, fluctuando entre 15,4% y 18,9% para Novas y Liso 2, respectivamente.

Las hojas fluctuaron entre 14,0% y 16,3% para Krausa y Eagle, respectivamente. El promedio general estuvo en 15,3%, aunque se observa que los rendimientos en %MS fueron bastante parejos para todas las variedades.



**Figura 10. Contenido de materia seca (%) total, en hoja y peciolo de ocho variedades de perejil. CRI La Platina, Región Metropolitana. Temporada 2007/2008.**

En resumen, las variedades que presentaron mejores características para procesamiento fueron las de tipo liso, por su buen contenido de materia seca, sólidos solubles y rendimiento en peso fresco. Si se usan para procesamiento deshidratado tienen alrededor de 20 a 22% de rendimiento industrial, lo que es muy bueno para el procesamiento de órganos vegetales como hojas y peciols, los cuales generalmente contienen mucha agua. Al ser usadas para producción de jugo, la extracción de sólidos solubles de estas mismas variedades las hace muy interesantes.

## VALOR NUTRITIVO

El perejil es más bien usado tradicionalmente en la cocina como un condimento, aderezo y ornamento de platos más que como una hortaliza con un interesante valor nutritivo. Esta hortaliza es rica en varias vitaminas como K, C, B9 y A, pero también es un buen aporte en minerales como potasio (811 mg/100 g MV), hierro (3,6 mg/100 g MV) y calcio (179 mg/100 g MV), teniendo pocos carbohidratos (7,4 g/100 g MV) y calorías (59,1 kcal/100 g MV).

Las hortalizas verdes, como lo es el perejil, aportan muchos beneficios a la salud debido a las vitaminas, minerales y fitonutrientes que contienen, tales como compuestos fenólicos, folatos y flavonoides (Farzaei y otros, 2013; Pereira y otros, 2001). Muchos usos en la medicina tradicional le han dado al perejil, probablemente por su gran actividad farmacológica, la cual ha sido publicada en innumerables artículos y fue recopilada (Farzaei y otros, 2013), donde se describen actividades como antioxidante, hepatoprotector, anti plaquetario, laxante, estrogénico y diurético, por nombrar algunas.

Los azúcares totales en hojas de perejil varían entre 3,3 y 4,1% (Karkleliené y otros, 2014), siendo glucosa y fructosa los principales. También se ha detectado, además de glucosa y fructosa, apiosa en semillas, tallos y hojas, la cual contribuye mayormente en las estructuras de flavonoides glucósidos (Farzaei y otros, 2013).

Respecto a los ácidos grasos presentes en perejil, linolénico C18:3 es el más abundante, seguido por linoleico C18:2, palmítico C16:0 y esteárico C18:0 (López y otros, 1999). (Pereira y otros, 2001) encontraron que perejil producido en Australia tenía el porcentaje más alto en composición y concentración de ácidos grasos omega-3 poliinsaturados, esencialmente 18:2n-6, respecto a otras 11 hortalizas verdes, las cuales representan aproximadamente el 59 a 72% del total de ácido grasos de la planta.

Dentro del valor nutritivo del perejil, cabe destacar el gran contenido de minerales que posee como potasio, calcio, hierro, fósforo, magnesio y sodio. Esta planta, al ser tan rica en potasio ayuda a mejorar la circulación sanguínea, regulando la presión arterial, hecho muy relacionado a la vez con la capacidad diurética que posee debido a una inhibición de la bomba  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  que conduciría a una reducción de  $\text{Na}^+$  y reabsorción de  $\text{K}^+$  conduciendo hacia un flujo osmótico de agua en el lumen y provocando diuresis (Kreydiyyeh y Usta, 2002).

### Valor nutracéutico

El perejil posee una gran cantidad de antioxidantes como flavonoides y vitaminas, pero también aceites esenciales de alto valor nutracéutico. Pero, además contienen una amplia variedad de fitoquímicos bioactivos como cumarinas, que tienen efectos nutritivos, preventivos y curativos de enfermedades (Cherng y otros, 2008).

## **Vitaminas**

Las principales vitaminas o provitaminas encontradas en perejil son vitamina K, seguido de vitamina A, ácido ascórbico o vitamina C y ácido fólico o vitamina B9.

La vitamina K se puede encontrar en cantidades de aproximadamente 1.640 µg/100 g de MV (US Department of Agriculture), alcanzando a cubrir el 2.050% de las necesidades diarias. Sin embargo, otra investigación encontró que ese valor era muy alto y que la variación estaba entre 640 – 787 µg/100 g de MV (Presse y otros, 2015), valores que coinciden con los encontrados por investigaciones realizadas anteriormente (Koivu y otros, 1997; Shearer y otros, 1996). Además el perejil deshidratado presentó valores cerca de los 2.600 a 3.000 µg/100 g (Presse y otros, 2015), mostrando una concentración a causa de la deshidratación de los tejidos.

Uno de los precursores de la vitamina K son las filoquinonas, que es sintetizada en plantas verdes como aceptor de electrones del fotosistema I (Presse y otros, 2015). Esta vitamina tiene un rol importante en la correcta coagulación de la sangre, así como para el metabolismo de los huesos, pero también es esencial para la síntesis de esfingolípidos (Denisova y Booth, 2005), que es la grasa necesaria para mantener la cubierta de mielina alrededor de los nervios y del sistema nervioso en general.

Esta hortaliza posee también un alto contenido en vitamina C, el cual fluctúa entre 138 a 162 mg/100g de MV (Karkleliené y otros, 2014), valor que representa 222% de las necesidades diarias. La alta cantidad de vitamina C que contiene el perejil puede traer varios beneficios a la salud humana, por ejemplo, su efecto antioxidante eliminando los radicales libres, estimula el sistema inmune, mantiene los dientes y huesos sanos, además de muchas otras funciones.

El contenido de vitaminas o precursores de vitaminas varía después del corte en fresco. Resultados de un experimento mostraron que en perejil, después de 10 días de corte mínimamente procesado, disminuyó el  $\alpha$ -tocoferol, ácido ascórbico y nicotinamida, pero incrementó el contenido de  $\beta$ -caroteno, tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina y ácido fólico (Santos y otros, 2014).

## **Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios comúnmente encontrados en las diferentes hortalizas, dentro de ellos los flavonoides son los más importantes y ampliamente distribuidos en las diferentes especies hortícolas. En el caso de perejil el más abundante encontrado es apiina (apigenina-7-O-apiosilglucosido) seguidos por una serie de derivados del ácido *p*-cumárico, dentro de 11 compuestos fenólicos caracterizados, además exhibiendo una fuerte actividad antioxidante (Kaiser y otros, 2013).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cherng, J. M., Chiang, W. y Chiang, L. C. 2008. Immunomodulatory activities of common vegetables and spices of Umbelliferae and its related coumarins and flavonoids. *Food Chem.* 106(3): 944-950. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.005>.

Denisova, N. A. y Booth, S. L. 2005. Vitamin K and sphingolipid metabolism: Evidence to date. *Nutr Rev.* 63(4): 111-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.2005.tb00129.x>.

Dursun, A. y Ekinci, M. 2010. Effects of different priming treatments and priming durations on germination percentage of parsley (*Petroselinum crispum* L.) seeds. *Agricultural Sciences.* 1(1): 17-23. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2010.11003>.

Farzaei, M. H., Abbasabadi, Z., Shams Ardekani, M. R., Rahimini, A. y Farzaei, F. 2013. Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *J Tradit Chin Med.* 33(6): 815-826. [http://dx.doi.org/10.1016/S0254-6272\(14\)60018-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0254-6272(14)60018-2).

Hord, N.G., Tang, Y. y Bryan, N. S. 2009. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *American Journal of Clinical Nutrition,* 90(1):1-10. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131>.

Kaiser, A., Carle, R. y Kammerer, D. R. 2013. Effects of blanching on polyphenol stability of innovative paste-like parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym ex A. W. Hill) and marjoram (*Origanum majorana* L.) products. *Food Chem.* 138(2-3): 1648-1656. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.063>.

Karklelienė, R., Dambrauskienė, E., Juskevicienė, D., Radzevicius, A., Rubinskiene, M. y Viskelis, P. 2014. Productivity and nutritional value of dill and parsley. *Hort.Sci. (Prague).* 41(3):131-137. <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/130007.pdf>.

Koike, S. T. y Saenz, G. S. 1997. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe heraclei* on celery in North America. *Plant Dis.* 81(2):231. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.2.231A>.

Koivu, T. J., Piironen, V. I., Henttonen, S. K. y Mattila, P. H. 1997. Determination of phylloquinone in vegetables, fruits, and berries by High-Performance Liquid Chromatography with electrochemical detection. *J. Agric. Food Chem.* 45(12): 4644-4649. <http://dx.doi.org/10.1021/jf970357v>.

Kolota, E. 2011. Yield and quality of leafy parsley as affected by the nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*. 10(3): 145-154. [http://www.hortorumcultus.actapol.net/pub/10\\_3\\_145.pdf](http://www.hortorumcultus.actapol.net/pub/10_3_145.pdf).

Kreydiyyeh, S. I. y Usta, J. 2002. Diuretic effect and mechanism of action of parsley. *J Ethnopharmacol*. 79(3): 353-357. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00408-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00408-1).

López, M. G., Sánchez-Mendoza, I. R. y Ochoa-Alejo, N. 1999. Comparative study of volatile components and fatty acids of plants and in vitro cultures of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym ex Hill). *J. Agric. Food Chem*. 47(8): 3292-3296. <http://dx.doi.org/10.1021/jf981159m>.

Maroto, J. V. 2017. Otros cultivos hortícolas. En: Maroto, J.V. y Baixauli, C. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13, Cajamar Rural. 745-786.

Messiaen, C. M., Blancard, D., Rouxel, F. y Lafon, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 569pp.

Pereira, C., Li, D., y Sinclair, A. J. 2001. The alpha-linolenic acid content of green vegetables commonly available in Australia. *Int J Vitam Nutr Res*. 71(4): 223-228. <http://dx.doi.org/10.1024/0300-9831.71.4.223>.

Pill, W. G. 1986. Parsley emergence and seedling growth from raw, osmoconditioned and pregerminated seeds. *Hort Science*. 21(5): 1134-1136.

Presse, N., Potvin, S., Bertrand, B., Calvo, M. y Ferland, G. 2015. Phylloquinone content of herbs, spices and seasonings. *J Food Compos Anal*. 41(1): 15-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.020>.

Rodrigues, A. P., Laura, V. A., Chermouth, K. D. y Gadum, J. 2009. Osmocondicionamento de sementes de salsa (*Petroselinum sativum* Hoffm.) em diferentes potenciais hídricos. *Cienc. agrotec., Lavras*. 33(5): 1288-1294. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500013>.

Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J. A., Oliva-Teles, M. T., Ibáñez, E. y Delerue-Matos, C. 2014. Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. *LWT - Food Sci Technol*. 59(1): 101-107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.019>.

Shearer, M. J., Bach, A. y Kohlmeier, M. 1996. Chemistry, nutritional sources, tissue distribution and metabolism of vitamin K with special reference to bone health. *J*

Nutr. 126(4 Suppl): 1181S-1186S.

Snowdon, A. L. 1991. Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables: Volume 1: General Introduction and Fruits: General Introduction and Fruits, Vol 2. Aylesbury, England. BPC Hazell Books, 416pp.

US Department of Agriculture: Nutrient database for standard reference. ndb.nal.usda.gov. [15-1-2016]

Vavilov, N. I., 1992. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 500 pp.





# Alcachofa

*(Cynara cardunculus var. scolymus L.)*

Constanza Jana Ayala, Ing. Agrónomo, Dr.  
Cornelio Contreras Seguel, , Ing. Agrónomo  
Víctor Alfaro Espinoza, Técnico Agrícola

INIA – Intihuasi

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Alcachofa es una planta alógama perteneciente a la familia *Asteraceae*. Estudios recientes, basados en análisis genético y biomoleculares han demostrado que el cardo silvestre es el ancestro directo de la alcachofa (Calabrese, 2016). Se ha postulado que la alcachofa sería un producto hortícola nacido de manos del hombre y estudios genéticos recientes parecen confirmar esta teoría. Selecciones hechas por el hombre a partir del cardo silvestre, habrían resultado primero en la obtención del cardo cultivado, el cual a su vez habría sido la base genética para la obtención de la alcachofa.

Es un cultivo muy antiguo, las primeras reseñas a su consumo están en dibujos grabados en las tumbas egipcias, griegas y romanas quienes la consumían en abundancia porque se pensaba que tenía propiedades digestivas y afrodisiacas. En esos tiempos solo se consumía el tallo (Figura 1). La primera referencia en la que aparece la alcachofa como hortaliza comestible es en el año 1400 en Italia, país que representa la mayor fuente de diversidad para esta especie y es el principal consumidor de alcachofa en el mundo. En la edad media, varios artistas italianos incluyeron a la especie en sus retratos, como parte de la vida diaria (Figura 2).



**Figura 1.** Personaje que tiene en la mano derecha una alcachofa. Tumba del XIV siglo A.C. Museo Británico de Londres.



**Figura 2. Cuadro de Vincenzo Campi de 1535, donde se observan alcachofas en la feria. La pintura se encuentra en Palacio di Brera en Milan, Italia.**

El centro de origen ha sido descrito por varios autores en la cuenca del Mediterráneo (Sonnante y otros, 2007; Mauro y otros, 2009), pero sin que se conozca el lugar exacto, ya que la alcachofa se conoce solamente como planta cultivada, no existiendo en forma natural. Investigaciones realizadas por Gatto y otros (2013), localizan como centro de origen el sur de Italia, probablemente Sicilia. Este cultivo probablemente pudo ser domesticado desde material silvestre en Sicilia y el norte de África durante el periodo imperial romano (Pignone y Sonnante, 2004; Gatto y otros, 2013), alrededor del año 500 a. C. y luego distribuida por los árabes durante la Edad Media.

Se menciona la alcachofa en la literatura romana desde 77 A. C., pero la principal fuente de conocimiento de la agricultura romana que fue escrita por Columella (Lucius Moderatus Columella, 4-70 D. C.), entrega la primera descripción de la planta, aunque no está claro si se referían a ella o al cardo. Posteriormente, Plinio el Viejo (Caius Plinius Caecilius Secundus, 23-79 D. C.) reporta métodos del cultivo de la alcachofa en zonas tales como Cartago (Túnez) y Córdoba (España) (Calabrese, 2016). En siglos siguientes, la alcachofa fue descrita por Galeno (Galenos, 129-200 d. C.), el gran médico griego de Pergamon, hoy Bergama, Turquía, por su uso en medicina y farmacopea (Oliaro, 1969).

Hoy en día corresponde a un producto típico de regiones del Mediterráneo, especialmente de países como Italia, Francia y España, los que son grandes productores (agrupan el 80% de la producción mundial) y consumidores de esta especie. Desde esta zona se ha difundido a otras áreas del mundo que tienen influencia étnica y condiciones climáticas mediterráneas. El nombre de la alcachofa en muchas lenguas

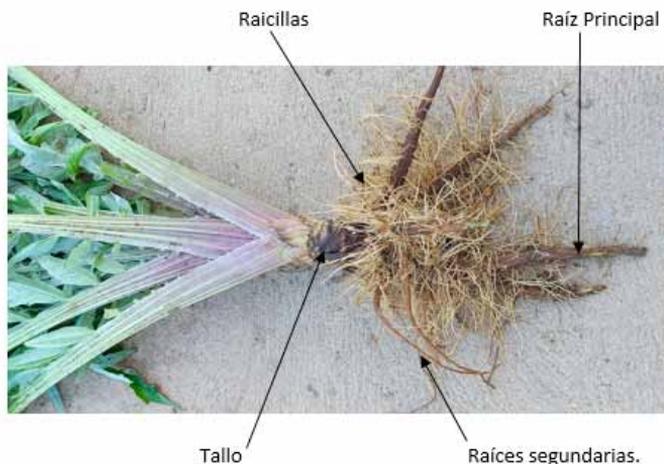
européas viene del árabe medieval **الخرشوف** al-ḥaršūf (American Heritage Dictionary, 2016), desde donde deriva artichoke (inglés), artichaud (francés) y alcachofa (español).

### La alcachofa taxonómicamente pertenece a la familia Asteraceae

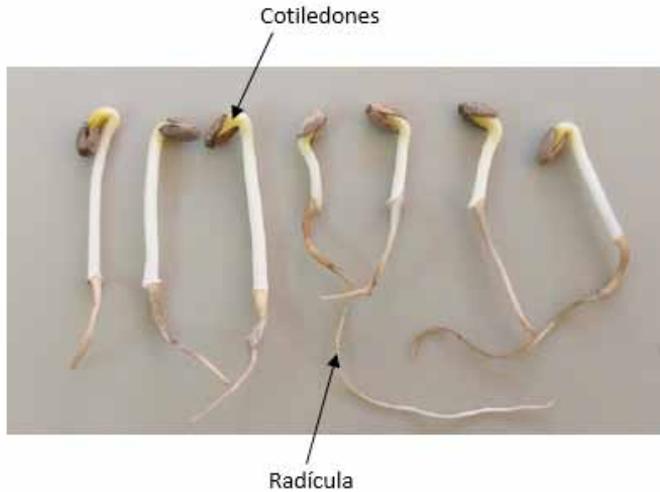
- Subfamilia: Cichorioideae
- Tribu: Cardueae
- Sub-tribu: Echinopsidinae
- Género: *Cynara*
- Especie: *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori

Es una planta herbácea criptófita perenne, o sea que tiene sus órganos de renuevo subterráneos, además es alógama y entomófila en su fase de reproducción sexual. Tiene  $2n = 2 \times 17 = 34$  cromosomas.

Presenta raíces gruesas, cónicas y alargadas, que la hacen bastante resistente a la sequía (Figura 3). Una planta adulta está formada por raíces principales de consistencia leñosa o subleñosa, raíces secundarias fibrosas y raíces capilares. Cuando la reproducción es por semilla, la raíz deriva de la radícula del embrión (Figura 4); pero si es asexual, las raíces son adventicias y provienen de las yemas del órgano que se utilice para la propagación (tallo, hijuelo).

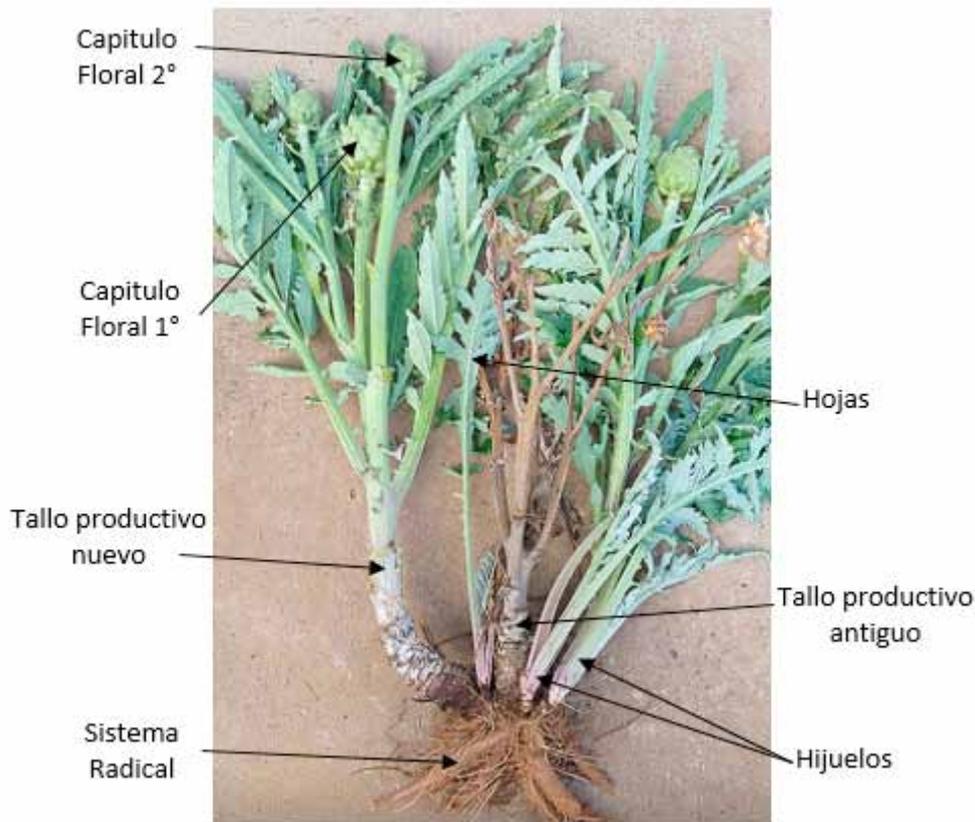


**Figura 3. Raíces planta joven de alcachofa.**



**Figura 4. Radícula en plántula de semilla de alcachofa.**

Presenta dos zonas, una zona hipógea provista de las yemas que darán origen a los hijuelos y óvolis, y una zona epígea donde se desarrolla el crecimiento de la planta. La zona hipógea lleva equivocadamente el nombre de “rizoma” pese a que es una estructura de tallo modificado, engrosado con una serie de yemas latentes, cuyo tamaño va disminuyendo desde la base hasta el ápice. En la zona epígea, en los inicios del desarrollo, el tallo es muy corto y con una roseta de hojas y a medida que la yema apical evoluciona, se origina el tallo floral. El eje floral o tallo florífero, mide entre 40 a 80 cm, pero en los nuevos cultivares híbridos puede superar los 120 a 150 cm de altura. Se caracteriza por ser cilíndrico, acanalado y muy ramificado. En los ápices de los tallos, se encuentran las inflorescencias, cuyos capítulos representan la parte comestible de la planta (Figura 5).



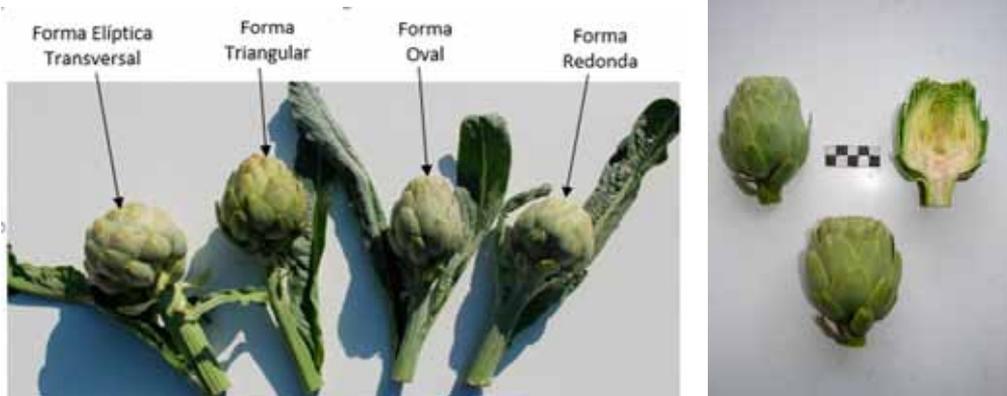
**Figura 5. Planta completa de alcachofa, con detalle de tallo productivo antiguo y nuevo.**

Las hojas son verdes en el haz y en diferentes tonos grisáceos en el envés. La forma de las hojas varía con los cultivares, la edad de la planta, la posición en la planta, entre otros. Las hojas más jóvenes y que se encuentran en el tallo de la flor más cercano a la cabeza, son lanceoladas con margen entero o dentado, mientras que en las hojas adultas el limbo está dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundos. La forma del limbo es un carácter varietal y un indicador de precocidad, pues los cultivares con predominancia de hojas enteras son generalmente más precoces, y a la vez son un indicador de cambio de fase vegetativa a reproductiva (Figura 6).



**Figura 6. Tipos de hojas de planta de alcachofa.**

Aproximadamente en el estado de 6 a 8 hojas verdaderas, ocurre la inducción floral, momento en que se induce la fase reproductiva de la planta. Comienza el crecimiento del tallo floral o pedúnculo, en cuyo ápice se encuentra la inflorescencia, que es un capítulo, receptáculo carnoso con brácteas, cuya parte inferior es comestible juntamente con el receptáculo, antes de la apertura de la inflorescencia. Los capítulos son ovoideos, globosos, redondos o triangulares y siempre solitarios (Figura 7). La forma y tamaño de estas brácteas es de carácter varietal, algunas tienen espinas en el ápice, aunque en la mayoría de las variedades hoy, están ausentes.



**Figura 7. Variación en la forma del capítulo de alcachofas y proporcional de tamaño (Cuadros de colores equivalen a 1 cm<sup>2</sup>).**

Si el capítulo no es cosechado y dejado en terreno, florece con un gran número de flores lilas azuladas (número cercano a 800 flores por inflorescencia), las que maduran desde afuera hacia adentro (Figuras 8 y 9).



**Figura 8. Flores de capítulos de alcachofas en antesis.**



**Figura 9. Receptáculo de capítulo con flores y flor individual.**

El fruto es un aquenio (comercialmente indicado como “semilla”) que madura unos 60 días después de la fertilización; los aquenios centrales son casi siempre más pequeños que los periféricos (debido a la floración centripeta) y muestran poca capacidad de germinación. El color varía de gris claro uniforme a marrón y marrón oscuros. La longitud promedio es de 7 mm, el ancho de 3.5 mm y, en cuanto a la forma, puede ser asimilado a un elipsoide oblongo. El peso de 1000 aquenios varía de 30 a 70 g (Figura 10 y 11).



**Figura 10. Aquenio con restos de vilanos.**

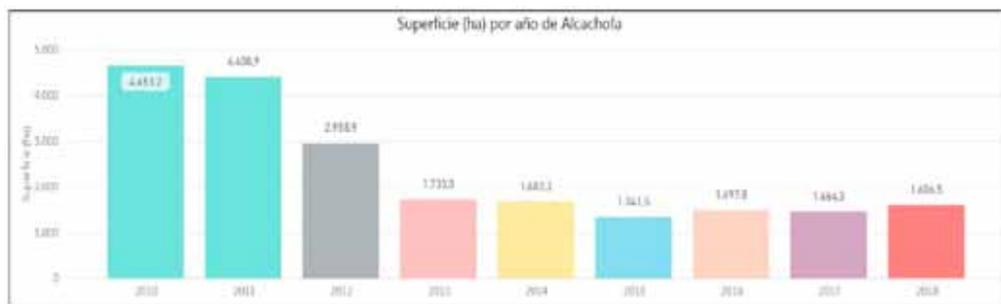


**Figura 11. Semilla de alcachofa con buen y mal potencial de germinación.**

## ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

### Distribución nacional y zonas productoras

La superficie de alcachofa a nivel nacional es de 1.606,5 ha (Odepa, 2018), con una disminución en los últimos 8 años cercana al 70%, principalmente por razones de mercado (Figura 12). Chile fue un gran exportador de alcachofa procesada, pero perdió competencia con otros mercados y hoy la producción está orientada al mercado nacional.



**Figura 12. Superficie (ha) de alcachofa en Chile, periodo 2010 a 2018.**

La principal zona productora de alcachofa en Chile es la región de Coquimbo con 917,1 ha. Otras dos regiones de importancia nacional para este cultivo son la Metropolitana (360 ha) y de Valparaíso (305 ha). Si bien es cierto, la región de Coquimbo disminuyó en superficie en más de un 70% en relación al 2010, hoy se ve un repunte en relación al valor de superficie menor experimentado en la historia (año 2013, con solo 622 ha), (Figura 13).

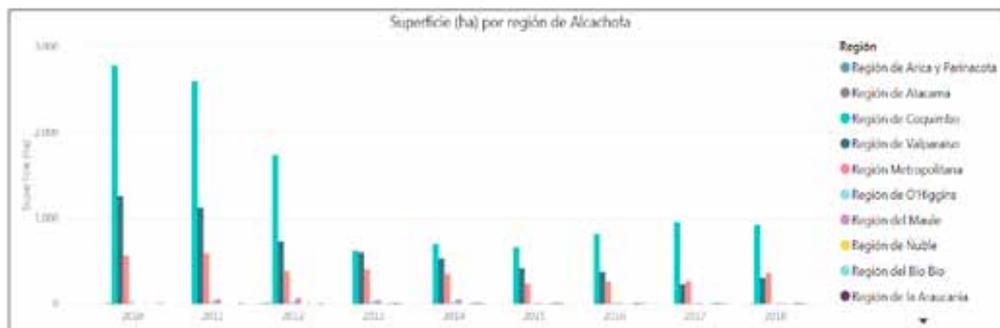


Figura 13. Distribución por zona de producción de alcachofa en Chile, período 2010-2018.

### Requerimientos agroclimáticos

El clima más adecuado para alcachofa es el marítimo del tipo Mediterráneo. La planta prefiere clima libre de heladas, primaveras suaves sin cambios bruscos de temperatura y humedad relativa alta.

Es una planta sensible a heladas y temperaturas de 15 a 18°C son consideradas óptimas para su cultivo. Temperaturas bajo 0°C dañan la planta en forma irreversible, ya que la parte más externa del capítulo cambia de color y pierde su valor comercial; con temperaturas mayores a 24° C, la cabezuela se torna más fibrosa y aumenta la posibilidad de espinas en las brácteas.

La alcachofa necesita bajas temperaturas y un fotoperiodo específico para generar el tallo floral y florecer. Se comporta como una planta bianual, es decir, requiere bajas temperaturas seguidas por días largos para iniciar la floración y la elongación del tallo floral. La temperatura más recomendable para vernalización está entre los 2 y 7 °C (Mauromicale y Ierna, 1995, 2000). El frío es un factor esencial para la inducción floral, aun cuando sea mínimo y el efecto se mantiene a través de la propagación vegetativa, ya que se acumularían giberelinas en el ápice de la planta: Ppor otro lado, la inducción floral de variedades de semilla es de 250 horas de temperaturas bajo los 7°C.

La alcachofa se adapta a una gran gama de suelos, pero los mejores rendimientos y calidad se obtienen en suelos profundos y bien drenados, ya que su sistema radical es profundo. En suelos arenosos las producciones obtenidas son bajas por el nivel de fertilidad. Es una especie medianamente tolerante a la salinidad, pudiendo tolerar un rango de conductividad eléctrica de 4 a 10 dS/m (Giacconi y Escaff, 2004).

### **Variedades de alcachofa en Chile**

En Chile se cultivan diversos tipos varietales y nuevas variedades híbridas. Los tipos varietales son de propagación vegetativa y los híbridos, de semilla. Los tipos varietales tradicionales se denominan localmente “francesa o española”; “argentina” y un tipo varietal que ya ha desaparecido, “chilena”.

Chilena era una planta grande y vigorosa de 1,8 m de altura, probablemente de origen francés derivada de Camus de Bretaña, de una cabezuela grande, abierta y con espinas. Con requerimientos de frío, por ende, de producción primaveral (Figura 14).



**Figura 14. Capítulo de una alcachofa del tipo varietal chilena.**

Francesa o también llamada española es una planta grande y vigorosa, de origen francés, de cabezuela grande, crespa, carnosa y de producción primaveral (Figura 15).



**Figura 15. Capítulo de una alcachofa tipo francesa.**

Argentina es una planta pequeña, de no más de 1,2 m de altura, muy similar al cultivar blanco temprano cultivado en Argentina y Blanca de Tudela de España, de cabezuela mediana, cerrada y poco carnosa, cuyas necesidades de vernalización son mínimas y por lo tanto, entra en producción en otoño. En climas suaves, sigue produciendo hasta que aumentan las temperaturas de verano (Figura 16).



**Figura 16. Capítulo de variedad tipo argentina.**

Las variedades de semilla híbrida más utilizadas son Sinfonía y Madrigal.

Sinfonía es una planta de vigor medio con 3 a 4 ramificaciones laterales, cabezas cónicas de compactación media y ciclo medio-precoc. Requiere tres aplicaciones de ácido giberélico de 30 ppm (Figura 17).



**Figura 17. Capítulos de variedad Sinfonía.**

Madrigal, planta muy vigorosa, de cabeza verde globosa, de tamaño medio a grande, compacta y buen rendimiento agroindustrial, variedad de ciclo tardío que requiere tres aplicaciones de ácido giberélico con 60 ppm (Figura 18).

Otras variedades de alcachofa de semilla que se producen en muy baja superficie en Chile son: Opal, híbrido apto para proceso y consumo fresco, de capítulo violeta y muy precoz, y tres variedades de polinización abierta: Imperial Star, Lorca y A 106, que se caracterizan por ser aptas para proceso y consumo fresco, de capítulo verde, y precoz.



**Figura 18. Cabezuelas de alcachofa variedad madrigal.**

En el Cuadro 1 se indican algunas características de las variedades y tipos varietales producidos en Chile.

**Cuadro 1. Rendimiento total de variedades y tipos varietales de alcachofa, producidos en la Región de Coquimbo (promedio tres temporadas de producción, años 2008, 2009, 2010).**

Variedad o tipo	Rendimiento t/ ha	Unidades/ha (miles)	Días a inicio de cosecha *	Principal causa de desecho
Argentina 15		90	120	Desuniformidad producción
Francesa	12,5	50	170	Desuniformidad producción
Madrigal	16	138	121	Baja compactación del capítulo
Sinfonía	17	143	118	Centro morado
Opal	13	110	123	Centro morado
Imperial Star	8	80	107	Centro verde
Lorca	12	112	105	Centro verde
A 106	8,9	81	109	Baja compactación del capítulo

\*En el caso de las 6 variedades de semilla se considera la utilización de ácido giberélico.

## AGRONOMÍA DE CULTIVO

### Ciclo de desarrollo

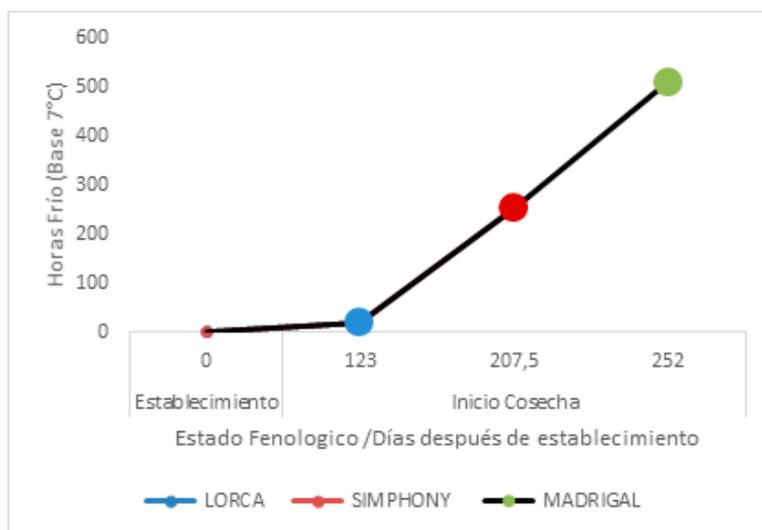
La alcachofa va de ciclo fresco a cálido. La primera fase de desarrollo vegetativo considera las etapas fenológicas: emergencia o brotación y formación de hojas. En esta etapa debe ocurrir la vernalización, siendo la cantidad de horas frío requeridas muy variable, dependiendo de la variedad. La segunda etapa, que coincide con el aumento de temperatura, corresponde a la formación de capítulos florales y termina con la senescencia de la planta.

El ciclo fenológico de alcachofa considera:

**Emergencia o brotación**, en el caso de ser una variedad de semilla, esta fase incluye la germinación y emergencia hasta el momento del trasplante con 5 a 7 hojas verdaderas a campo definitivo. En el caso de variedades de propagación vegetativa, comienza con la aparición de las primeras hojas sobre la superficie.

**Formación de hojas**, este estado fenológico se considera desde la emergencia o brotación hasta cuando las plantas presentan en promedio de 9 a 15 hojas distribuidas en forma helicoidal dependiendo del cultivar, dando la apariencia de una roseta. Ocurre aproximadamente a los 90 días después del trasplante a terreno definitivo, independiente de si es una variedad de semilla o de propagación vegetativa.

**Formación de cabezuelas**, esta etapa se caracteriza por el desarrollo del tallo apical y la cabezuela primaria, acompañado por el alargamiento y engrosamiento del tallo principal o pedúnculo; en esta etapa, el follaje se mantiene activo y vigoroso no observándose incremento sustancial en la masa foliar. Ocurre en estado aproximado de 28 hojas y dependiendo de la variedad ocurre entre 105 a 165 días después del trasplante. La cantidad de horas de frío (bajo 7° C) requeridos para el inicio de esta etapa, depende de la variedad. En el caso de variedades de propagación vegetativa como “tipo argentina” los requerimientos son mínimos. Con plantación en el mes de diciembre en la zona de La Serena (con temperaturas promedio de 22°C), comienzan a aparecer las primeras cabezuelas en los meses de mayo a junio (con temperaturas promedio de 14°C), incluso sin registro de temperaturas inferiores a 7°. En el caso de variedades de semillas, la variedad Lorca, registra cabezuelas con 19,5 horas de frío, Sinfonía, con 254 horas de frío y Madrigal con 510 horas bajo 7° C (Figura 19).



**Figura 19.** Número de horas de frío (bajo 7° C) de variedades de semilla de alcachofa, requeridas para el inicio de cosecha de acuerdo al número de días desde el trasplante (Sin aplicación de ácido giberélico).

**Fructificación**, comienza con el máximo desarrollo de la cabezuela primaria, el cese de su crecimiento vegetativo y la aparición de yemas o bifurcaciones a partir del tallo principal y el desarrollo de las cabezuelas secundarias hasta su maduración (floración); además hay aparición de hijuelos en la base de la planta. Dependiendo de la variedad, esta etapa puede durar desde 60 a 100 días.

**Senescencia de las plantas**, cuando ocurre el envejecimiento de los órganos vegetales, finalizando el ciclo biológico. La alcachofa es una planta bianual, pero desde el punto de vista comercial, se comporta como anual. En verano se suspenden los riegos, y la planta permanece en estado de receso hasta que se reactiva el riego, sea para obtener material de propagación vegetativo fresco (hijuelos) o para obtener una segunda producción (de menor rendimiento que la anterior).

## Sistema de propagación

### *Sistema de reproducción vegetativa*

Hasta hace 15 años en Chile solo se usaba la propagación vegetativa, sin embargo, con la aparición de las variedades de semilla, tanto de polinización abierta como híbridos, hoy el porcentaje de productores que trabajan con este sistema, solo alcanza el 50% del total y va en disminución. Los principales órganos de propagación utili-

zados son tallos (tallo aéreo, que ya produjo), rizoma (tallo subterráneo) e hijuelos (Figura 20).



**Figura 20. Órganos de propagación vegetativa de alcachofa.**

Un hijuelo es un brote nacido de las yemas basales de los tallos subterráneos o aéreos. Es uno de los órganos más utilizados en Italia, donde se cultiva el 80% de la alcachofa que hay a nivel mundial. Se utiliza principalmente hijuelo enraizado en sustrato, lo que permite una entrada uniforme en la producción de las plantas. El uso de hijuelos recién separado de la planta madre se desaconseja porque implica gran cantidad de plantas de replante. En Chile es poco utilizado, ya que, por ser un tejido nuevo, se considera que requiere mayor preocupación al momento de la plantación. Tallo, conocido en Chile como palo, corresponde a la porción basal de un tallo productivo de la temporada anterior, que ya entró en receso y con yemas en su base, es el órgano de propagación más utilizado en Chile con las variedades tradicionales. Tallo modificado o rizoma, conocido en Chile como “tronco”, corresponde a un trozo de este órgano subterráneo con sus yemas (Jana y otros, 2011).

### ***Sistema de reproducción por semilla***

La propagación por semilla es una alternativa a la propagación agámica porque contribuye a la racionalización de la técnica de cultivo y mejora el estado sanitario de las plantas con un aumento significativo de producciones unitarias; sin embargo, si bien

el costo de la semilla de polinización abierta es bajo, el costo de los híbridos aún es muy elevado por unidad de planta. Por ello no se utiliza siembra directa, sino que, bajo el sistema de almácigo y trasplante (Figura 21), bajo condiciones controladas de temperatura y humedad en torno a los 18 y 22°C. Temperaturas más altas disminuyen y ralentizan la germinación (Calabrese, 2009).



**Figura 21. Plántulas de alcachofa de variedades de semilla, en sistema de almácigo y trasplante.**

### Injerto

Recientemente ha sido desarrollada la técnica de injertación en alcachofa, con el objeto de buscar resistencia al grave daño que significa *Verticillium dahliae* en esta especie (Figura 22). Se ha evaluado la utilización de cardo cultivado y cardo silvestre como portainjerto de variedades de semilla y diferentes métodos de injerto. El mejor método para injertar esta especie es el de empalme que alcanza un 78% de éxito en comparación con el método de hendidura con un 73% y el mejor portainjerto es el cardo cultivado. Se ha logrado disminución de la incidencia de esta enfermedad sobre suelos infectados con resultados que van de 10% de infestación en plantas injertadas, comparados a 43% de infestación en plantas no injertadas (Temperini y otros, 2013).



**Figura 22. Síntomatología visual de una planta de alcachofa afectada por *Verticillium*.**

En Chile, la técnica de injerto fue puesta a punto utilizando como portainjerto una variedad tradicional (argentina) proveniente de semilla después de tres generaciones de autofecundación y como púa variedades de semilla híbrida, la que se detalla a continuación:

1. Sembrar semillas de púa y patrón. Es conveniente que las variedades que van a servir de púa sean sembradas unos 15 a 20 días antes. Una vez emergida las plantas, poner por algunos días las bandejas en condiciones de poca luminosidad para inducir a un alargamiento del tallo, teniendo siempre la preocupación de mantener el sustrato húmedo. Cuando las plantas alcanzan cuatro hojas verdaderas, son repicadas a bolsas de mayor volumen con sustrato nuevo, eliminando los cotiledones y chapodándolas para evitar posible estrés (Figura 23).
2. Cuando el diámetro del tallo sea de 7 - 8 mm (grosor de un lápiz grafito), se realiza el injerto. Para injerto de empalme, se realiza un pequeño corte diagonal en el portainjerto, para luego introducir en este el injerto que a su vez viene cortado de igual forma para que calce perfectamente en el pie. Posteriormente se sella con film, atando fuertemente las dos partes para evitar entrada de aire (Figura 24).
3. Las plantas se mantienen en vivero hasta que se visualiza que el injerto fue efectivo. En ese momento se elimina la parte aérea del portainjerto, dejando solamente el injerto (Figura 25).



**Figura 23.** Se elimina el follaje de la planta que será portainjerto y se repica prepara la púa para el injerto.



**Figura 24.** Se prepara la púa para el injerto y se injerta asegurando con un film.



**Figura 25.** Planta injertada terminada.

## ***Propagación por multiplicación in vitro***

La técnica de propagación *in vitro* de alcachofa, fue puesta a punto hace más de 30 años, como una alternativa para producir plantas homogéneas a partir de meristemas apicales de brotes subterráneos poco diferenciados fisiológicamente y obtener plantas libres de virus y bacterias exógenas (Macua, 2007). Las plantas *in vitro*, vuelven a un cierto tipo de estado juvenil, alcanzando gran desarrollo y perdiendo precocidad, aun cuando pueden duplicar la producción total. Sin embargo, el alto costo de las plantas *in vitro* no hace rentable su explotación.

## **Densidad de plantas**

La densidad de alcachofas en campo es de alrededor de 7.000 a 10.000 plantas por hectárea; las distancias son generalmente de 100-140 cm entre hileras y 80-130 sobre la hilera. Por lo general, las plantas se disponen en hileras simples.

Para la producción de alcachofa industrial no se requieren grandes calibres de cosecha (máximos de 75 a 80 mm), por lo que se pueden utilizar densidades mayores que para la producción en fresco, en torno a las 20.000 a 25.000 plantas ha (Viridis y Motzo, 2009).

## **Fertilización en alcachofa**

La alcachofa de propagación vegetativa es un cultivo de crecimiento invernal, que prefiere suelos neutros a ligeramente ácidos, no es una planta exigente en cuanto a calidad de suelos y posee un sistema radical activo con gran habilidad para explorar el suelo. Los nutrientes minerales más requeridos, como en muchas plantas, son el nitrógeno y el potasio (Sierra, 2013). Las cantidades extraídas de macronutrientes, medidas en suelos de la localidad de Pudahuel (zona central) alcanzaron a 98, 30,4 y 177 kg ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente (Lackington, 1990). Estudios realizados por Sierra (2013) concluyeron que la fertilización nitrogenada en esta especie no debe superar a 250 kg de nitrógeno por ha, debido al aumento de desórdenes fisiológicos que disminuyen la calidad de la cabezuela. Se recomiendan aplicaciones de zinc en etapas iniciales de crecimiento para favorecer una mayor producción.

La recomendación a ajustar según análisis de suelo previo se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización para de alcachofa, a ajustar según análisis de suelo (Sierra, 2013).**

Nutriente (kg/ha)	Establecimiento (0-30 días)	Crecimiento e inducción (30 a 70 días)	Desarrollo capítulo (70 a 120 días)	Cosecha (120 a 200 días)	Total, kg/ha
Nitrógeno	60	80	50	10	200
Fósforo	80	10	10		100
Potasio	60	80	110	100	350
Calcio		15	25	15	55
Magnesio		15	25	15	55

### Uso de ácido giberélico

Las giberelinas inducen la floración en ciertas especies, aquellas plantas que requieren vernalización acumulan ácido *ent kaureno* en los meristemas, en ausencia de bajas temperaturas. Este ácido después de un periodo de bajas temperaturas se transforma en GA<sub>3</sub> que es una de las giberelinas más activas para estimular la floración (Taiz Zeiger, 2002)

Ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aplicado en forma exógena, se utiliza como promotor de precocidad en variedades de semilla de alcachofa, cuya efectividad depende de la variedad, tiempo y concentración del tratamiento, condiciones climáticas y otros factores. Su efecto directo es en entrada en producción y en mayor número de cabezas florales por planta, no así en peso o diámetro (Mauromicale e Ierna, 2000). El momento de inicio de las aplicaciones, se recomienda a los 45 días después del trasplante, equivalente a 8 a 10 hojas verdaderas. (Díaz y otros, 2014).

En el Cuadro 3, se observa la dosis de recomendación para variedades de semilla. En la segunda y tercera aplicación, se recomienda subir mojamiento a 500 litros/ha aproximadamente.

**Cuadro 3. Recomendación de dosis y momento de aplicación de ácido giberélico para variedades de semilla de alcachofa, utilizadas en Chile.**

Variedad	Dosis de GA <sub>3</sub>	Momento de aplicación
Madrigal	60 ppm (x3)	Primera aplicación cuando las plantas tengan 8 a 10 hojas verdaderas.
Sinfonía	30 ppm (x3)	Segunda aplicación a los 10-12 días siguientes.
Opal	16 ppm (x3)	Tercera aplicación a los 10-12 días siguientes.
Imperial, Lorca, A 106	20 ppm (x3)	

## Riego

La planta de alcachofa requiere riegos frecuentes durante el periodo de crecimiento de la planta. En Chile se utilizan diversos métodos de riego para esta especie. Uno de los más utilizados es el riego por surco, que se ha realizado en forma tradicional en esta especie, con un nivel tecnológico bajo. Como regla general, el riego por surcos es recomendable solo para suelos de permeabilidad media a baja, en suelos muy permeables de tipo arenoso la eficiencia se ve muy disminuida y obliga a acortar el largo de surcos a menos de 50 metros. Se debe evitar el mojamiento directo de la base de la alcachofa con agua de riego, por lo tanto, los surcos deben tener una profundidad de al menos 30 centímetros (Márquez y Balbontín, 2018).

Riego por goteo es menos usado que sistemas de riego tradicional, ya que se considera a esta especie un cultivo rústico, sin embargo, hoy que ha aumentado la superficie de variedades híbridas, se está usando y con emisores de riego con descarga de 5 litros por metro lineal y con goteros distanciados a 20 cm. Grandes superficies de alcachofa, también se han regado con sistema de pivote central, sistema de riego circular, que permite regar desde 20 ha con una torre, hasta 200 ha con 20 torres, que se van movilizand o sobre ruedas y que se adaptan a variados tipos de suelo.

Márquez y Balbontín (2018), realizaron estimaciones de los valores de Kc modelados, para determinar la cantidad de agua a aplicar en cultivo de alcachofa, bajo diferentes sistemas de riego, en la Región de Coquimbo (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Modelamiento de balance de riego (transpiración, evaporación, ineficiencias del sistema, reserva de agua en el suelo y agua drenada) y valores estimados de Kc, bajo tres diferentes sistemas de riego en alcachofa en la Región de Coquimbo.**

Meses	Riego por goteo		Riego por surcos		Riego por aspersión	
	Kc	m <sup>3</sup> /ha	Kc	m <sup>3</sup> /ha	Kc	m <sup>3</sup> /ha
enero	0,94	1.800	0,73	1.590	0,83	2.100
febrero	1,07	1.500	0,88	1.590	0,96	1.800
marzo	1,02	1.200	0,93	1.500	1,07	1.500
abril	1	850	0,95	1.190	1,08	1.190
mayo	1,01	650	0,92	700	1,02	600
junio	0,99	450	0,89	580	0,95	400
julio	0,97	450	0,89	700	1,01	500
agosto	0,98	800	0,86	780	1,01	1.100
septiembre	0,47	500	0,42	450	0,46	600
octubre	0	0	0	0	0	0
noviembre	0,23	600	0,34	800	0,27	1.200
diciembre	0,67	1.100	0,8	1.300	0,73	1.600
<b>Total</b>		<b>9.900</b>		<b>12.590</b>		<b>11.180</b>

Por último, en la temporada 2019, se evaluaron 5 variedades de semilla híbrida, trasplantadas en Coquimbo, en la zona de Pan de Azúcar en el mes de noviembre y con término de producción a los 168 días después del trasplante; la cantidad de agua aplicada total se observa en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Número de riegos y volumen total de riego (m<sup>3</sup>/ha) de cinco variedades de semilla híbrida en la zona de Pan de Azúcar, Coquimbo, temporada 2019.**

Días de Cultivo	Número riegos	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1 a 28	8	635
29-56	9	563
57-84	9	581
85-112	17	811
113-140	18	751
141-168	18	750
<b>TOTAL</b>		<b>4.091</b>

## Principales plagas en el cultivo de alcachofa

Se citan 22 especies de plagas en alcachofa presentes en Chile, que pueden provocar pérdidas a los productores, ya sea por la reducción del rendimiento y/o de la calidad. Entre estas se encuentran cuncunillas, gusanos cortadores, pulgones, trips, mosca minadora, arañitas, caracoles y babosas (Salas y Larraín, 2018).

Cuncunillas y gusanos cortadores (Lepidoptera: Noctuidae): *Copitarsia decolora*; *Syngrapha gammoides* y *Agrotis bilitura*. Las larvas de estas mariposas nocturnas son las plagas con mayor importancia económica para el cultivo en la región de Coquimbo. Las hembras colocan sus huevos en hojas, tallos o brotes, así como en malezas asociadas al cultivo. Una vez eclosadas, las larvas comienzan a alimentarse de todas las partes del follaje incluyendo a las inflorescencias.

Áfidos o pulgones (Hemiptera: Aphididae): *Aphis gossypii*; *Aphis fabae*; *Capitophorus elaeagni*; *Dysaphis cynarae*, *Myzus persicae*. Entre las especies de pulgones detectadas en la región, el pulgón verde de la alcachofa (*C. elaeagni*), el pulgón del haba (*A. fabae*) y el de la raíz de la alcachofa (*D. cynarae*) pueden constituir un problema cuando alcanzan altas poblaciones en ciertas épocas del año. Los áfidos en altas poblaciones afectan el crecimiento del cultivo, causando: enrollamiento y amarillez de las hojas, retardo del crecimiento de las plantas y contaminación de las inflorescencias. Además de este daño directo, los áfidos excretan mielecilla la cual contamina follaje e inflorescencias y luego ésta es colonizada por el complejo de hongos conocido como fumagina. Estos hongos tornan negro al follaje y cabezuelas interfiriendo con la fotosíntesis y provocando pérdidas de rendimiento y calidad del producto.

Moscas minadoras (Diptera: Agromyzidae): *Agromyza apfelbeckii*; *Liriomyza huidobrensis*. El daño de las larvas de la mosca se concentra en el follaje, alimentándose del tejido del parénquima de las hojas bajo la epidermis, considerado un daño cosmético.

Trips (Thysanoptera: Thripidae): *Frankliniella occidentalis*: El trips de California, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), es la especie que se ha presentado atacando a la alcachofa en la Región de Coquimbo. Éste, al igual que otras especies de trips, causa daño directo al alimentarse en los distintos órganos de su planta hospedera. También trips puede causar daño directo al depositar sus huevos, los cuales son insertados dentro del tejido vegetal.

Arañitas (Acari: Tetranychidae): *Tetranychus urticae*: se ha detectado la presencia de la arañita bimaculada en las hojas de alcachofa a partir del mes de julio hasta la fecha, sin embargo, ésta ha sido en bajas poblaciones. En el sector Pan de Azúcar, Región de Coquimbo, se tienen antecedentes de ataques considerables de este ácaro en cultivos de alcachofa los cuales han requerido de la aspersión de acaricidas vía

aérea. El daño de estos ácaros consiste en las picaduras de células exteriores de las hojas para extraer la savia. La población puede alcanzar los brotes y cabezuelas.

Caracoles y babosas (Stylommatophora: Helicidae; Limacidae): *Helix aspersa* Müller, *Deroceras agreste* (L.) y *Deroceras reticulatum* (Müller): Las babosas grandes de jardín, chica gris y el caracol de jardín, se alimentan de hojas y tallos de la alcachofa raspando la superficie de los lados externos de estos tejidos. Altas poblaciones de estos moluscos pueden causar daños considerables en el cultivo disminuyendo calidad y rendimiento. Se ha observado una mayor incidencia de estos moluscos en plantaciones más antiguas. En cultivos del año las poblaciones son bajas.

### **Principales enfermedades en el cultivo de alcachofa**

Sepúlveda (2018), definió Las principales enfermedades de alcachofa, entre ellas destacó:

**Moho gris o Manchado de brácteas:** La enfermedad es causada por el hongo *Botrytis cinerea* Pers., que se caracteriza por ser muy polífago y en alcachofa el daño se puede producir como moho gris en inflorescencias, manchas pardas o café claro en el ápice de las brácteas, con necrosis café oscura y abundante micelio

**Viruela:** Esta enfermedad es causada por el hongo *Ramularia cynarae* que se caracteriza por presentar manchas necróticas, circulares e irregulares, con centro de color pardo o gris y borde violáceo que pueden afectar las hojas y los tallos.

**Oidio:** Dos agentes causales han sido asociados con esta enfermedad en alcachofa, estos son *Leveillula taurica* y *Golovinomyces cichoracearum* (previamente llamada *Erysiphe cichoracearum*). El oidio se caracteriza por la presencia de micelio blanquecino y pulverulento, sobre las brácteas y/o tallos.

**Verticilosis:** El hongo *Verticillium dahliae* es el agente causal de la enfermedad más frecuente e importante del cultivo de alcachofa en el país y el mundo, causa importantes pérdidas de plantas en el establecimiento del cultivo como también en rendimiento. El síntoma de la enfermedad se manifiesta por clorosis, marchitez foliar y muerte total o unilateral del follaje desde las hojas basales, necrosis vascular que avanza desde la base hacia la parte superior del tallo.

Por último, dos importantes virus afectan a la alcachofa de la Región de Coquimbo. El virus más abundante es ArLV, Virus latente de la alcachofa, que se trata de un virus no persistente y transmitido por áfidos, de sintomatología prácticamente indefinida, pero que causa reducción del vigor y baja en el rendimiento del cultivo. Otro virus de importancia relativa menor es el Virus del mosaico de la alfalfa (AMV), también del tipo no-persistente transmitido por áfidos, y posiblemente por semillas y polen.

## Cosecha de alcachofa

### *Índice de cosecha*

La época de cosecha de la alcachofa depende de la variedad. Entre las variedades de propagación vegetativa utilizadas en Chile, la variedad tipo Argentina se cosecha entre los meses de marzo y octubre, mientras que la variedad tipo francesa, desde junio a octubre. El índice de cosecha para consumo en estado fresco es cuando la inflorescencia ha alcanzado su máximo desarrollo, pero con las brácteas sin endurecer y cerradas (Figura 26).



**Figura 26. Estado de cosecha de inflorescencias, variedad Madrigal.**

La operación se realiza en forma manual, cortando la cabeza con unos 15 cm de tallo, lo que permite mantener el producto fresco por bastante tiempo.

La alcachofa destinada a proceso agroindustrial es cosechada de manera manual, dejando un tallo no superior a los 2 cm para utilizar maquinaria de corte y facilitar la cosecha. El índice de cosecha en este caso es el diámetro de la cabezuela, el que debe fluctuar entre 50 y 70 mm. Otra característica importante es la compacidad (Figura 27), cantidad de brácteas que tiene la cabezuela, que debe ser lo más pareja y ordenada posible y no presentar ningún tipo de daño.



**Figura 27. Cabezuela de alcachofa con brácteas ordenadas.**

Las principales causas de desecho de las diferentes variedades y tipos de alcachofa se observan en la Figura 28.



**Figura 28. Centro acincurado, centro morado, centro acincurado.**

## **VALOR NUTRICIONAL DE LA ALCACHOFA**

La alcachofa es una especie de alto valor nutricional, con elevado contenido de compuestos fenólicos, tales como flavonoides, pero también por su elevado contenido de inulina, minerales y fibra. El valor nutricional de la alcachofa se observa en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Valor nutricional de alcachofa por cada 100 g de contenido comestible.**

Composición	Valor por cada 100 g	Unidad
Agua	84	G
Proteínas	2,7	g
Lípidos	0,2	g
Glúcidos disponibles	2,5	g
Fibras	5,5	g
Energía	22	Kcal
Sodio	133	mg
Potasio	376	mg
Hierro	1	mg
Calcio	86	mg
Fósforo	67	mg
Niacina	0,5	mg
Vitamina C	12	mg

Fuente: Siicex, 2012.

En la práctica, todos los órganos de la alcachofa podrían ser utilizados, además de los capítulos florales y su base. Las raíces se utilizan para la extracción de inulina, la planta completa a modo ornamental, las hojas para la preparación de bebidas alcohólicas, productos farmacéuticos, cremas de belleza, coagulantes, endulzantes. De las semillas es posible extraer aceite.

Sin embargo, a nivel nacional los productos que se elaboran en la industria son: corazones, cuartos y fondos. Los corazones de alcachofa corresponden a la parte central de las cabezuelas de alcachofas, desprovistos de pedúnculos y brácteas exteriores coriáceas, quedando solamente el receptáculo (fondo) y los sépalos internos tiernos, cosechados en una etapa anterior cuando su diámetro no sobrepasa los 70 mm. Los cuartos son los corazones trozados. es decir, cortados longitudinalmente formando cuartos. Los fondos de alcachofa corresponden al receptáculo, de los que han sido eliminadas todas las hojas. Estos son procesados sin tallos, de un calibre uniforme (diámetros homogéneos de 5 a 7 cm (Jana y Razeto, 2011) (Figura 29).



**Figura 29. Alternativas de proceso de alcachofa que se utilizan en Chile (A) Corazones, (B) Fondos (C) Cuartos.**

En Italia, sin embargo, existe una gran cantidad de productos de alcachofas, productos marinados, elaboración de cosméticos en base a alcachofa, elaboración de alimentos funcionales y para regímenes especiales, extractos como ingredientes alimentarios, desarrollo de aditivos para nutrición mineral, entre muchos otros. Alguno de los formatos que es posible ver en mercado italiano, se observa en las Figuras 30 y 31. Estas son alternativas que podrían ser desarrolladas en Chile, favoreciendo el consumo de esta especie de alto valor nutricional.



Formato de producto fresco. Formato de producto IV Gamma. Formatos para veganos, flanes.

**Figura 29. Alternativas de proceso de alcachofas**



Formato en pastas orgánicas para untar.



Formato en gotas.



Formatos congelados.

**Figura 30. Nuevas alternativas de productos procesados de alcachofa.**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calabrese, 2009. Impianto. In: Il Carciofo e il cardo. Coltura & Cultura. Rd Bayer Crop Science. 446 p

Calabrese, N., 2016. From Mediterranean basin to the Andean mountains, the long journey of the artichoke that unites different people and cultures. *Acta Hort*, 1147:23-34. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1147.4>.

Díaz, A. y Villegas, I. Trebejo. 2014. Protocolo de observación fenológica y biométrica para los cultivos de maíz, papa, quinoa y alcachofa. Ministerio de Agricultura y riego, Perú. 32 p.

Gatto, A., De Paola, F., Banoli, Vendramin, G. G. y Sonnante, G. 2013. Population structure of *Cynara cardunculus* complex and the origin of the conspecific crops artichoke and cardoon. *Annals of botany*, 112 (5): 855 – 865. <https://doi.org/10.1093/aob/mct150>.

Giaconi V. y Escaff, M. 2004. Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria, 337 p.

Jana, C. y Razeto, C. 2011. Alcachofa Procesada con valor agregado. *Revista Tierra adentro* (96): 21-25.

Jana, C., Gutiérrez, R. y Alfaro, V. 2011. Propagación de alcachofas. Un aspecto clave en la producción. 45 p. Boletín N° 222. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile.

Lackington, V. J. 1990. Ritmo de crecimiento y absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y sodio en alcachofa (*Cynara scolymus* L.) y efectos de la fertilización nitrogenada en la nutrición y en la deshidratación de post-cosecha. Tesis Ing. Agr. Pontificia Universidad Católica de Chile. 163 p.

Macua, J. 2007. New Horizons for Artichoke Cultivation. *Acta Hort*, 730: 39-48.

Márquez, R. y Balbontín, C. 2018. Riego en el cultivo de alcachofas. En: Jana, C. y Saavedra, G. (eds). 2018. Manual de producción de alcachofas. Boletín INIA N°359. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. 151p.

Mauro, R., Portis, E., Acquadro, A., Lombardo, S., Mauromicale G. y Lanteri, S. 2009. Genetic diversity of globe artichoke landraces from Sicilian small holdings: implications for evolution and domestication of the species. *Conserv Genet*, 10: 431-440.

Mauromicale, G. y Ierna, A. 1995. Effects of gibberellic acid and sowing dates on harvest time and yields of seed-grown globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Agronomie*, 15: 527–538.

Mauromicale G. y Ierna, A. 2000. Characteristics of heads of seed-grown globe arti-

choke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) as affected by harvest period, sowing date and gibberellic acid. *Agronomie*, 20: 197–204

ODEPA, 2018. <http://www.odepa.cl>

Oliaro, T. 1969. Lineamenti di una storia dil carciofo. In: *Atti del 1° Congresso Internazionale di Studi sul Carciofo*. Università degli Studi di Bari. Edizioni Minerva Medica, Torino.

Pignone, D. y Sonnante, G. 2004. Wild artichokes of south Italy: did the story begin here? *Genet Resour Crop Ev*, 51: 577 – 580.

Salas, C. y Larraín, P. 2018. Plagas que atacan a la alcachofa en la región de Coquimbo. En: Jana, C. y Saavedra, G. (eds). 2018. *Manual de producción de alcachofas*. Boletín INIA N°359. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. 151p.

Sepúlveda, P. 2018. Enfermedades que atacan a la alcachofa. En: Jana, C. y Saavedra, G. (eds). 2018. *Manual de producción de alcachofas*. Boletín INIA N°359. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. 151p.

Sierra, C. 2013. Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. 112 p. Boletín INIA N°271. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena Chile.

Siicex. 2012. <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/Alcachofa1.pdf>.

Sonnante, G., Pignone, D. y Hammer, K. 2007. The domestication of artichoke and cardoon: from Roman times to genomic ages. *Ann Bot-London*, 100: 1095-1100.

Taiz, L. y Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Assoc. Publ. (Third ed.). Sunderland, Massachussets.

Temperini, O., Calabrese, N., Temerini, A., Roupael, Y., Tesi, R., Lenzi, A., Carito, A. y Colla, G. 2013. Grafting artichoke onto cardoon rootstocks: Graft compatibility, yield and Verticillium wilt incidence. *Sci Hortic-Amsterdam*, 149:22–27.

Viridis, A. y Motzo, R. 2009. Key phenological events in globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) development. Dipartimento di Scienze agronomiche e Genetica vegetale agraria, Facolta` di Agraria, Universita` di Sassari, Via De Nicola, 07100 Sassari, Italy 153.



# Maíz Dulce

*(Zea mays convar. saccharata)*

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

## CENTRO DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El maíz dulce pertenece a la familia *Gramineae* que está compuesta por unos 450 a 530 géneros y casi 5.000 especies. Es una de las familias más importantes en la alimentación mundial, pues a ella además del maíz, pertenecen el trigo, arroz, avena, triticale y centeno.

La especie *Zea mays* L., es originaria de Mesoamérica, hoy Guatemala y parte de México y fue domesticada por las tribus originarias de la región. Se señala que podría derivar del Teosinte (*Euchaleana mexicana* Schrad., sin. *Zea mexicana* (Schrad.) Kuntze), planta cultivada como forraje en las regiones más cálidas de América (Bartolini, 1990). Las primeras evidencias de domesticación del maíz se encontraron en la cueva de San Marcos en Tehuacan, México, cuyas mazorcas fueron datadas en 5.000 años, aunque otras evidencias de 6.200 años fueron encontradas en la cueva de Guilá Naquitz en Oaxaca, México. En cuanto al maíz dulce, no se ha encontrado una fecha específica de origen, pero ya en 1770 era cultivado por los nativos de Norteamérica y en ese año se realizó la primera colecta de semillas por los colonos europeos. La primera variedad, llamada “Papoon”, fue obtenida de los indios Iroquois en 1779.

El maíz dulce se generó a partir de una mutación en la raza peruana de maíz llamada Chullpi, aunque fue mayormente cultivada por nativos de Norteamérica desde tiempos pre-colombinos (Brown y otros, 1985). La raza Chullpi o Chulpi es muy usada en Perú como consumo tostado para acompañar aperitivos, comúnmente llamadas “canchas” (Figura 1). Mangelsdorf (1974) propuso la hipótesis que la raza Chulpi fue la fuente original del gen *su1* y el progenitor de la raza Maíz Dulce de Jalisco, México. Posteriormente, fue cruzada con maíz de tipo Reventador (Popcorn) para generar Ducillo del Noroeste en esa zona de México (Wellhausen y otros, 1952). A partir de este tipo de maíz, el gen *su1* fue introgresado en razas del norte, incluyendo los tipos Northern Flint, el progenitor de los maíces dulces comerciales modernos (Revilla y Tracy, 1995). Sin embargo, Tracy y otros (2006) plantean en su investigación a nivel de nucleótidos en 57 accesiones de maíz dulce de diversos orígenes que contienen el gen *su1*, que los eventos de mutaciones ocurrieron en las zonas centro-norte o suroeste de EEUU y migraron al Noreste posteriormente. Hay muchas teorías aún sobre el origen de la mutación del gen *su1* que produce acumulación de azúcar, todas aportan algún valor, pero no hay algo claro hasta el momento.



**Figura 1. Granos de maíz raza Chullpi.**

El maíz dulce difiere del maíz común por una mutación que causa en los granos una acumulación de azúcares dos veces mayor y mucho menos almidón. El maíz dulce común tiene un gen estándar llamado *Sugary 1 (su1)*, cuya función es codificar una isoamilasa en la síntesis del almidón en el endosperma (Dinges y otros, 2001), lo que previene o retarda la conversión normal de azúcar en almidón durante su desarrollo, entonces el grano acumula un polisacárido soluble en agua llamado “fitoglicógeno” en lugar de almidón (Brown y otros, 1985). El fitoglicógeno, además de dulzor, entrega características organolépticas especiales al grano, como suavidad de textura (Figura 2a), pero a la vez produce que el grano seco sea arrugado y vidrioso (Figura 2b) (Marshall y Tracy, 2003).



**Figura 2a. Grano de maíz dulce fresco**



**Figura 2b. Grano de maíz dulce seco**

En la generación de híbridos modernos de maíz dulce, las variedades tradicionales han sido modificadas con otros genes y combinaciones genéticas en el endosperma que controlan el dulzor del grano. Al menos 13 genes mutantes del endosperma, en combinación con *sugary 1* han sido estudiados para incrementar el dulzor del grano, parcial o completamente. Los genes modificadores mayores de dulzor del grano son *shrunk-en-2 (sh2)* y *sugary enhancer (se)*.

El gen *su1* se encuentra en el brazo corto del cromosoma 4, su fenotipo se caracteriza por un endosperma arrugado y traslúcido cuando está seco, y al estado lechoso es bastante dulce y cremoso, fue descrito por Correns (1901). Hasta los años sesenta, todas las variedades de maíz dulce en el comercio estaban basadas en este gen, aunque han sido utilizados en el mejoramiento moderno dos genes modificadores de azúcar, continúa siendo el preferido en climas fríos (Ordaz y otros, 2007). Un modificador de contenido de azúcar es el alelo recesivo *sh2*, situado en el brazo largo del cromosoma 3 (Mains, 1949) su fenotipo de grano arrugado, anguloso y quebradizo cuando está seco es debido a que no tiene almidón, prácticamente, y es muy bajo en polisacáridos solubles en agua. Al no poseer fitoglicógeno, no tiene una textura cremosa, sino crujiente (Ordaz y otros, 2007). El nivel de azúcar que aporta en el endosperma es de 2 a 4 veces más alta que el con el gen *su1* (Creech, 1965). Este locus del maíz ha sido uno de los pocos genes caracterizados desde su secuencia molecular a su efecto directo en sabor y preferencia por el consumidor, ha sido mapeado, clonado y secuenciado; además la función de la enzima, ADP-glucasa pirofosforilasa (ADPG), que codifica está bien establecida (Tracy, 1997). El otro gen, *se*, es un recesivo modificador del endosperma de *su1*, que cuando está en condiciones homocigotas, este alelo incrementa los niveles de azúcar en los granos *su1* a niveles comparables con *sh2*, sin reducción de fitoglicógeno (La Bonte y Juvik, 1991). Este alelo se encuentra en el brazo largo del cromosoma 4 (Ferguson y otros, 1978), no es fácil identificar su fenotipo en los granos, ya que son muy similares al fenotipo *su1*, por lo tanto, se requiere otro tipo de marcadores genéticos, aún no disponibles.

En el caso de modificaciones parciales, los granos que contienen el gen *sugary (su)* son modificados por la segregación de los genes modificadores mayores, de manera que cerca del 25% de los granos tienen endosperma del tipo doble mutante, entonces poseen el beneficio incremental de azúcar del gen modificador. La adición del gen *sugary enhancer (se)* junto con uno de los mayores genes modificadores (*sh2*) modificarán aún más los granos dulces que contienen el gen *su*, a alrededor del 44% de tipo endosperma doble mutante (Brown y otros, 1985).

Para la modificación completa (100%), los granos *sugary (su)* son todos modificados con el gen *sugary enhancer (se)* para producir la doble combinación (*su se*) para obte-

ner el máximo beneficio del gen *se*. Aumenta el contenido de azúcares manteniendo la proporción de fitoglicógeno, por lo que las variedades tienen granos muy dulces y de textura cremosa, similar a las *su1* (Ordaz y otros, 2007).

El maíz dulce tiene una base genética bastante estrecha, desde donde se han extraído y combinado genes para la generación de híbridos modernos. Según Ordaz y otros (2007), existen tres grupos genéticos principales de donde han derivado las mejoras genéticas en esta especie, estos son Golden Bantam, Stowell's Evergreen y Country Gentleman. A partir de Golden Bantam se ha realizado la principal mejora, esta es una variedad introducida por Burpee en 1902, siendo la primera variedad en tener endosperma amarillo, anteriormente todo el maíz dulce tenía endosperma blanco (Tracy, 1997). Así, casi todos los maíces dulces de endosperma amarillo actuales tienen algo de Golden Bantam en su pedigrí (Revilla y Tracy, 1995).

## **ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA**

### **Distribución nacional y zonas productoras**

El maíz dulce se cultiva en todo Chile, desde Arica por el norte hasta Puerto Natales por el sur. Por ser una especie que posee variedades bastante precoces, permite su uso en regiones donde el periodo de crecimiento es corto, como en la Región de Magallanes, pero siempre bajo invernadero protegido. La mayor concentración de la producción es en temporada de primavera-verano y en la zona central, donde las regiones Metropolitana, de O'Higgins y del Maule son las más importantes en superficie sembrada, mayormente con fines agroindustriales. La Región de Arica-Parinacota, también posee una gran importancia en la producción nacional, ya que abastece los mercados de la zona central con choclo dulce durante el invierno y parte de la primavera.

### **Requerimientos edafo-climáticos**

El maíz dulce, al igual que todas las razas de maíz, son plantas de tipo C4, que tienen la capacidad de utilizar el carbono muy eficientemente, lo cual facilita su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, la planta tiene un gran desarrollo vegetativo, para lo cual posee un abundante y profundo arraigamiento. Ello presupone que las más altas producciones se deberían obtener en suelos cuyas características le permitan desarrollar al máximo su sistema radicular, acompañado de un medio ambiente favorable en temperatura del aire y del suelo.

La distribución regional de este cultivo muestra una gran adaptación a diferentes tipos de suelo, los cuales van variando a lo largo y ancho del país, debido al tipo de formación edáfica que ocurrió en los suelos de Chile. El arraigamiento profundizador del maíz, mayor a un metro y a veces hasta tres metros, exige cultivarlo de preferencia en suelos de más de 60 centímetros de profundidad. Es decir, que hasta ese límite no existan tosca, napa freática o estratos duros que impidan el desarrollo de las raíces o dificulten la permeabilidad y el drenaje oportuno del agua. De lo contrario, el crecimiento y desarrollo de la planta se verá afectado, produciéndose amarillez, menor tamaño y, por lo tanto, una baja calidad de mazorcas y producción (Saavedra, 2015a).

El maíz dulce puede prosperar en suelos con un drenaje imperfecto, pero es afectado por asfixia radicular en el caso de un drenaje más restringido. Muchas veces el problema de drenaje está asociado a presencia de salinidad, suelos con conductividad eléctrica mayor a 2 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  presentan problemas para la producción de maíz. Este cultivo se considera poco tolerante a salinidad, inclusive suelos con conductividad eléctrica de 2,5 a 3,9 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ , pueden disminuir el potencial de producción entre 75% y 50%, pero sobre 6,7 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  simplemente no prospera.

El cultivo de maíz dulce soporta pH que varía de 5,6 (medianamente ácido) a 8,4 (moderadamente alcalino), siendo el pH óptimo entre 5,6 y 6,5. El principal problema con los pH extremos es la falta de disponibilidad de algunos nutrientes minerales en el suelo para la planta, y la toxicidad provocada por otros, lo cual provoca retraso de crecimiento y muchas veces pérdida total del cultivo.

En cuanto a temperatura e intensidad de luz para su crecimiento, requiere de condiciones bastante determinadas. Es una especie de día corto, lo cual implica que la inducción floral ocurre con menos de 10 horas luz, pero al tener una gran adaptación, tolera días largos con 12 a 14 horas de luz.

Es muy sensible a las bajas temperaturas, siendo el período entre emergencia y floración (Figuras 3a y 3b), el de máxima sensibilidad. La temperatura del suelo para germinación de semilla debe estar entre 15 y 20°C; temperaturas menores o hasta 12°C producen un retraso y disminución de la germinación. Por lo tanto, la semilla embebida de agua queda expuesta por un periodo más largo de tiempo a patógenos del suelo, los cuales la atacan y destruyen. Sin embargo, una vez ocurrida la germinación una baja en la temperatura del suelo no afecta el desarrollo de la plántula. Temperaturas mayores a 28°C en el suelo, también son dañinas para la germinación de la semilla.

Posterior a la emergencia de la plántula, la temperatura mínima tolerada es de 7°C. Por esta razón, se debe elegir cuidadosamente la fecha de siembra, de acuerdo a la localidad y temperatura histórica. Posteriormente, la planta en desarrollo soporta hasta 8°C, aunque su óptimo para crecimiento está entre 25 y 30°C, pero temperaturas excesivamente altas, pueden provocar problemas serios debidos a mala absorción de nutrientes, minerales y agua.

Temperaturas del aire mayores a 35°C coincidentes con antesis, afectan directamente la viabilidad del polen, independiente del suministro de agua a la planta. La viabilidad del polen no es mayor a 24 horas, aunque normalmente no supera las tres horas, dependiendo del potencial hídrico de la atmósfera. En atmósferas más secas, el grano de polen se deshidrata más rápidamente. Estas condiciones de alta temperatura restringen la fecundación y formación de granos en la mazorca, pero se ve más afectado si existen condiciones de falta de humedad en el suelo.



**Figura 3. Estados de desarrollo del maíz dulce.**

## **AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

### **Ciclo de desarrollo**

Las variedades híbridas de maíz dulce han sido generadas para ser sembradas en áreas templadas de adaptación para este cultivo en el país, hay otros híbridos adaptados para climas tropicales, y cualquier cambio altera su respuesta al medio y su rendimiento. Por lo tanto, el agricultor debe seleccionar un híbrido apropiado para su zona y objetivo de producción, ya sea para producción temprana, normal o tardía, para consumo fresco o para agroindustria (Saavedra, 2015b).

El potencial de rendimiento varía en relación directa al período vegetativo. Mientras más largo sea éste, mayor será la capacidad de producción con mazorcas de mayor tamaño y calidad. Sin embargo, de acuerdo con los objetivos de producción que se planteen, es posible sembrar variedades precoces de maíz dulce, que alcanzan los 70 días desde emergencia a cosecha. Esta estrategia, también se podría aplicar para segundas siembras, utilizando este tipo de variedades de maíces y cosechar tarde en la temporada. Para la zona norte (Región de Arica y Parinacota), se recomienda sembrar maíz dulce precoz durante todo el año, dependiendo del mercado objetivo del agricultor. Desde la Región de Coquimbo hasta Curicó, se recomienda sembrar híbridos de tipo precoz para primores a fines de agosto y principios de septiembre, variedades intermedias desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre, y tardías, desde mediados de septiembre hasta fines de octubre. A medida que se avanza hacia el sur, Región del Maule y Ñuble por condiciones climáticas, es necesario retrasar la época de siembra hasta mediados de noviembre, pudiendo sembrarse híbridos precoces, intermedios y tardíos. Desde La Araucanía hasta Los Lagos, la siembra de maíz dulce se recomienda para fines de noviembre, pero usando solamente variedades precoces e intermedias (Saavedra, 2015b).

## **Sistema de siembra**

El principal método de siembra de maíz dulce es mecanizado, aunque también se puede sembrar manualmente, o con máquinas sembradoras manuales. Las sembradoras de plato corresponden a las sembradoras convencionales que han sido usadas durante bastante tiempo. Son eficaces cuando se utiliza semilla muy bien calibrada y se regula la velocidad de avance. Para realizar una buena labor con estas sembradoras es necesario considerar los siguientes factores:

- Regular exactamente y mantenerla en buenas condiciones
- Usar el disco sembrador apropiado al calibre de la semilla
- Trabajar a una velocidad del tractor no superior a 6 kilómetros por hora.

Otro tipo son las sembradoras neumáticas, que poseen mecanismos dosificadores que actúan por diferencia de presión, por lo cual no se requiere semilla muy bien calibrada para lograr una misma distancia de separación entre ellas sobre la hilera, aunque se trabaje a mayor velocidad. Su uso se ha difundido con rapidez debido a que son muy eficientes, independiente del tamaño o forma de la semilla. Además, su velocidad de avance es superior a la utilizada con la sembradora de plato y por consiguiente su rendimiento diario es mayor.

## **Población**

En el cultivo del maíz dulce se recomiendan poblaciones altas, entre 70.000 y 80.000 plantas por hectárea, lo cual implica una distancia a 18 cm sobre hilera para 0,7 m entre hileras y 16,9 cm para 0,75 m entre hileras, respectivamente. Este resultado obliga a botar 56 y 59 semillas por cada 10 m recorridos de máquina sembradora, según la distancia determinada entre hileras.

## **Fertilización**

El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una fertilización alta, sobre todo en nitrógeno, para producir una cosecha abundante. Para ello, es importante efectuar un diagnóstico de las necesidades del cultivo conociendo los aportes del suelo en nutrientes esenciales. Ello implica conocer el tipo de suelo, la rotación de cultivos que ha tenido el potrero, la fertilización aplicada anteriormente y los rendimientos históricos. Estos aspectos, junto con un análisis de suelo, permiten estimar la aplicación de nutrientes minerales.

En general, el cultivo de maíz tiene mucha necesidad de nutrientes porque produce un abundante volumen de materia seca. Una parte importante del nitrógeno y del fósforo (60 por ciento de ambos) se concentra en el grano, mientras que el grueso del potasio (79 por ciento) queda en hojas, cañas, corontas y raíces, que pueden ser devueltas al terreno (reciclado de los nutrientes por incorporación de rastrojos al medio). El maíz dulce, sin embargo, presenta plantas más pequeñas, es más precoz y por lo tanto acumula menor cantidad de materia seca durante su periodo de crecimiento, lo cual implica a la vez, una menor demanda y extracción de nutrientes comparativamente con el maíz para grano. Por ejemplo, en el Cuadro 1 se puede observar el resultado de diferentes mediciones de rendimiento en mazorcas de maíz dulce y la respectiva extracción de nutrientes principales, donde se ratifica que las mazorcas extraen más de 6 veces N que P y casi 4 veces más K que este último elemento.

**Cuadro 1. Extracción de N, P y K según rendimiento de mazorcas de maíz dulce.**

Mazorca	N	P	K	Autor
	kg ha <sup>-1</sup>			
20 t ha <sup>-1</sup>	27,0			Doerge y otros, 1991
45.500 U ha <sup>-1</sup>	61,2	8,9	33,3	Maynard y Hochmuth, 1997
45.500 U ha <sup>-1</sup>	56,7	10,1	37,8	Heckman, 2007

En el Cuadro 2 se presentan resultados de biomasa total de maíz dulce cosechado, donde claramente se observa que el nitrógeno toma un lugar preponderante respecto a los otros elementos principales, siendo casi 10 veces mayor que el fósforo y de 2 a 4 veces mayor que el potasio.

**Cuadro 2. Extracción de N, P y K según rendimiento de biomasa total de maíz dulce.**

Biomasa total	Materia seca (t ha <sup>-1</sup> )	N	P	K	Autor
		kg ha <sup>-1</sup>			
20 t ha <sup>-1</sup> mazorcas		167-189			Doerge y otros, 1991
57.400* plantas ha <sup>-1</sup>	9,5	202,3	25,1	50,7	Heckman, 2007
45.000** plantas ha <sup>-1</sup>	18,0	200,0	12,0	100,0	Ruiz y García-Huidobro, 2015

\*Sin raíces.

\*\* Con raíces.

El suelo tiene sus reservas nutritivas en los minerales y en la materia orgánica. Pero no basta con que el suelo sea capaz de reponer lo perdido, sino que, además, ello debe ocurrir a una velocidad tal que permita un buen abastecimiento del cultivo siguiente. Si no es así, se produce en el cultivo establecido un estado de deficiencia en uno o varios nutrientes. El déficit puede ser detectado mediante análisis de suelo, que es la herramienta más rápida y barata para hacer un diagnóstico antes de sembrar o antes del inicio del período de crecimiento de un nuevo cultivo. Es decir, posibilita anticiparse o prevenir un problema.

Las recomendaciones de fertilización para maíz deben ser hechas considerando los rendimientos esperados por el agricultor y la utilización de una tecnología de producción adecuada. Por esto es necesario comprender el análisis de suelo, donde se entrega el contenido de nutrientes disponibles que hay en el suelo. Dependiendo del elemento que se trate y se cataloga, de acuerdo a su nivel en el suelo, en un rango desde deficiencia hasta alto contenido, según lo cual más otros datos del potrero, el especialista puede determinar la dosis de nutrientes y fertilizantes a aplicar. En el Cuadro 3 se muestran los estándares utilizados para calificar los análisis de suelos para los elementos principales, macro y microelementos de acuerdo con el Laboratorio de Diagnóstico Nutricional de INIA La Platina.

Debe entenderse que en la categoría deficiente se espera una muy alta respuesta positiva a la fertilización con el elemento, y alta si el nivel determinado es bajo. En el otro extremo un valor alto indica una baja probabilidad de respuesta, y si es muy alto una respuesta muy baja o nula.

**Cuadro 3. Categorización de los contenidos de cada elemento esencial según análisis de suelo.**

Elemento	Unidad	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Deficiente
N	mg kg <sup>-1</sup>	>81	80-36	35-21	20-11	<10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg kg <sup>-1</sup>	>30,1	30,0-20,1	20,0-10,1	10,0-5,1	<5,0
K	mg kg <sup>-1</sup>	>250	250-180,1	180-100,1	100-50,1	<50
S	mg kg <sup>-1</sup>	>25,1	25-16,1	16-10,1	10-4,1	<4,0
Ca	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	>14,1	14-9,01	9-5,01	5-2,01	<2,0
Mg	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	>1.81	1,8-1,01	1,0-0,51	0,50-0,26	<0,25
Na	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	>0,41	0,4-0,31	0,30-0,21	0,20-0,16	<0,15
Cu	mg kg <sup>-1</sup>		>0,50	0,50-0,30	0,30-0,10	<0,10
Zn	mg kg <sup>-1</sup>		>1,01	1,0-0,5	0,50-0,25	<0,25
B	mg kg <sup>-1</sup>		>1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	<0,2
Fe	mg kg <sup>-1</sup>		>4,5	4,5-2,6	2,5-1,0	<1,0
Mn	mg kg <sup>-1</sup>		>1,0	1,0-0,6	0,5-0,2	<0,2
Mo	mg kg <sup>-1</sup>		>0,2	0,2-0,11	0,10-0,05	<0,05

Fuente: Laboratorio de Suelos INIA.

## **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es el nutriente más dinámico del suelo, siendo fácilmente alterado por muchos factores. El potencial productivo de un suelo es fuertemente influido por factores climáticos, en especial temperatura, y por sus características de profundidad, textura, tipo de arcillas, drenaje, compactación, acidez, presencia de sales, calidad de agua de riego, disponibilidad de fósforo y potasio, contenido y calidad de la materia orgánica, etc. La materia orgánica es la responsable principal, pero no la única, del aporte de nitrógeno del suelo, la que, a través del proceso de mineralización, entrega el nutriente en forma aprovechable por la planta. El proceso se activa con el aumento de temperatura, razón por la cual en primavera-verano, época de crecimiento del maíz, se mineraliza una cantidad importante de materia orgánica. Lo anterior, junto a los otros factores enunciados, determina que suelos similares puedan tener potenciales productivos muy diferentes.

Otra forma de estimar el aporte del suelo es directamente a partir del análisis. Dado que el análisis mide las dos fracciones aprovechables por el cultivo (nitratos y amonio), se puede calcular la cantidad de N disponible por hectárea, multiplicando el peso de la hectárea hasta 25 cm de profundidad (aprox. 3000 t) por el contenido de N. Por ejemplo, un suelo que tiene un contenido de 22 ppm de N, representa 66 kg de N de aporte.

Un modelo simple que permite estimar las dosis de N conocidos o estimados los factores anteriores, es el llamado “Método de Stanford” cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Dosis de N} = \frac{\text{Demanda del cultivo – aporte del suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante}}$$

Es preciso tener presente que, según el suelo, el fertilizante empleado y la tecnología de aplicación, el cultivo aprovecha en el mejor de los casos sólo el 50% del nitrógeno agregado. El resto se pierde por lixiviación, desnitrificación, volatilización, inmovilización o remanentes que quedan en el suelo fuera del alcance de las raíces. Para efectos prácticos, se considera que en un suelo franco el aprovechamiento es de 50% del fertilizante nitrogenado. Si el suelo es de textura arenosa o franco arenosa o pedregosa, la eficiencia no va más allá de 30-40 %. Para la estimación de dosis que se presenta en el Cuadro 4, supondremos un suelo de textura media y profundo, en el cual se han aplicado correctamente los fertilizantes (Ruiz y García-Huidobro, 2015).

**Cuadro 4. Dosis de N a aplicar (kg ha<sup>-1</sup>) de acuerdo al análisis de suelo y el rendimiento esperado.**

Nivel N suelo	Rendimiento maíz dulce esperado (U Ha <sup>-1</sup> )	
	Alto (70.000)	Medio (60.000)
Deficiente	410	330
Bajo	390	310
Medio	350	280
Alto	150	120
Muy alto	50	50

### **Fósforo (P)**

El fósforo disponible en el suelo tiene distintos orígenes. Una fracción de aproximadamente la mitad proviene de minerales poco abundantes en el suelo como las apatitas. El resto del P está contenido en la materia orgánica. El P disponible tiene su origen, por una parte, de la lenta liberación desde los minerales, y por otra, de la descomposición de residuos vegetales o animales. Los fertilizantes minerales y/o los guanos proporcionan las formas de fósforo aprovechable que son el  $H_2PO_4^{-1}$  y el  $HPO_4^{2-}$

Las formas aprovechables, entre las que se cuentan las de fertilizantes agregados al suelo, son absorbidas por el cultivo, pero una fracción importante de ellas sufre reacciones químicas inevitables con otros componentes del suelo que las transforman a compuestos insolubles, perdiéndose la posibilidad de ser inmediatamente utilizadas. En tales casos, se establece una competencia entre planta y suelo por determinados compuestos fosfatados. Se estima que la eficiencia de recuperación de los fertilizantes agregados no va más allá de 20-25% en suelos minerales de la zona central. Hacia el sur, la fracción disponible del fosfato va disminuyendo, siendo especialmente menor en suelos trumaos, donde fluctúa entre 7 y 12%. Por último, la retención es mayor en los suelos con muy bajo contenido de fósforo disponible, en contraste con aquellos que muestran altos índices.

Con el tiempo algunas de las fracciones de fósforo retenidas, entran en actividad y gradualmente lo liberan en forma aprovechable, a una tasa propia de cada suelo. Estas fracciones constituyen el fósforo residual, por eso es importante aplicar todos los años, aunque sea en pequeñas dosis, de esta manera se mantiene o aumenta la fertilidad en fósforo. La acumulación es posible también porque, al contrario de lo que ocurre con el nitrógeno, es de muy baja movilidad. Se ha calculado que su difusión desde un gránulo de fertilizante no alcanza más de 20 mm, y en este trayecto, o es absorbido por las raíces de las plantas o reacciona con las partículas del suelo.

La necesidad de fertilizar con fósforo un cultivo se define por el índice de este nutriente medido en el análisis químico de una muestra del suelo superficial. La cantidad de fertilizante a aplicar deriva de la relación establecida entre los índices y la respuesta de los cultivos a dosis crecientes del fertilizante. En el Cuadro 5 se muestra a manera de orientación algunas recomendaciones conforme al grado de suficiencia del nutriente y al tipo de suelo.

En cuanto a manejo de suelos, la frecuencia y cantidad de guano y/o fertilizante fosfatado aplicados durante su historia cultural lo enriquecen en fósforo, disminuyendo con el tiempo la necesidad de fertilizantes.

**Cuadro 5. Dosis de fosfato recomendadas para un rendimiento de maíz mayor a 30 t MS ha<sup>-1</sup> en dos tipos de suelo, de acuerdo al índice de fósforo disponible (Ruiz y García-Huidobro, 2015).**

Índice de fósforo disponible (mg kg <sup>-1</sup> ) *	Categoría de suficiencia	Rango de aplicación de fosfato (kg ha <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Suelos aluviales regiones Coquimbo a Maule, depresión Intermedia		
1 – 4	Muy bajo	110 – 90
5 – 8	Bajo	90 – 70
9 –15	Medio	70 – 60
15-25	Alto	60 – 40
+ de 25	Muy alto	<b>40 – 0</b>
Suelos trumaos regiones Coquimbo a Maule, precordillera andina		
1 – 4	Muy bajo	150 – 120
5 – 8	Bajo	120 – 90
9 –15	Medio	90 – 60
15 –25	Alto	60 – 40
+ de 25	Muy alto	<b>40 – 0</b>

\*mg kg-1 = partes por millón (ppm), medido por el método de Olsen.

### **Potasio (K)**

El potasio, nutriente de alto consumo por las plantas, se encuentra en el suelo en tres categorías: la primera, potasio de la solución del suelo que es el directamente absorbido por las raíces; la segunda, corresponde al que se encuentra adsorbido en las partículas coloidales del suelo (arcilla y humus) y está en equilibrio con el potasio de la solución, a esta fracción se le conoce como potasio de intercambio, el cual sumado al soluble es el que se considera disponible a la planta, es el que mide el análisis de suelo. La tercera y última categoría es la de potasio no intercambiable, este K se considera retenido fuertemente por el suelo, pero también tiene participación en la nutrición de los cultivos cuando los minerales se van descomponiendo o partici-

pando en reacciones químicas. La descomposición de los residuos de cosecha libera potasio que pasa a la solución del suelo.

En la medida que se ha intensificado la producción en los terrenos de riego, los suelos han ido bajando su nivel de potasio de intercambio. Se estima que la deficiencia del elemento en los predios de la depresión central no supera el 25 por ciento, ya que, por tratarse de suelos jóvenes, mantienen altas sus reservas.

Por ahora no se cuenta con suficiente investigación que permita establecer el grado de respuesta del maíz a dosis crecientes de potasio, pero se ha encontrado que, cuando el suelo tiene menos de 40 mg kg<sup>-1</sup> de K disponible, existe una respuesta del cultivo a las aplicaciones de abonos potásicos. En suelos con valores de alrededor de 100 mg kg<sup>-1</sup> no se ha encontrado una respuesta clara al K. En el Cuadro 6 se muestran recomendaciones de fertilizantes potásicos en maíz según la disponibilidad del suelo.

En relación a este nutriente, se distinguen dos tipos de suelo según su aporte a los cultivos: uno, de alto potencial de restitución del potasio disponible retirado por el cultivo, y otro, con bajo potencial de hacerlo. Dicha característica depende principalmente del tipo de minerales que originó el suelo y de la textura. En general los suelos de texturas arcillosas son de alto suministro de K, exceptuando suelos en que predominan las arcillas ilíticas o caolíníticas. Los suelos arenosos por lo general son de más bajo suministro.

**Cuadro 6. Dosis de potasio recomendadas para un rendimiento de maíz mayor a 30 t MS ha<sup>-1</sup> según el índice de potasio del suelo.**

Índice de potasio de intercambio (mg kg <sup>-1</sup> ) *	Categoría de suficiencia	Rango de aplicación de potasio (kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> )
0 - 39	Muy bajo	120 - 60
40 - 69	Bajo	80 - 30
70 - 109	Medio	50 - 0
110 - 130	Alto**	50 - 0
+ de 130	Muy alto	0

\* mg kg<sup>-1</sup> = partes por millón (ppm)

\*\* Sólo en algunos suelos podría haber respuesta a una aplicación moderada de fertilizantes potásicos.

Un terreno de alto potencial de restitución de potasio sometido a un régimen de cultivo permanente difícilmente verá afectada su disponibilidad de un año a otro. Por el contrario, los suelos del segundo grupo bajarán su índice de disponibilidad año tras año si se cultivan intensamente a no ser que se reponga el potasio extraído con fertilizantes.

Los suelos con bajo índice de potasio de intercambio, no siempre responden a la aplicación de este nutriente, debido a que las aguas de riego están incorporando cantidades de potasio en solución que permiten satisfacer una parte importante de las necesidades del cultivo. Un ejemplo evidente son los suelos regados con agua del río Maipo (Ruiz y García-Huidobro, 2015).

## **Riego**

En Chile, la producción de maíz dulce es absolutamente dependiente del suministro de agua a través de riego, por lo tanto, es un elemento de producción imprescindible para el éxito del cultivo. A diferencia de otros factores de producción (fertilización, controles fitosanitarios, variedades, densidad de siembra, entre otros), el agua está sujeta a la conducción, técnica de distribución y a la competencia del regador, quien en general tiene escasa o nula preparación en el tema. De esta forma, para muchos agricultores la principal preocupación será la falta de agua para regar y su efecto sobre la calidad y rendimiento.

El método de riego a utilizar está condicionado por el tipo de suelo, la dotación del agua del predio y la disponibilidad de mano de obra. Si en el predio el recurso agua y mano de obra no es limitante, además el suelo presenta pendientes inferiores al 1,5 %, texturas que permitan una frecuencia de riego de más de tres días y profundidades que toleran la nivelación, el riego por surcos puede ser apropiado. Si alguna de las condiciones o situaciones indicadas no se cumple se recomienda el riego por aspersión, con un diseño alto y con baja intensidad de lluvia de los aspersores de manera de no dañar el cultivo (Antúnez y otros, 2015).

En un grado avanzado de tecnificación se encuentra el riego por pivote (con la variante laterales de riego) y aspersión (Figura 4), que representan en general inversiones mucho mayores, y que desarrollan productores a un nivel industrial. Los pivotes y laterales de riego suelen regar superficies circulares en un rango superior a las 30 ha. Los costos de instalación de un pivote o lateral de riego superan los 50.000 dólares, por lo que su implementación se encuentra restringida a zonas con menor disponibilidad de agua y a empresas de mayor capacidad de inversión. Estos sistemas, en el caso de maíz dulce, su diseño debe estar adaptado al riego de otras especies hortícolas en rotación tales como zanahoria y espárragos, entre otras.



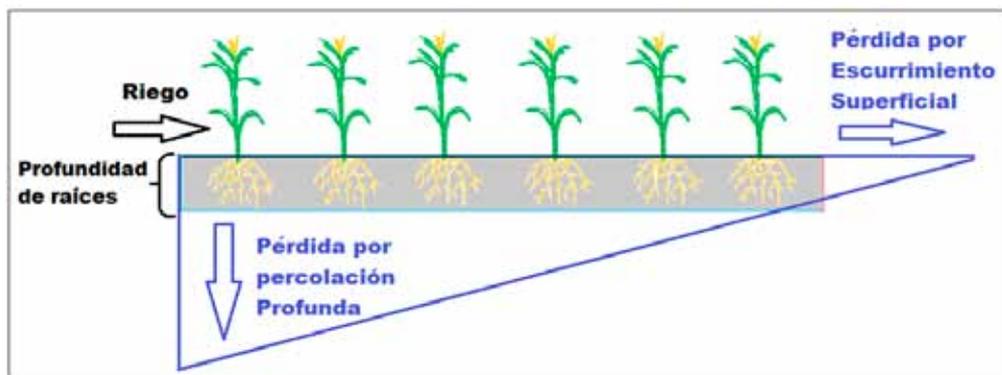
**Figura 4. Riego por pivote y aspersión en maíz.**

El maíz dulce se cultiva en una amplia gama de suelos, que difieren ampliamente en sus propiedades físicas. En casos extremos, por ejemplo, suelos arenosos y arcillosos tienen amplias diferencias de manejo en la programación de riego. Por ejemplo, suelos arenosos con baja capacidad de retención de agua ( $50 \text{ mm m}^{-1}$ ) requieren riegos frecuentes en máxima demanda, mientras que el mismo cultivo en suelos arcillosos de alta retención ( $150 \text{ mm m}^{-1}$ ) requieren riegos con una frecuencia mucho menor. Estrechamente relacionada con la capacidad de retención del suelo, está la profundidad de raíces del cultivo. En general, la planta de maíz explorará una profundidad en un rango entre 80 y 120 cm si las condiciones del suelo lo permiten, aunque en suelos bien aireados la profundidad de arraigamiento será mayor que en suelos sin esta característica (Antúnez y otros, 2015).

Tradicionalmente en Chile, previo a la siembra del cultivo, se realiza un riego por tendido (“riego de tierra”) para homogenizar el contenido de agua del suelo. Obtenida la humedad apropiada, se hace una labor con rastra de discos, a la cual se puede acoplar una rastra de clavos y un rastrón de palo, con el objeto de dejar lista la cama de semilla para la siembra. De esta forma, la semilla se siembra y la plántula de maíz emerge en un suelo húmedo, sin recibir riego.

Una vez emergido el maíz, el cultivo requiere ser regado, labor que en Chile tradicionalmente se hace por medio de surcos con caudal continuo de agua. Tradicionalmente los surcos se abren con arado surcador. Esto generalmente ocurre en plantas con 30 cm de altura y dos a tres hojas verdaderas expandidas. En este método de riego, se aporta el agua continuamente desde la cabecera del predio y se deja avanzar a lo largo del surco. De esta forma, el tiempo de permanencia del agua en la cabecera del

surco es significativamente superior al tiempo de permanencia del agua al final surco. Por este motivo, al finalizar el riego la percolación profunda de agua en el sector cercano a la cabecera es considerable, mientras que se verifica una pérdida de agua y suelo por escorrentía superficial (Figura 5).



Fuente: Antúnez y otros, 2015.

**Figura 5. Esquema de pérdidas de agua de riego por surcos tradicional.**

La percolación profunda de agua de riego, arrastra nutrientes altamente solubles como nitratos que en el cultivo del maíz suelen aplicarse en altas cantidades. La escorrentía superficial, tiende al arrastre de partículas de suelo (limo y arcilla principalmente) las que junto con fertilizantes y pesticidas pueden contaminar los cursos de agua de riego ubicado en zonas más bajas. Debido a las pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial, inherentes al riego tradicional por surcos, la eficiencia de aplicación de este tipo de riego es relativamente baja, en un rango de 40 a 60 %. En otras palabras, de 100 litros de agua aplicados al cultivo, 40 a 60 quedan disponibles para la evapotranspiración del cultivo en la zona de raíces.

Un buen diseño del sistema de riego por surcos debe considerar factores como suelo (pendiente, textura y profundidad), cultivo y sistema de distribución del agua en el predio. La pendiente limita el largo de los surcos, por lo que no se recomiendan para suelos con pendientes mayores a un 1,5%, a menos que se hagan en curvas a nivel de 0,2 a 0,5% de pendiente, según la textura del suelo (Antúnez y otros, 2015).

En el Cuadro 7 se indica el largo máximo que deben tener los surcos de riego de acuerdo con la textura y pendiente del terreno. Además, se incluye la profundidad del suelo, ya que este factor hace que la cantidad de agua a aplicar sea mayor. Los largos de surco señalados no siempre son posibles de utilizar en el campo y a veces es necesario hacerlos más cortos. El riego en tales condiciones será eficiente siempre

y cuando se observen las normas sobre tiempo de riego, que permitan humedecer total y uniformemente el suelo.

**Cuadro 7. Largo máximo de surcos (m), según pendiente, textura y profundidad del suelo.**

Textura y profundidad del suelo (cm)									
	Arenosa			Franca			Arcillosa		
Pendiente (%)	50	100	150	50	100	150	50	100	150
	Largo de los surcos (m)								
0,25	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0,50	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0,75	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1,00	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1,50	60	80	100	95	130	160	120	175	215

Fuente: Booher, 1974.

Otra relación que se debe tener en cuenta con el diseño de riego por surcos es la cantidad de agua que se debe entregar o caudal del surco, que varía con la pendiente (Cuadro 8). Si en terrenos de gran pendiente se aplican caudales muy grandes, las pérdidas de suelo por erosión pueden ser significativas. Una vez que el agua llega al final del surco el caudal debe reducirse a un tercio de lo señalado, hasta completar el tiempo de riego; ello permite evitar las pérdidas por escurrimiento superficial y aprovechar mejor el agua.

La distribución de sales en el perfil depende del movimiento del agua en el suelo. En el riego por surcos el agua se mueve en el suelo tanto vertical como lateralmente. Debido al movimiento lateral las sales se acumulan en el camellón. En suelos arenosos el agua profundiza rápidamente produciéndose un escaso movimiento lateral.

Los fertilizantes nitrogenados (urea o salitre) pueden ser aplicados en el fondo del surco. Se ha determinado que incluso los caudales erosivos no producen arrastre de los fertilizantes, y que las pérdidas por lixiviación no son significativas.

**Cuadro 8. Caudales máximos no erosivos.**

<b>Pendiente (%)</b>	<b>Gastos máximos no erosivos (L/seg)</b>
0,3	2,0
0,5	1,2
1,0	0,6
1,5	0,4

Fuente: Antúnez y otros, 2015.

En la aplicación del riego tradicional se han establecido prácticas para mejorar la eficiencia del método, tales como:

- Limitar la longitud de los surcos. El largo de surcos va a depender del tipo de suelo, de la pendiente del potrero y de la cantidad de agua a aplicar. En los suelos arcillosos los surcos pueden ser más largos que en los suelos arenosos; en los terrenos más parejos los surcos pueden ser más largos que en los otros con más desnivel.
- Controlar el caudal aplicado. Para minimizar la erosión y percolación de agua se debe controlar bien el agua que se aplica, por lo que se recomienda usar sifones, cajas de distribución, mangas plásticas, o sistema californiano móvil o fijo.
- Emplear dos caudales de riego. Se recomienda aplicar al principio del riego, un caudal máximo no erosivo para mojar todo el surco de riego. Posteriormente, se sugiere emplear un caudal reducido, que corresponde aproximadamente a la mitad del caudal máximo no erosivo. Esta práctica permite aprovechar mejor el agua, disminuyendo el escurrimiento superficial. Controlar tiempos de riego, aplicando agua al surco por un tiempo controlado hasta humedecer completamente la zona de raíces, de manera tal de no aplicar agua en exceso.

Emparejar el terreno, eliminando altos donde no llega el agua de riego y bajos en que ésta se apoza. Aprovechar el agua de desagüe en sectores del predio más bajos (Antúnez y otros, 2015).

## Sanidad

### *Enfermedades*

Los hongos, bacterias, virus y nematodos son potenciales agentes de enfermedades en el maíz dulce. En Chile se destacan los daños causados por hongos, que son los más numerosos, frecuentes y perjudiciales. Sin embargo, en la actualidad se debe considerar el daño potencial de virus presentes. Las enfermedades fungosas de mayor importancia en maíz dulce son los carbones común y de la panoja.

Carbón común del maíz (*Ustilago maydis* (DC) Corda.), puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo de la planta, evidenciándose tumores o agallas de pocos milímetros a varios centímetros, en raíces adventicias, cañas, nudos, nervaduras de hojas, panoja y mazorca. Los tumores están cubiertos por una membrana blanco grisácea que, al desgarrarse, deja escapar un polvo oscuro correspondiente a esporas del hongo. Las esporas invernan en residuos vegetales afectados y en el suelo pueden llegar a infectar a otras plantas de maíz en la temporada siguiente.

El carbón se desarrolla con clima cálido y seco, con temperaturas entre 26 y 34°C. La penetración de esporas puede producirse a través de las raicillas; a partir de ahí se difunden por vía vascular, instalándose en cualquier parte de la planta, pero preferentemente en la mazorca que es donde hay mayor concentración de nutrientes (Sepúlveda, 2015). Esta enfermedad ataca preferentemente plantas jóvenes, suculentas y en proceso de rápido crecimiento, en suelos ricos en nitrógeno y materia orgánica. Esto debido a que esta suculencia facilita la penetración de las hifas, daños físicos también facilitan la entrada del hongo a la planta (Figura 6a).

Carbón de la panoja (*Sphacelotheca reillana* (Kühn) Clint), es un hongo que se puede manifestar en la panoja o en la mazorca, produce agallas que contienen un gran número de clamidosporas, esta infección es totalmente sistémica o sea el crecimiento es por dentro de la planta y la sucesión de infecciones locales no ocurren en la misma temporada como es el caso del carbón común del maíz. La infección en la panoja se manifiesta como una masa de esporas negras en una espiguilla o en toda la panoja; en el caso de la mazorca, las infectadas son pequeñas, de forma caída y sin evidencia de una coronta o granos dentro (Sepúlveda, 2015).

Poco se sabe de las condiciones que favorecen esta enfermedad, puede aparecer en un gran rango de temperaturas, pero suelos relativamente secos parecen ser más favorables que los húmedos para la invasión en el huésped. Las heridas parecen no incrementar la incidencia del carbón de la panoja a diferencia del carbón común del maíz, debido a su naturaleza sistémica (Figura 6b).



a) Carbón común del maíz



b) Carbón de la espiga del maíz

**Figura 6. Imágenes de carbones del maíz.**

La reducción de la enfermedad se basa, principalmente, en la erradicación de las plantas con carbón, arrancándolas y quemándolas antes de la dehiscencia de los tumores, para evitar la propagación de las esporas. Es recomendable la rotación de cultivos y la desinfección de semilla, aunque esta labor no es efectiva en la reducción de la incidencia de los carbones, pero puede matar esporas contaminando semillas y prevenir la introducción en lugares donde la enfermedad no está presente.

El uso de híbridos resistentes es también favorable, pero en el caso de maíz dulce se ha visto solamente una tolerancia a esta enfermedad, y la presencia siempre de plantas infectadas, aunque en baja proporción (Sepúlveda, 2015).

La desinfección de semilla con ingredientes activos como tebuconazole, triticonazole, y flutriafol es recomendada a modo preventivo para el control del carbón de la panoja y mazorca (Cuadro 9).

Un problema fitosanitario que se ha evidenciado con cierta intensidad en el cultivo del maíz dulce durante los últimos años ha sido la fusariosis, causada por *Fusarium moniliforme* y *F. graminearum*, con predominancia del primero. Estos patógenos se diseminan durante las labores culturales, por el agua de riego, o como micelio latente, ubicado internamente en la semilla. Sobrevive como clamidospora (estructura de resistencia) y posiblemente como micelio en restos de plantas enfermas en el suelo.

**Cuadro 9. Ingredientes activos y sus respectivos nombres comerciales recomendados para carbón de la panoja y mazorca. (SAG, 2018)**

Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis/100 kg de semilla
Carbendazima /Mancozeb	Anagran Plus	200 g
Flutriafol	Atout 10	10 kg/ha
Sedaxano	Vibrance	60-100 cc
Tebuconazole	Chambel 6FS	80-90 cc
Tebuconazole	Raxil 060 FS	100 g
Tebuconazole	Seed Cover	80-90 cc
Tebuconazole	Sparkseed	80-90 cc
Tebuconazole	Tebuconazol 6 FS Agrospec	100 cc
Tiofanato-metilo / Piraclostrobina / Triticonazol	Real Top	1.200 cc
Triticonazole	Real 200 SC	500-600 cc
Triticonazole	Reflex 200 FS	500-600 cc

Los hongos mencionados pueden afectar a casi todas las partes de la planta y en cualquier etapa de desarrollo de ella. Los síntomas se presentan como pudrición de semilla, marchitez en el estado de plántula, ataque a la mazorca, ataque localizado o marchitez total de planta adulta.

**Síntomas en raíces:** se produce una pudrición seca. Los extremos de las raíces adquieren tonalidades rosáceas. Posteriormente la coloración se extiende por las raíces fibrosas que se ahuecan y pudren.

**Síntomas en cañas:** se pueden presentar lesiones rosáceas, una aparente madurez anticipada y quebradura o tendadura de la caña. Afecta generalmente la base y los últimos entrenudos y nudos de la caña, aumentando la severidad a medida que la planta madura.

La enfermedad debilita las cañas. El viento y la lluvia las doblan o tienden, haciendo difícil la faena de cosecha.

**Síntomas en hojas:** los ataques tempranos las hacen tomar una apariencia verde grisácea, mostrando luego aspecto de marchitez hasta que, por último, se tornan amarillas y se secan.

**Síntomas en mazorcas:** podredumbre seca de la mazorca (*Fusarium moniliforme*). La infección local parece iniciarse por alguna forma de herida, como las causadas por gusanos o las que dejan los pistilos al caer.

Entre las medidas que contribuyen a disminuir la incidencia del ataque, se debe considerar la rotación de cultivos, uso de semilla sana, no sembrar granos de mazorcas afectadas, separar y quemar mazorcas afectadas, controlar plagas, y aplicar una fertilización balanceada, especialmente nitrógeno evitando excesos (Sepúlveda, 2015). La mayoría de los híbridos comercializados actualmente son resistentes a fusariosis.

La pudrición de semilla causada por el complejo de hongos *Pythium* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Rhizopus* sp.; y la marchitez o muerte de plántulas, por *Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Helminthosporium pedicellatum* Henry son muchas veces un problema sanitario si no se hace una prevención. Estos se diseminan junto a semilla contaminada o durante las labores culturales, sobreviviendo saprofiticamente en el suelo. Estos complejos de hongos se ven favorecidos en suelos fríos, húmedos y con drenaje deficiente. Los factores que afectan la severidad de la enfermedad incluyen resistencia genética, calidad de semilla, profundidad de siembra y tipo de suelo. Un método cultural de control es ajustar la época de siembra de modo que las temperaturas del suelo favorezcan la germinación rápida de la semilla, pero siempre junto a una buena desinfección de semillas. En siembras tempranas para maíz dulce precoz, es fundamental la aplicación de fungicidas protectores a la semilla (Sepúlveda, 2015).

El tratamiento de semillas con fungicidas protectores, en polvo o en pasta (slurry), es eficaz contra los organismos mencionados, protegiendo adecuadamente a la semilla sana y a la que presenta fisuras o daños (por trilla, secado, etc.) en sus cubiertas, y las plántulas. Los ingredientes activos recomendados para dicho objeto son fludioxonil y mephenoxam (Celest XL 035 FS) en dosis de 100 cc/100 kg de semilla. Siempre se debe consultar al comprar la semilla si viene desinfectada y con qué productos.

El MDMV (Mosaic Dwarf Maize Virus) es un virus presente en Chile, principalmente ataca maíz dulce. Esta enfermedad es transmitida por áfidos, en forma no persistente, razón por la cual el conocimiento de la fluctuación de áfidos alados durante el año es de suma importancia. El virus es también transmitido mecánicamente, aunque no por contacto entre plantas, y en el caso del maíz por semilla. El principal hospedero o fuente de inóculo primario es maicillo (*Sorghum halepense*), donde los áfidos se alimentan y lo transmiten a maíz. Las líneas puras de maíz dulce son muy sensibles a este virus, por lo tanto, hay que seguir las recomendaciones señaladas cuando se tenga un semillero de este tipo de maíz (Sepúlveda, 2015). Las plantas enfermas presentan moteados foliares cloróticos y un mosaico variable entre leve y severo. En ataques severos se observa un marcado enanismo.



**Figura 6. Síntomas de MDMV (Mosaic Dwarf Maize Virus).**

El uso de variedades resistentes es una de las formas de evitar este virus, pero también se debe considerar el uso de semilla de procedencia conocida, sin infección. El control de maicillo es muy necesario, para evitar su diseminación y transmisión al cultivo de maíz.

### ***Plagas***

El cultivo del maíz es atacado durante su desarrollo por varias especies de insectos, las que disminuyen el rendimiento y deterioran la calidad de la mazorca. Algunas de éstas constituyen plagas de importancia económica por la frecuencia y gravedad del daño que producen, por lo tanto, es necesario controlarlas. Mientras otras no afectan mayormente, pues se presentan en forma ocasional y no se justifica su control.

Los insectos que frecuentemente se transforman en plagas en la zona central y centro sur del país son los gusanos cortadores, el gusano barrenador y el gusano del choco. La intensidad de su ataque depende principalmente de la rotación, del manejo del potrero y de las condiciones climáticas de la temporada.

Cabe destacar que una buena preparación de suelos ayuda a eliminar la carga de plagas presentes. Los gusanos cortadores invernan en el suelo, de modo que, al efectuar las labores de preparación, la maquinaria los destruye o los deja expuestos en la superficie, siendo fácil presa de aves y otros enemigos naturales.

**Gusanos cortadores**, es una de las plagas más frecuentes en el maíz. Incluye larvas de numerosas especies de mariposas (generalmente de los géneros *Agrotis* y *Feltia*) que tienen el hábito de cortar las plantas a nivel del cuello. Cada gusano puede dañar, total o parcialmente, tres o cuatro plantas en una hilera (Figura 7a). A menudo los ataques más intensos se producen cuando, en la rotación, el maíz sigue a una empastada de leguminosas; en suelos pesados o donde existe una densa población de malezas.

La oviposición es en lugares con bastante humedad, tanto en el suelo como en el aire, con frecuencia en terrenos inundados durante el invierno. Las hembras ponen entre 1.500 y 2.500 huevos en verano y menos de la mitad en invierno en grietas del suelo. El huevo tarda en eclosionar 4-14 días. La larva que eclosiona, se alimenta de la parte aérea durante los tres primeros estadios de desarrollo, en este caso no causa daño, a partir del 4º estadio baja al suelo y se entierra adoptando el comportamiento nocturno y vive en el suelo. Este periodo de larva es de 28-34 días.

Las larvas miden entre 30 y 45 mm de largo por 7 mm de ancho. La cabeza es de color castaño rojizo. La piel es de color gris casi negro de aspecto grasiento. En el lado ventral y lateral tienen adornos pálidos. En la línea media dorsal lleva una franja más clara que el resto del cuerpo. Las larvas se curvan sobre un costado de su cuerpo, actitud típica de larvas de esta especie. Consumen raíces y hojas tiernas, cortan el cuello de la planta, son especialmente dañinas en plantas jóvenes. Al terminar de alimentarse en una plata se traslada a la planta más cercana.

Los adultos tienen la capacidad de migrar a grandes distancias, incluso sobrevolar desiertos. Son bien cosmopolitas, en Chile se encuentran entre las regiones de Arica y Parinacota y Los Lagos, estando también presente en Isla de Pascua.

El control preventivo no siempre se justifica; conviene efectuarlo sólo en caso de haberse detectado abundancia de gusanos al preparar el suelo, o cuando el maíz sucede a una pradera. Consiste en hacer aplicaciones al suelo antes o durante la siembra con productos como los presentados en el Cuadro 10. El insecticida debe distribuirse sobre toda la superficie del suelo e incorporarse a una profundidad de 2 a 3 cm, con una labor superficial de rastra de clavos o de ramas.

El control curativo se debe efectuar con pulverizaciones en el momento en que se encuentren alrededor de un dos por ciento de plantas cortadas. Las pulverizaciones, con insecticidas recomendados (Cuadro 10), deben dirigirse hacia la base de la planta en una franja de no más de 20 cm de ancho. En el caso de emplear cebo, no es necesario ponerlo en toda la superficie, sino sólo en los sectores donde se observe

el daño, aplicándolo de preferencia al atardecer. El control es más efectivo si el suelo tiene una humedad adecuada (Estay, 2015).



a) Gusano cortador en maíz larva y adulto

b) Gusano barrenador en maíz larva y adulto

**Figura 7. Imágenes de gusano cortador y barrenador en maíz.**

**Gusano barrenador** (*Elasmopalpus lignosellus*) corresponde a un insecto con altos requerimientos de temperatura, y por lo tanto no es problema en siembras de primavera. Es la plaga más importante en siembras tardías, atacando desde que las plantas emergen hasta que tienen 20 cm de altura, aproximadamente (Figura 7b). Reducen en forma drástica la densidad de plantas y a menudo es necesario resembrar.

Las larvas hacen perforaciones a nivel del cuello destruyendo el centro de crecimiento, lo que provoca la muerte de la hoja central y luego de la planta completa. El daño es característico y permite reconocer fácilmente el ataque. Las larvas viven enterradas casi a ras del suelo, protegidas por una especie de tela que se adhiere a la planta.

Las hembras colocan entre 100 a 200 huevos en la base de los tallos de plantas jóvenes o en hojas jóvenes. El huevo es de forma ovalada, mide 0,6 mm de largo y 0,7 mm de diámetro. Recién ovipositado es de color blanco amarillento, tornándose posteriormente rosado y finalmente rojo intenso próximo a la eclosión.

La larva presenta una coloración que varía de amarillo pálido a amarillo verdoso, luego verde pálido y finalmente verde azulado. Presenta bandas transversales rojizo púrpura y varias líneas longitudinales marrón rojizo en el dorso que se interrumpen al final de cada segmento. La larva mide entre 15 a 18 mm de longitud. En los primeros estadios la larva come hojas, raíces y luego barrena la planta cerca de la superficie del suelo y forma una galería hacia la parte apical de hasta 5 cm de largo. Desde su orificio de entrada hacia el suelo produce un tubo con hilos sedosos, restos vegetales, tierra en forma de colgajo, dentro del cual empupa. *Elasmopalpus* puede completar su etapa de larva en 15 días con 28°C y tolera muy bien las altas temperaturas del suelo. Las larvas se transforman en pupas en el túnel de seda para emerger como adulto luego de 1 a 3 semanas, de acuerdo a la temperatura del suelo.

La pupa recién formada es de color verde y posteriormente se torna de color marrón oscuro, se encuentra dentro de un cocón cilíndrico de 16 mm de largo, constituida por hilos de seda con partículas de tierra. La pupa mide entre 7 a 12 mm de longitud.

El adulto es pequeño, de aspecto alargado cuando está en reposo y con una expansión alar de 18 a 25 mm. La cabeza es pequeña de color marrón, palpos labiales erectos y relativamente más largos en el macho. Presenta las alas anteriores angostas, siendo en el macho de color pajizo con márgenes grisáceos y con varios puntos oscuros. El tórax es de color crema a manera de cola. Las hembras son de mayores tamaños que los machos.

Es una plaga de muy difícil control por su hábito de mantenerse protegida y por la rapidez con que destruye a las plantas. Lo más aconsejable parece ser una buena preparación de suelo, sembrar con la mayor humedad posible (lo cual disminuye la postura de huevos), desinfección de semillas y el control químico, utilizando productos de tipo piretroides – recomendados para control curativo de gusanos cortadores - desde que se observan los primeros síntomas (Cuadro 10). Es muy importante vigilar cuidadosamente las plantas desde la emergencia. Condiciones de sequía, suelos arenosos, altas temperaturas y siembras tardías favorecen su incidencia (Estay, 2015).

**Cuadro 10. Ingrediente activo, productos comerciales y dosis para el control de gusanos cortadores y barrenadores. (SAG, 2018).**

Ingrediente activo	Producto comercial*	Dosis	
		Pre siembra	Pos -emergencia
Acephato	Orthene 75 SP		1,0 – 1,2 kg/ha
Acephato Orthene 80 ST		0,8–1,0 kg/100 kg de semilla	
Clorpirifos	Cyren 15 G	15–20 kg/ha	
Clorpirifos	Lorsban 4E	3–5 L/ha	1,5 – 2,0 L/ha
Clorpirifos	Lorsban 10D	5–10 kg/ha	
Clorpirifos	Lorsban 15G	10–15 kg/ha	
Clorpirifos	Pyrynex 48EC	3–5 L/ha	3 – 4 L/ha
Clorpirifos	Pointer 15G	10–15 kg/ha	
Clorpirifos + cipermetrina	Lorsban Plus		0,75 - 1,0 L/ha
Clothianidin	Poncho 600 FS	2 cc/1000 semillas	
Diazinon	Diazinon 600EC	3,5 – 4,0 L/ha	
Esfenvalerato	Halmark 75 EC		150–250 cc/ha
Fenvalerato	Fenvalerato 30EC		150–200 cc/ha
Lambdacihalotrina	Karate Zeon		250–350 cc/ha
Lambdacihalotrina	Karate Zeon 050 CS		250–350 cc/ha
Lambdacihalotrina	Invicto 50 CS		250–350 cc/ha
Teflutrina	Force 3 GR	3–5 kg/ha	
Thiametoxam	Cruiser 70 WS	300-450 g/100 kg semilla	
Thiametoxam	Cruiser 350 FS	600–900 cc/ 100 kg de semilla	
Thiametoxam	Cruiser 600 FS Semillero	350–525 cc /100 kg de semilla	
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Engeo 247 SC		150–200 cc/100 L agua
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Orbita SC		150–200 cc/ha

\*Productos comerciales son solamente referencias, los nombres pueden variar en el tiempo.

**Gusano del choclo** (*Helicoverpa zea*) es una plaga común en el maíz dulce, anteriormente conocida como *Heliothis zea*. El control se hace imprescindible en la producción de maíz para consumo fresco, en el cual interesa la calidad y aspecto de la mazorca. Causa daño severo a las mazorcas, consumiendo los granos tiernos del ápice y deteriorándolas (Figura 8a).

Los adultos están activos durante las horas crepusculares, ovipositan 500 a 3000 huevos de preferencia sobre los pistilos y potencialmente pueden infestar a un número igual de mazorcas; pudiendo ocasionar un fuerte daño a los cultivos. Después de 2 a 10 días de la postura, de cada huevo nace una larva que inicialmente se alimenta de los pistilos o seda fresca, dirigiéndose a la mazorca; luego entra en ella donde se alimenta por el resto de su vida larval. La larva pasa por seis estadios en su desarrollo, periodo que puede durar de 2 a 4 semanas, abandonan la mazorca y se introducen a una profundidad de 12 cm en el suelo, y de pupa de 10 a 25 días. En este estadio puede invernar en el suelo y los adultos emerger entre octubre y diciembre.

El hecho que en las espigas de maíz normalmente se encuentre un único individuo es debido al canibalismo que practican. En su último estadio la larva mide de 30 a 38 mm y presenta una coloración muy variable. La cabeza es de color pardo amarillento con un moteado que varía de castaño a casi blanco. El color del cuerpo puede ir del amarillento a verde claro, rosado, pardo claro u oscuro, con una serie de bandas generalmente claras.

El adulto mide de 30 a 40 mm de expansión alar, siendo muy buenas voladoras y presentan mayor actividad durante las noches cálidas. Las alas anteriores del macho son amarillo pajizo a pardo verdoso con una mancha reniforme próxima al centro del ala y una banda tenue que la atraviesa en el tercio distal. Sobre el margen externo se observan siete puntitos oscuros. Las alas anteriores de la hembra son de tono pardo amarillento con las mencionadas puntuaciones en parte enmascaradas por una delgada línea. En ambos sexos las alas posteriores son amarillentas con una ancha banda oscura sobre el margen externo parcialmente interrumpido por una zona clara.

Se distribuye entre las regiones de Arica y Parinacota hasta Los Lagos, es una especie muy polífaga, alimentándose también de otros cultivos y malezas. Es común ver ataque en tomate, frutilla, arveja, arándano y otros.

Las prácticas de control deberían integrar diferentes tipos de manejo, desde cultural hasta químico, considerando los enemigos naturales y variedades con mayor tolerancia a la plaga.

Algunas formas de laboreo de suelos pueden reducir la población de esta plaga indirectamente al destruir malezas y plantas voluntarias de cultivos anteriores que podrían servir de hábitat para la polilla y sus larvas mientras el maíz aparece. Otras labores de preparación de suelo usadas para sembrar el cultivo, que incluyen prácticas como voltear el suelo y enterrar residuos y preparación de las camas de siembra, exponen a las pupas de gusano del choclo a enemigos naturales y deshidratación. Poblaciones que pasan el invierno en el suelo se pueden reducir bastante arando en el otoño o en la primavera.

El control químico, haciendo aplicaciones desde el momento de mayor sensibilidad para esta polilla, o sea desde la aparición de pelo, es recomendable como preventivo en toda la zona productora. Programas de control se deben aplicar con diferentes ingredientes activos, pero teniendo en cuenta el periodo de carencia del producto para no tener problemas a la cosecha. En el Cuadro 11 se presenta una serie de ingredientes activos y sus nombres comerciales a modo de referencia, estos pueden cambiar en el tiempo.

**Cuadro 11. Ingrediente activo, nombre comercial, dosis de los insecticidas y periodo de carencia de los productos recomendados para el control del gusano del choclo. (SAG, 2018).**

Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis	Carencia (días)
Acephato	Orthene 75 SP	1,0–1,2 kg/ha	14
Alfacipermetrina	Alfamax 10 EC	200–250 cc/ha	15
Alfacipermetrina	Fastac 100 EC	200 cc/ha	14
Alfacipermetrina	Mageos	150–170 g/ha	7
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Delfin WG*	25–100 g/ 100 L de agua	0
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel WG*	0,5–1 kg/ha	0
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Javelin WG*	0,75–1,0 kg/ha	0
Beta-cyfluthrin	Bulldock 125 SC	80–100 cc/ha	7
Carbaryl	Carbaryl 85% WP	1-2 kg/ha	2
Carbaryl	Carbaryl 85 WP	1-2 kg/ha	2
Carbaryl	Carbaryl S 85	1-2 kg/ha	2
Carbaryl	Sevin XLR Plus	2,6–3,5 L/ha	2
Esfenvalerato	Halmark 75 EC	250 cc/ha	7
Fenvalerato	Fenvalerato 30 EC	250 cc/ha	1
Imidacloprid + Deltametrina	Muralla Delta 190 OD	200–400 cc/ha	21
Lambdacihalotrina	Karate Zeon 050 CS	200–250 cc/ha	21
Lambdacihalotrina	Lambda Cihalotrina 5 EC Agrospec	200–250 cc/ha	3
Lambdacihalotrina	Judoka	200–250 cc/ha	3
Novaluron	Pedestal	0,25–1,0 L/ha	18
Novaluron	Rimon 10 EC	2,3–4,5 cc/100L agua	18
Permetrina	Pounce	165–260 cc/ha	7 – 15**
Permetrina	Permetrina 50 CE	200–250 cc/ha	8
Permetrina	Rayo 50 EC	150–200 cc/ha	7
Profenofos	Selecron 720 EC	0,5 L/ha	28
Spinosad (Factores A + D)	Entrust	90–120 g/ha	1
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Engeo 247 SC	200 cc/ha	14
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Orbita SC	200 cc/ha	14

\*Insecticida biológico

\*\*Mayor periodo de carencia con dosis más alta.



a) Gusano del choclo

b) Pulgones

c) Trips

**Figura 8. Plagas que atacan el maíz dulce.**

Trips, pulgones y otros son plagas de importancia secundaria (Figura 8b y 8c). Se presentan ocasionalmente, pero en el caso de pulgones necesitan ser controlados en los primeros estados de desarrollo de la planta por la transmisión de virosis, especialmente Maize Dwarf Mosaic Virus (MDMV) que ataca fuertemente a maíz dulce.

En general, los pulgones tienen bastantes enemigos naturales, por lo tanto, se debe observar su presencia y cantidad de infestación para tomar la decisión de aplicar productos químicos. También, al aplicar aficidas (Cuadro 12), se debe considerar el periodo de carencia del producto con respecto a la fecha de cosecha del choclo.

Las especies más comunes que se encuentran en el cultivo de maíz dulce son:

- Pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*)
- Pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*)
- Pulgón de la hoja del maíz (*Rhopalosiphum maidis*)
- Pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*)

**Cuadro 12. Ingrediente activo, nombre comercial, dosis de los insecticidas y periodo de carencia de los productos recomendados para el control de áfidos en maíz dulce. (SAG, 2018).**

Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis	Carencia (días)
Acephato	Orthene 75 SP	1,0–1,2 kg/ha	14
Alfacipermetrina	Mageos	80–100 g/ha	7
Azinfos Metil	Cotnion 35 WP	1,0–1,5 kg/ha	21
Azinfos Metil	Gusathion M 35% WP	1,0–1,5 kg/ha	21
Beta-cyfluthrin	Bulldock 125 SC	80–100 cc/ha	7
Metamidofos	M-600	0,5–1,0 L/ha	21
Metamidofos	Hamidop 600	0,5–1,0 L/ha	21
Metamidofos	Monitor 600	0,5–1,0 L/ha	21
Metamidofos	Methamidophos 60%	0,5–1,0 L/ha	21
Metamidofos	MTD 600	0,5–1,0 L/ha	21
Metamidofos	Rukofos 60 SL	0,5–1,0 L/ha	21
Metomil	Lannate Blue	0,25–0,5 kg/ha	14
Metomil	Metomil 90% PS	0,25–0,5 kg/ha	7
Pirimicarb	Pirimor	150–250 g/ha	3
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Engeo 247 SC	150–200 cc/100 L agua	7
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Orbita SC	150–200 cc/100 L agua	7

### ***Malezas***

Las malezas constituyen uno de los factores bióticos adversos de mayor importancia en el cultivo del maíz dulce. La implementación del control de malezas requiere del conocimiento previo de aspectos particulares de estas especies y de las interacciones con el cultivo y su manejo.

Al considerar los costos actuales de mano de obra y la tecnificación del cultivo, el uso de manejo químico de malezas en el cultivo del maíz dulce se ha convertido en una necesidad. El consumo de herbicidas ha aumentado durante la última década, sin embargo, la tendencia actual a disminuir el uso de agroquímicos ha impulsado la incorporación de técnicas de manejo cultural y mecánico integrándolas al control químico para hacer una agricultura más sustentable.

Las directas están relacionadas con la competencia entre las plantas de maíz y las malezas por espacio, luz, agua y nutrientes. Las malezas son tremendas competidoras, especialmente si emergen al mismo tiempo que el cultivo o más temprano, debido a que muchas de ellas tienen tasas de crecimiento altas o más altas que el maíz dulce (Blanco y Saavedra, 2015).

Las indirectas tienen que ver con la dificultad para la preparación de suelos y labores de cosecha, y el aumento de riesgo por presencia de plagas y enfermedades al ser hospederas.

En el cultivo del maíz de la zona central de Chile se encuentran frecuentemente alrededor de 17 especies de malezas asociadas que son económicamente más importantes. Todas son de hábito de crecimiento primaveral en suelos regados, tienen una gran capacidad de producción de semillas y propágulos vegetativos, y están especialmente adaptadas para subsistir y proliferar en condiciones de labores constantes del suelo.

Las malezas anuales son menos difíciles de controlar por los diferentes métodos y programas, sin embargo, al producir gran cantidad de semillas, siempre van a existir plantas germinando y proliferando en los potreros, especialmente debido al manejo actual de maíz con altas dosis de fertilizantes y agua, lo que facilita también la sobrevivencia al ser más eficiente en capturar nutrientes por ser más rústicas y agresivas ocupan rápidamente el espacio y compiten con las plantas de maíz.

Las malezas perennes en maíz siempre son más difíciles de controlar, ya que todas poseen propágulos vegetativos subterráneos, tales como rizomas o bulbos, que tienen una alta capacidad de rebrote, destacándose el maicillo por su mayor persistencia y dificultades en su eliminación. De las seis especies perennes determinadas, tres son gramíneas (pasto bermuda, chépica y maicillo) dos de hoja ancha (correhuela y suspiro) y una ciperácea (chufa) (Figura 9).



a) Maicillo (*Sorghum halepense*)



b) Chufa (*Cyperus esculentum*)



c) Correhuela (*Convolvulus arvensis*)



d) Pasto bermuda (*Cynodon dactylon*)

**Figura 9. Malezas perennes presentes en maíz dulce.**

El control de malezas en maíz dulce implica diferentes métodos, los cuales se pueden unir y realizar un control integrado que cubre con más eficiencia la protección del cultivo contra malezas dañinas, especialmente en los primeros estados de desarrollo del maíz dulce. El periodo crítico de competencia del maíz dulce, o sea cuando es más susceptible a daño por competencia y debería estar libre de malezas es hasta cuando la planta alcanza unos 25 a 30 cm de altura y comienza la etapa fenológica de encañado.

El control cultural de malezas en maíz dulce involucra sistemas que no implican acciones mecánicas directas o uso de agroquímicos, sino una serie de decisiones técnicas de simple implementación que permiten un manejo preventivo de malezas con estrategias que involucran a todo el sistema de cultivo.

La rotación de cultivos varía el ambiente en el cual el complejo de malezas tiene que competir, de manera que algunas especies no sobrevivan y otras no tengan la oportunidad de dominar. Esto se da por la creación de un medio ambiente inestable por la variación de la secuencia de cultivos que ayuda a prevenir la ocurrencia anual de condiciones que favorecen a alguna especie de maleza en particular. Aunque esta inestabilidad del medio con condiciones desfavorables y prácticas de rotación pueden no eliminar el problema del todo, si pueden limitar la oportunidad de crecimiento y reproducción. Por ejemplo, las malezas que crecen en un ambiente pobremente competitivo pueden ser reducidas al utilizar un cultivo altamente competitivo antes del cultivo de maíz dulce en la rotación.

El barbecho con una preparación primaria del suelo (aradura) y que luego se deja descansar por un periodo de tiempo, es muy utilizado para prevenir presencia de especies de malezas muy persistentes. Las estrategias que se pueden utilizar varían desde continuar con labores de preparación de suelo una vez que hayan emergido las malezas, antes que florezcan y produzcan semillas, hasta el uso de herbicidas de control total (Paraquat, Glifosato) usados como barbecho químico.

La fecha de siembra puede influir directamente en la habilidad competitiva del cultivo. Las plantas que emergen primero en el campo tienen mejores ventajas competitivas que las emergidas más tarde. Para esto se deben conocer bien las especies de maleza presentes y su ciclo biológico, de manera de adelantarse a su emergencia y que el maíz esté fuerte y establecido cuando aparezcan masivamente en el suelo. A la vez, al estar emergidas antes las plantas de maíz, permite hacer controles mecánicos o químicos más selectivos.

El espaciamiento entre plantas de maíz juega un rol clave en el manejo de malezas del cultivo, al tener altas densidades se mejora la competencia del cultivo, sin embargo, disminuye la calidad del producto, especialmente debido a los calibres menores de mazorcas que se obtienen. Pero, si el espaciamiento permite un buen control químico o mecánico, el cultivo a pesar de ser menos competitivo, presenta las facilidades para realizar estas labores sin dañar las plantas.

La selección de la variedad a sembrar es una decisión fundamental en lo productivo, como en el manejo a seguir durante el cultivo del maíz dulce. La variedad a elegir

debe estar muy adaptada a la zona en que se va sembrar, de manera que tenga un rápido establecimiento y compita con las malezas. Para esto, debe ser una planta vigorosa con características que permitan, por ejemplo, la restricción de luz a las malezas, con plantas de canopia amplia y suficientemente altas. Los cultivares precoces, de menor altura, pueden competir aumentando la densidad poblacional y usando semilla vigorosa, ojalá de mayor tamaño, las cuales pueden significativamente mejorar el establecimiento temprano del cultivo.

Las malezas ejercen una fuerte competencia por los nutrientes disponibles en el suelo, por lo tanto, el rendimiento y calidad de mazorca de maíz dulce se ve afectado ante la presencia excesiva de las malas hierbas. Al crecer el maíz en competencia con malezas, al compararlo con maíz libre de malezas, solo utiliza el 44% del potasio, 53% del nitrógeno y produce solamente el 75% de materia seca. Por lo tanto, las malezas son más beneficiadas que el cultivo con la fertilización (Blanco y Saavedra, 2015). Se recomienda el uso de una nutrición balanceada y ajustada a las necesidades del cultivo, lo que implica una economía en fertilizantes, disminuye la contaminación ambiental y limita el crecimiento de malezas.

El maíz es un cultivo de alta demanda de agua para su crecimiento y producción, entonces la calidad del agua de riego es muy importante. Por otra parte, las malezas son grandes competidoras por agua debido a su alto consumo. Estudios han mostrado que el maíz requiere entre 250 y 400 kg de agua para producir 1 kg de materia seca, mientras las malezas requieren el doble. Si el agua que se utiliza trae mucha semilla de malezas, los tratamientos químicos, culturales y mecánicos son inútiles y se convierten en un gasto mayor. Para disminuir la presencia de semilla en el riego, se deben instalar trampas previo a la entrada del agua al sistema de riego (Blanco y Saavedra, 2015).

Una buena labranza primaria es el inicio de un buen control de malezas. Si hay malezas perennes dominando, entonces hay que realizar un mínimo de labores y evitar el trozado de partes vegetativas para que no se reproduzcan. Las labores mínimas también permiten mantener la semilla de malezas en la superficie, las que al germinar son fácilmente destruidas. Las labores secundarias son usadas para la preparación de la cama de semillas, pero también facilitan la emergencia de las malezas al ofrecer mejores condiciones de crecimiento con una labor bien mullida. La preparación temprana de suelo permite la germinación y emergencia de malezas antes de la siembra del cultivo de maíz, entonces pueden ser controladas con otro implemento de cultivo. Las labores terciarias son básicamente el manejo mecánico de malezas en el cultivo en desarrollo. Estas pueden ser con implementos dentro del surco de riego, o aporcas para hacer el surco de riego (Figura 10) (Blanco y Saavedra, 2015).



**Figura 10. Aporca y fertilización de maíz dulce.**

El control químico es muy importante para controlar varias especies predominantes, cuyos ingredientes activos tienen diferentes modos de acción y momento de aplicación, lo que se señala en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Ingrediente activo, nombre comercial, dosis de los herbicidas y momento de aplicación para los productos recomendados para el control de malezas en maíz dulce. (SAG, 2018).**

Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis de aplicación	Momento de aplicación
Atrazina	Atranex 50% SC	2,0 L/ha* 4,0 L/ha**	PSI–PRE - POS
	Atranex 90 WG	1,4 kg/ha* 1,6 kg/ha**	PRE-POS
	Atrazina 500 SC	2,0 L/ha* 4,0 L/ha**	PSI–PRE - POS
	Atrazina 90 WG	1,1 kg/ha* 2,2 kg/ha**	PSI
	Genius	1,3 kg/ha* 1,7 kg/ha**	PRE - POS
	Gesaprim 90 WG	1,6 kg/ha* 1,6 kg/ha**	PSI – PRE - POS
	Trac 50 FL	3,0 L/ha* 3,0 L/ha**	PSI – PRE - POS

Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis de aplicación	Momento de aplicación
	Primagram Gold 660 SC (Atrazina + S-metolaclo)	3,5 L/ha* 4,0 L/ha**	PSI – PRE - POS
Acetocloro	Degree	3,6 L/ha* 4,8 L/ha**	PSI-PRE - POS
	Surpass	2,25 L/ha* 2,5 L/ha**	PSI
	Taxco 840 EC	2,0 L/ha* 2,5 L/ha**	PSI-POS
Bentazon	Basagran	2–3 L/ha	POS
	Bentax 48 SL	2–3 L/ha	POS
	Bentaclan 48 SL	2–3 L/ha	POS
2,4-D-Butotilo	Esteron Ten Ten	0,5–1,0 L/ha	POS
2,4-D-Dimetilamonio	DMA - 6	0,7–0,8 L/ha	POS
	2,4-D 480	1,4–2,0 L/ha	POS
	2,4-D Amina 480	0,5–0,75 L/ha	POS
	Arco 2,4-D 480 SL	1,5–1,8 L/ha	POS
	Navajo SP	300–600 g/ha	POS
	Relik	1,5–1,8 L/ha	POS
MCPA	MCPA 750 SL	1,0–1,5 L/ha	POS
	U 46 M-Fluid 780	0,7–1,0 L/ha	POS
EPTC	Eradicane 6,7 E	5–9 L/ha	PSI
Foramsulfuron + Iodosulfuron-Metil sodio	Option Pro WG	200 g/ha	POS
Halosulfuron-metil	Sempre WG	100 g/ha	POS
Mesotrione	Callisto 480 SC	300 cc/ha	POS
	Montero 48 WP	300 cc/ha	POS
Nicosulfuron	Accent	70 g/ha	POS
	Furor 75 WP	70 g/ha	POS
	Furor 75 DF	70 g/ha	POS
	Tucson	70 g/ha	POS
S-metalocloro	Dual Gold 960 EC	1,0 – 1,3 L/ha	PSI – PRE - POS
Topramezone	Convey	60-70 cc/ha	POS
Tritosulfuron + Dicamba-Sodio	Arrat	150 g/ha	POS

\*Suelo liviano

\*\*Suelo Mediano a Pesado

PSI = Pre Siembra Incorporado; PRE = Pre-Emergencia; POST Post-Emergencia

Un programa o estrategia de manejo integrado de malezas (MIM) es una guía a seguir bajo circunstancias particulares y únicas de cada campo. Un programa de MIM enfoca el problema de malezas de modo compatible con la preservación del ambiente, utilizando todas las tácticas y estrategias de control (técnicas adecuadas y conocimientos existentes) con el objeto de reducir la población a niveles donde el daño económico esté por debajo de un umbral económico aceptable para el sistema general de producción.

Es clave minimizar la ocurrencia de malezas en los cultivos y manejar las poblaciones usando soluciones de tipo cultural y biológico, y químicas. La biotecnología ha realizado un valioso aporte al suministrar nuevas herramientas para el control de malezas, siendo los Cultivos Resistentes a Herbicidas la más importante.

Un programa integrado puede involucrar, en muchos casos, métodos de control físico, químico, mecánico, genético y biológico, junto con medidas preventivas y estudios básicos sobre la biología y ecología de malezas. Es un sistema interdisciplinario, ya que no consiste simplemente en la aplicación de una o dos medidas de control, sino que abarca estrategias de control provenientes de varias disciplinas, así como también involucra el entrenamiento de técnicos y la extensión a los productores.

## **Índice de cosecha**

La cosecha de cualquier producto para consumo fresco es de mayor importancia, especialmente en lo referente a la decisión del momento fenológico o índice de cosecha y a la posterior conservación del producto para que llegue al consumidor en las mejores condiciones.

En el caso de maíz dulce, se usa como índice de cosecha la desecación de las “sedas o pelos” (estilos) y los granos siguen inmaduros (Figura 11). Las hojas de envoltura o chalas aún siguen apretadas y tienen un buen aspecto verde. La mazorca se encuentra firme y turgente. Los granos están hinchados en un estado lechoso y no pastoso (Saavedra, 2015b). Los granos de maíz dulce común tienen, en esta instancia, un contenido de agua de 70-75% mientras que los granos de maíz *sh-2* tienen un contenido de agua de 77-78%.



**Figura 11. Mazorcas de maíz dulce a inicios y a madurez total de cosecha.**

## **PRODUCTIVIDAD**

### **Rendimiento**

En el cultivo de maíz dulce el rendimiento puede ser evaluado en peso o unidades por hectárea, dependiendo del mercado al cual se define el producto. Para el mercado de consumo fresco se usan unidades, pero para la agroindustria se evalúa en toneladas por hectárea producidas.

En el caso de la agroindustria, es muy importante, no solo el rendimiento, sino también la calidad de los granos (Fauguenbaum, 1998). Los factores más importantes que afectan la calidad sensorial de los granos incluyen dulzor, textura y sabor (Wang y otros, 1995). El contenido de humedad es vital, ya que influye en la calidad, al estar asociada al dulzor y al contenido de almidón en el grano. La cosecha debe realizarse con 72 a 73% de humedad de grano para variedades de maíz dulce normal (gen *su*), esto mejora el rendimiento industrial, pero disminuye la calidad por sobremadurez (Luchsinger y Camilo, 2008), ya que la transformación de azúcares en almidón continúa y se relaciona directamente con la disminución del contenido de humedad del grano (Szymanek, 2012), por lo tanto, la mazorca se deteriora y pierde calidad. Sin embargo, para los híbridos que contienen genes de tipo *se* y *sh2* con mayor conte-

nido de azúcares, para procesamiento no se debe cosechar con menos de 76% y no más de 70% de humedad. Esto se debe principalmente a que los maíces “súper” dulces pierden solamente alrededor de 0,25% de humedad cada 24 horas a un nivel de 76%, comparado con el 1% de pérdida cada 24 horas de un maíz dulce corriente (Tracy, 2003; Marshall y Tracy, 2003).

La industria no debe demorar más de cuatro horas en procesar la materia prima desde la cosecha, debido a que la mazorca continúa su proceso de respiración y deshidratación al no ser almacenada bajo condiciones óptimas con baja temperatura y humedad relativa más alta, perdiendo calidad (Faiguenbaum, 1998). Idealmente, los granos para congelado deben presentar características específicas como alto contenido de azúcares, textura cremosa y crujiente en el interior, húmedo y acuoso, color amarillo brillante y cutícula delgada; pero mayor grado de madurez incrementa la dureza del grano y del pericarpio (Luchsinger y Camilo, 2008; Szymanek, 2012).

El rendimiento esperado en volumen normalmente fluctúa entre 20 a 30 t/ha con mazorca completa, pero sin hojas envolventes o “chalias” es de aproximadamente 15 a 22 t/ha. En un ensayo realizado en INIA Carillanca (Vilcún, Región de La Araucanía) durante la temporada 2016/2017 se obtuvo rendimiento entre 20,7 y 31,9 t/ha con híbridos experimentales y testigos comerciales con mazorca completa, mientras que con mazorca desnuda el rendimiento alcanzó 15,5 y 21,5 t/ha.

En cuanto a rendimiento en unidades, en siembras de 70.000 a 80.000 plantas por hectárea el rendimiento esperado es de aproximadamente 40.000 a 60.000 U cosechadas de primera calidad, o sea de aproximadamente 500 g de peso cada una (Saavedra, 2015b).

## **Rendimiento industrial**

El rendimiento industrial en maíz dulce está dado por el número de corridas de granos en la mazorca, largo y diámetro de la mazorca, profundidad de grano y contenido de sólidos solubles de los granos. Sin embargo, es importante determinar atributos del grano para procesamiento, ya que esto es determinante para la calidad del producto final.

Un parámetro de calidad del grano es el grosor del pericarpio, que determina el nivel de ternura del grano, muy importante en la estimación de la calidad del grano para procesamiento (Szymanek, 2012). El pericarpio es uno de los componentes del tejido de la cubierta seminal y forma la cubierta externa del grano. Otros factores de importancia en este tipo de maíz son el grado de dulzor que depende del contenido de azú-

cares, mientras que la textura del grano depende de varios factores como la ternura de la cubierta seminal, humedad y contenido de polisacáridos solubles en agua. Por otra parte, el sabor está asociado al contenido de DMS (Dimetilo de sulfuro).

La disminución de la calidad del grano relacionado a la pérdida de sabor y aroma después de cosecha es un tremendo problema para la industria de procesamiento. En general, la pérdida de sabor de los granos en estado fresco o congelado es causada por actividad enzimática (Collins y otros, 1996). Pero, además, en la medida que la maduración del grano continúa, el nivel de DMS disminuye, problema para la industria, debido a la pérdida considerable de sabor de los productos procesados (Szymanek, 2012).

Largo y diámetro de mazorca tienen una relación directa con el número de granos que se pueden procesar, pero además tiene un componente importante como el número de hileras por mazorca. Estos parámetros son factores que indican la cantidad de materia prima convertida en producto final, mientras más delgada y larga sea la coronta, más granos contendrá, de acuerdo al número de hileras, que para procesamiento debería ser superior a 16 hileras. En el Cuadro 14 se presentan resultados de mediciones en diferentes partes del mundo y en Chile, donde se observa que las variaciones en largo y diámetro de mazorca no son muy amplias, pero sí en el número de hileras.

**Cuadro 14. Parámetros para determinar rendimiento industrial en diferentes ambientes.**

	Ramírez y otros, 2004	Szymanek, 2012	INIA La Platina, 2018	INIA Carillanca, 2017
<b>Largo de mazorca (cm)</b> 19,6–24,6		20,1–24,3	19,3–21,7	17,0–21,5
<b>Diámetro de mazorca (mm)</b>	42,8–48,7	39,6–59,2	43,9–49,1	42,1–52,3
<b>Número de hileras</b>	14-16	13-16	14-18	16-18
<b>Contenido de sólidos solubles (°Brix)</b>	21,8–33,1	28,7–29,0	17,1–25,9	19,7–27,5

En cuanto a contenido de sólidos solubles, que es una medida del contenido de azúcares que tiene el grano, se estima que óptimo para la mejor categoría de choclo a procesar está entre 24 y 30°Brix, siendo  $\leq 24^\circ\text{Brix}$  inmaduro y  $\geq 30^\circ\text{Brix}$  sobremaduro. En este parámetro hay una correlación directa con el contenido de humedad, debido

a que el grano al deshidratarse concentra el azúcar, por eso es importante concentrar la cosecha cuando el grano alcanza 72 a 73% de humedad.

## VARIEDADES

La elección de la variedad a sembrar es uno de los factores más importantes en la determinación si la producción va a ser exitosa. Las variedades de maíz dulce que hay en el mercado en la actualidad, son todas híbridos F1, las cuales varían en su precocidad y contenido de azúcar, dependiendo del gen que tengan en su genoma. Los híbridos tienen una serie de ventajas que mejoran la calidad del producto y el rendimiento, tienen una producción concentrada, producen mazorcas más grandes y que maduran uniformemente, y en general tienen grandes rendimientos.

Según su periodo vegetativo, se pueden clasificar en:

- Precoces (70 a 80 días a cosecha)
- Semi precoces (85 a 90 días a cosecha)
- Tardíos (95 a 110 días a cosecha)

También es importante la clasificación según el contenido de azúcar o dulzor del grano, se clasifican según su composición genética en:

- Dulzor normal, contiene gen “*su1*” (sugary)
- Dulzor incrementado, contiene gen “*se*” o “*se+*” (sugary enhanced)
- Super dulce, contiene el gen “*sh2*” (shrunken 2)

Actualmente, se han generado variaciones de híbridos con el gen “*sh2*”, incorporando tecnologías patentadas como SSW (Super Seed Ware), que presenta una semilla más llena, con mejor capacidad de germinación y vigor, respecto a la tradicional arrugada y liviana de “*sh2*”.

En el Cuadro 15 se muestran algunos híbridos comerciales con sus características genéticas y precocidad, donde se pueden observar algunos muy tradicionales, como Jubilee y T 5005, que aún son sembrados por sus características de gran adaptación a diversas condiciones medio ambientales.

**Cuadro 15. Híbridos comerciales de maíz dulce presentes en el mercado chileno para la temporada 2018-2019. Fuente:**

Híbrido	Genética	Precocidad
1263	<i>sh2</i>	Semi precoz
Apolo	<i>su1</i>	Precoz
Butter 600	<i>sh2</i>	Semi precoz
Cacique	<i>se</i>	Precoz
Caiquén	<i>sh2</i>	Semi precoz
Chieftain	<i>su1</i>	Semi precoz
Columbia	<i>su1</i>	Precoz
GH 4927	<i>su1</i>	Semi precoz
GH 6462	<i>su1</i>	Tardío
Jubilee	<i>su1</i>	Precoz
Legacy	<i>sh2</i>	Tardío
Orofino	<i>su1</i>	Precoz
Oro y Plata	<i>su1</i>	Semi precoz
Pehuén	<i>sh2</i> (SSW)	Precoz
T 5005	<i>su1</i>	Precoz
Torino	<i>sh2</i>	Semi precoz

## VALOR NUTRITIVO

Básicamente, el grano de maíz dulce está compuesto por agua y sólidos totales, proporción que varía de acuerdo con la humedad de cosecha. Pero, además se debe considerar que la composición química del grano va a estar relacionada con las condiciones climáticas, madurez y método de almacenaje (Ghorpade y otros, 1998). Granos cosechados con 72% de humedad contienen en los sólidos 81% de carbohidratos, 13% de proteínas, 3,5% de lípidos y 2,5% de otros compuestos, siendo el almidón el principal carbohidrato.

El mayor valor nutritivo del grano es en la fase de grano lechoso, pero en la medida que continúa la maduración a grano pastoso, el contenido de azúcar disminuye, acompañado por un incremento en contenido de almidón (Suk y Sang, 1999).

En 100g de grano hay alrededor de 3,03g de sacarosa, 0,34g de glucosa y 0,31g de fructosa. Cuando el grano alcanza la maduración óptima, el contenido de azúcares reductores disminuye, pero la sacarosa incrementa.

En el Cuadro 16 se muestra el valor nutritivo general de maíz dulce, donde se observa que el contenido mayor es de carbohidratos y agua.

**Cuadro 16. Valor nutritivo general de 100 g de peso fresco en grano de maíz dulce (Dietas. net, 2018).**

	Unidad	Maíz dulce
Proteínas	g	3,2
Hidratos de carbono	g	19,0
Fibra	g	2,7
Grasa total	g	1,2
Agua	g	76,6

El maíz dulce tiene un buen contenido de minerales como potasio y magnesio como aporte a la dieta, pero también tiene un aporte interesante en fósforo y selenio. Este último oligoelemento es muy importante en la formación de enzimas antioxidantes, las cuales participan en la prevención de daño celular. Por otra parte, el potasio cumple funciones múltiples en el cuerpo humano, como en la formación de músculos, regulación de agua inter e intracelular, regulación de presión arterial, etc.

**Cuadro 17. Contenido de minerales en 100 g de peso fresco de maíz dulce (Dietas.net, 2018).**

Mineral	Unidad	Maíz dulce
Calcio (Ca)	mg	2,0
Hierro (Fe)	mg	0,5
Magnesio (Mg)	mg	37,0
Selenio (Se)	µg	8,0
Sodio (Na)	mg	15,0
Potasio (K)	mg	270,0
Fósforo (P)	mg	87,0

Esta hortaliza tiene un importante aporte en vitamina E o tocoferoles, que son compuestos liposolubles y muy fotosensibles, protegen el cuerpo de radicales libres causantes de degeneración de tejidos, conserva la piel en buenas condiciones y joven, tiene propiedades antiinflamatorias y es precursora en la generación de una serie de hormonas relacionadas con la procreación y gestación. Otro componente importante dentro del grano de maíz dulce es el ácido fólico o vitamina B9, protege las células sanas, previene un tipo de anemia, contribuye a controlar la hipertensión, interviene en la formación del sistema nervioso, es beneficioso para el tratamiento de los síntomas asociados a la menopausia, reduce las probabilidades de padecer cáncer de colon, cáncer de cuello uterino y, en algunos casos, cáncer de seno. Tiene mucha importancia para las mujeres en edad fértil y para las embarazadas, ya que, protege al futuro bebé de presentar malformaciones como ausencia de todo o parte del cerebro, espina bífida, hendidura del labio y el paladar, entre otras, también disminuye las posibilidades de dar a luz un bebé prematuro y de bajo peso.

En todo caso, el maíz dulce aporta vitaminas y minerales, pero no sufre completamente los requerimientos diarios de estos elementos, por lo tanto, la dieta se debe complementar con otros alimentos y verduras para alcanzar estos requerimientos.

**Cuadro 18. Contenido de vitaminas de 100 g de peso fresco de maíz dulce (Dietas.net, 2018).**

Vitamina	Unidad	Maíz dulce
B1 Tiamina	mg	0,10
B2 Riboflavina	mg	0,09
Eq. Niacina	mg	1,68
B6 Piridoxina	mg	0,10
Ácido Fólico	µg	40,00
C Ácido Ascórbico	mg	6,80
E Tocoferol	mg	0,26
A (eq. a Retinol)	µg	9,00

### Valor nutracéutico

En el grano de maíz dulce se encuentran dos compuestos nutracéuticos fundamentalmente, tocoferoles y carotenoides. Ambos compuestos están asociados con la prevención de enfermedades degenerativas (Kurilich y Juvik, 1999). Vitamina E es el término general que engloba a los llamados tocoferoles, que son ocho. En los seres humanos, el que más funciones realiza es el alfa-tocoferol. El cuerpo humano no puede crear por sí solo vitamina E, por lo que ésta es una de las vitaminas imprescindibles que debe obtenerse a través de la dieta.

La vitamina E pertenece, como la vitamina C y la vitamina A, a los antioxidantes. Como tales, tienen diferentes efectos positivos en el cuerpo y pueden, por ejemplo, reducir el riesgo de cáncer. Puesto que la vitamina E sólo la producen las plantas, los alimentos de origen vegetal son buenas fuentes de esta vitamina. Sin embargo, sólo el 50% de la población cubre sus necesidades diarias de vitamina E a través de la dieta. Puesto que el cuerpo puede recurrir a sus reservas de vitamina E, un déficit sólo se hace notable normalmente transcurrido mucho tiempo de consumo insuficiente de vitamina E.

En la mayoría de los países europeos, la ingesta recomendada se basa en el requerimiento de 4,8 mg de betacaroteno para satisfacer la necesidad de 800 microgramos de vitamina A (factor de conversión 6). Basándose en estudios epidemiológicos se puede concluir que se debería procurar tener un nivel de betacaroteno en el plasma de 0,4 micromoles/L para beneficiarse de su potencial preventivo. Esto se puede conseguir con 2–4 mg/día.

Es recomendable el consumo de alimentos ricos en betacaroteno como el maíz dulce; la ingesta dietética recomendada es de 3 a 6 mg de betacaroteno/día, la cual está asociada a un menor riesgo de contraer enfermedades crónicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antúnez, A., Ferreyra, R. y Sellés, G. 2015. Riego en maíz choclero. *En*: Saavedra, G. y González, M. El cultivo de maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 47-72. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Bartolini, R. 1990. Clasificación botánica. El Maíz: 9-10. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.

Blanco, C. y Saavedra, G. 2015. Manejo de malezas y su control. *En*: Saavedra, G. y González, M. El Cultivo del Maíz Choclero y Dulce. Boletín INIA N°303: 91-112. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Booher, L. J. 1974. Surface irrigation. Rome, Italy. FAO, 160pp.

Brown, W. L., Zuber, M. S., Darrah, L. L. y Glover, D. V. 1985. Origin, adaptation, and types of corn. (NCH-10): 1-6. Cooperative Extension Service - Iowa State University. Ames, Iowa.

Collins, J. K., Biles, C. L., Wann E.V., Perkins-Veazi, P. y Maness, N. 1996. Flavour qualities of frozen sweet corn are affected by genotype and blanching. *J Sci Food and Agric.* 72 (4): 425-429. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199612\)72:4<425:AID-JSFA678>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199612)72:4<425:AID-JSFA678>3.0.CO;2-L).

Correns, C. 1901. Bastarde zwischen Maisrassen, mit besonderer Berücksichtigung der Xenien. *Bibliotheca Bot.* 531-161.

Creech, R. G. 1965. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. *Genetics.* 52(6): 1175-1186.

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>.

Dinges, J. R., Colleoni, C., Myers, A. M. y James, M. G. 2001. Molecular structure of three mutations at the maize *sugary 1* locus and their allele-specific phenotypic effects. *Plant Physiol* 125(3): 1406-1418. <https://doi.org/10.1104/pp.125.3.1406>.

Doerge, T. A., Roth, R. L. y Gardner, B. R. 1991. Sweet Corn. *In* Doerge, T. A., Roth, R. L., and Gardner, B. R., Nitrogen fertilizer management in Arizona: 61-63. Tucson, AZ. College of Agriculture. The University of Arizona.

Estay, P. 2015. Las plagas y su control. *In* Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA Nº303: 123-132. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Faiguenbaum, H. 1998. Maíz dulce para congelado y mercado fresco. Híbridos y sus características. *Agroeconómico*. 46(4): 26-28.

Ferguson, J. E., Rhodes, A. M. y Dickinson, D. B. 1978. The genetics of sugary enhancer (*se*), an independent modifier of sweet corn (*su*). *J Hered.* 69(6): 377-380. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a108976>.

Ghorpade, V. M., Hanna, M. A. y Jadhav, S. J. 1998. Sweet Corn. *En*: Salunke, D.K. y Kadam, S.S. (eds). 1998. Handbook of vegetable science and technology. Marcel Dekker, Inc. New York. 609-646.

Heckman, J. R. 2007. Sweet corn nutrient uptake and removal. *HortTechnology*. 17(1): 82-86. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.1.82>

Kurilich, A. C. y Juvik, J. A. 1999. Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*. *J Agric Food Chem.* 47(5): 1948-1955. <https://doi.org/10.1021/jf981029d>.

La Bonte, D. R. y Juvik, J. A. 1991. Sugary Enhancer (*se*) gene located on the long arm of chromosome 4 in maize (*Zea mays* L.). *J Hered.* 82(2): 176-178. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111057>.

Luchsinger, A. y Camilo, F. 2008. Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. *IDESIA* (Chile). 23(3): 21-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000300003>.

Mains, E. B. 1949. Heritable characters in maize: Linkage of a factor for shrunken endosperm with the *a1* factor for aleurone color. *J Hered.* 40(1): 21-24. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105946>.

Mangelsdorf, P. C. 1974. Corn: Its origin, evolution and improvement. Cambridge, MA. Belknap/Harvard University Press. 262 pp.

Marshall, S. W. y Tracy, W. F. 2003. Sweet Corn. *In* Ramstad, P. E. y White, P., Corn Chemistry and Technology: 537-569. Minneapolis. American Association of Cereal Chemists.

Maynard, D. N. y Hochmuth, G. J. 1997. Knott`s handbook for vegetable growers. (4ta ed.) New York: Wiley.621pp.

Ordaz, B., Romay, M. C. y Revilla, P. 2007. Maíz Dulce ¿Por qué no? Revista Horticultura. (202): 14-18.

Ramírez, A. O., Martínez, N. M., de Bertorelli, L. O. y De Venanzi, F. 2004. Adaptabilidad de híbridos de maíz dulce a la congelación en mazorcas. Arc Latinoam Nutr. 54(4): 438-443.

Revilla, P. y Tracy, W. F. 1995. Isozyme variation and phylogenetic relationships among open-pollinated sweet corn cultivars. Crop Sci. 35(1): 219-227. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010041x>.

Ruiz, R. y García-Huidobro, J. 2015. Nutrición mineral. *En* Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 73-90. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Saavedra, G. 2015a. Suelo y clima. *En* Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 21-24. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Saavedra, G. 2015b. Cosecha y poscosecha. *En* Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 133-138. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Sepúlveda, P. 2015. Enfermedades y su control. *En* Saavedra, G. and González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 113-122. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

SAG. 2018. Servicio Agrícola y Ganadero. Lista de plaguicidas autorizados por el SAG. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/registros>.

Suk, S. L. y Sang, H. Y. 1999. Sugars, soluble solids and flavour of sweet, super sweet and waxy corns during grain filling. Korean Journal of Crop Science, 44: 267-272.

Szymanek, M. 2012. Processing Sweet Corn. *En* Eissa, A. A., Trends in Vital Food and Control Engineering.: 85-98. Rijeka, Croatia. InTech Europe.

Tracy, W. F. 1997. History, genetics, and breeding of supersweet (*shrunken-2*) sweet corn, (14): 189-236. <https://doi.org/10.1002/9780470650073.ch6>.

Tracy, W. F. 2003. Sweet Corn. *En* White, P. J. y Johnson, L. A., Corn: Chemistry and technology.: 537-569. St. Paul, MN. American Assn. Cereal Chemist.

Tracy, W. F., Whitt, S. R., y Buckler, E. S. 2006. Recurrent mutation and genome evolution: example of *Sugary 1* and the origin of sweet maize. *Crop Sci.* 46: S49-S54. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006-03-0149tpg>.

Wang, A. D., Swiader, J. M., y Juvik, J. A. 1995. Nitrogen and sulfur fertilization influence aromatic flavor components in *shrunk2* sweet corn kernels. *J Am Soc Hort Sci.* 120(5): 771-777. <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.5.771>.

Wellhausen, E. J., Roberts, I. M., y Hernandez, E. 1952. Races of maize in Mexico. Cambridge, MA: The Bussey Institute of Harvard University. 223 pp.





Boletín INIA / N° 411

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

