



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).

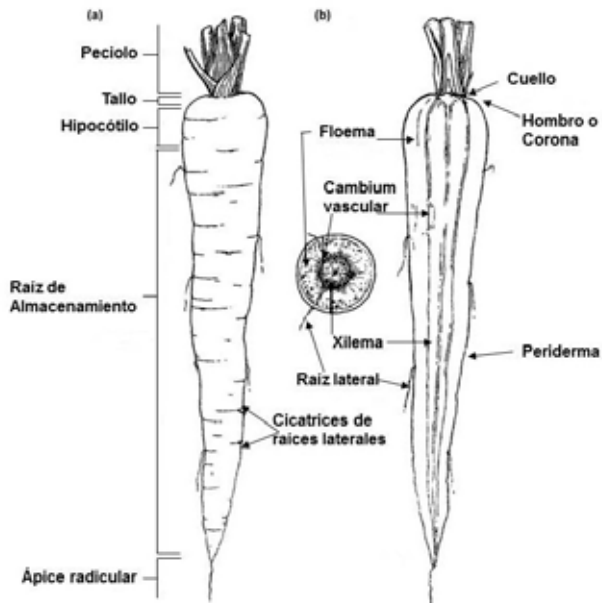


Figura 2. Anatomía de raíz de zanahoria: (a) vista completa y (b) corte longitudinal. Fuente: Rubatzky y otros, 1999.

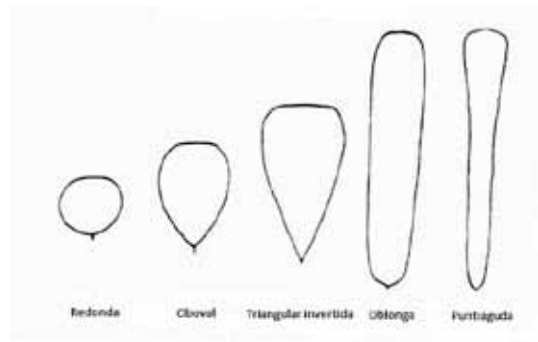


Figura 3. Clasificación por forma de la raíz de zanahoria. Fuente: IPGRI, 1998.

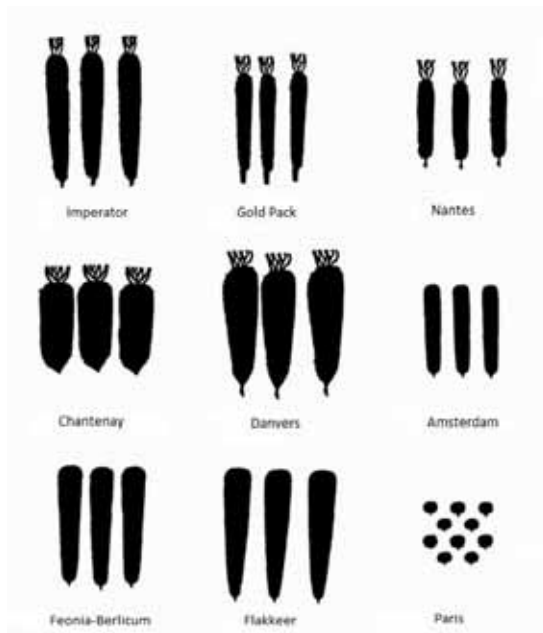


Figura 4. Clasificación por tipo de raíz de zanahoria. Fuente: IPGRI, 1998.

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.

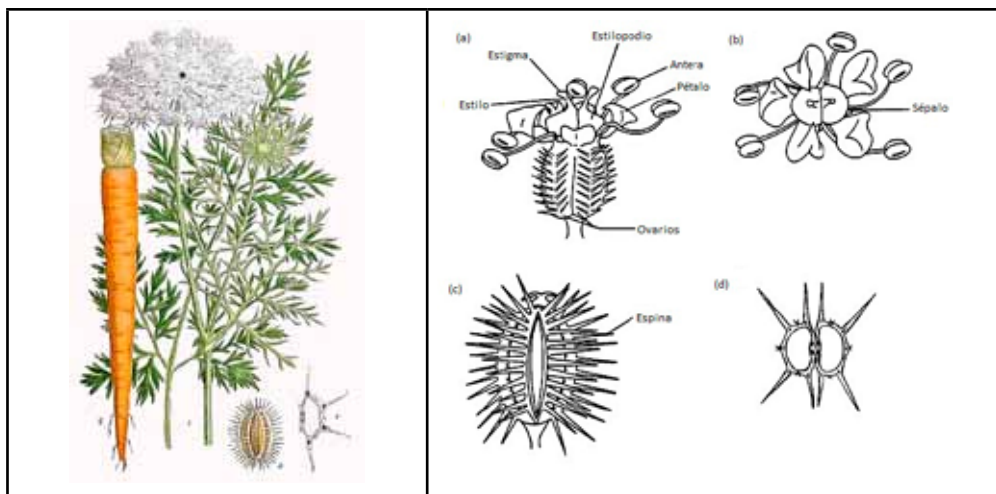


Figura 5. Izquierda: Umbela compuesta hojas y aquenio (https://es.wikipedia.org/wiki/Daucus_carota#/media/Archivo:Daucus_Carota.jpg). Derecha: (a) Flor de lado; (b) Flor de arriba; (c) Esquizocarpo, (d) Mericarpios. (Rubatzky y otros, 1999).

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.

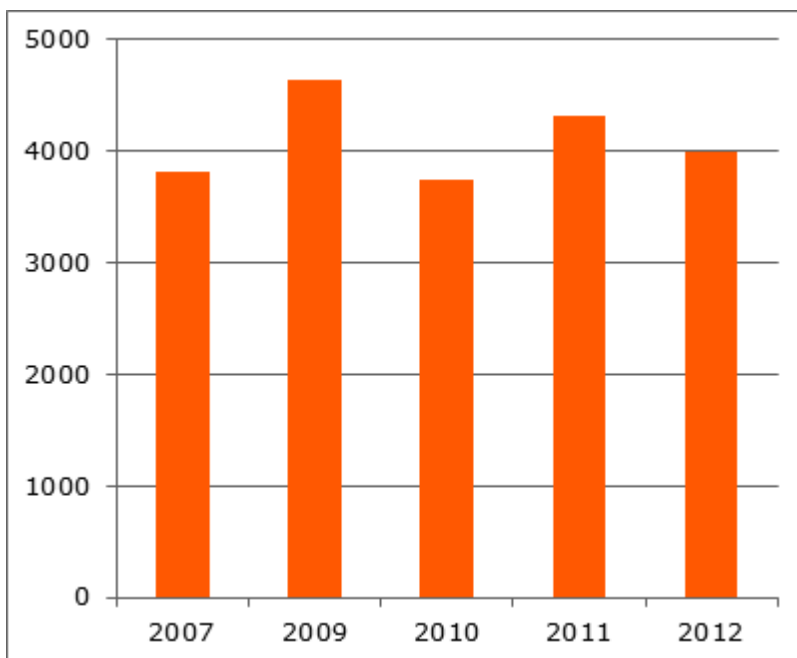


Figura 6. Superficie nacional de zanahoria sembrada por año en hectáreas. Fuente: ODEPA, 2014.

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
Total Temporada 2012	3.990

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
Nacional	40.510

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				

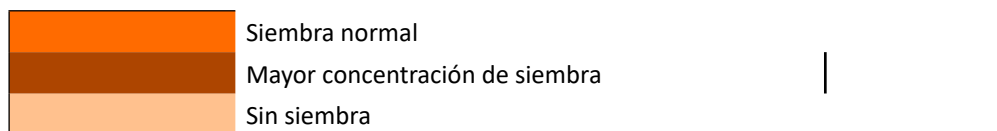


Figura 7. Fecha de siembra de zanahoria por región.

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				

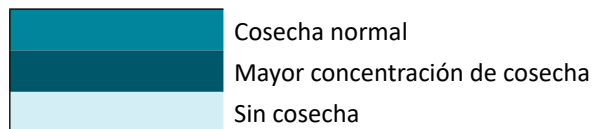


Figura 8. Fecha de cosecha de zanahoria por región.

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.

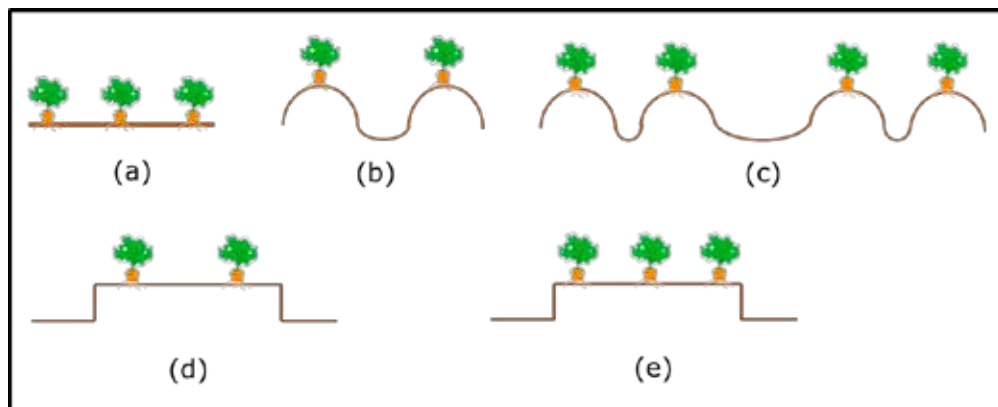
Las labores primarias se deben realizar con tiempo para eliminar malezas, tener un buen establecimiento del cultivo y permitir un adecuado desarrollo de las raíces. Para facilitar la cosecha, principalmente si es mecanizada, se deben evitar labores muy superficiales. Las operaciones de preparación del 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
	g/ha
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 m³/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 m³/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 limpiezas 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.

Ingrediente Activo	Producto Comercial	Acción	Tipo
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
Propaquizafop	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

Ingrediente Activo	Producto Comercial	Acción	Tipo
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
Nacional	40,5

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
Total	22,2	23,4	28,6

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
Total	47,2	64,1	87,4	95,2	41,9	50,5

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	74,70	82,84	24,50	84,16	75,46	10,23

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
Promedio	13,0	12,0

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.

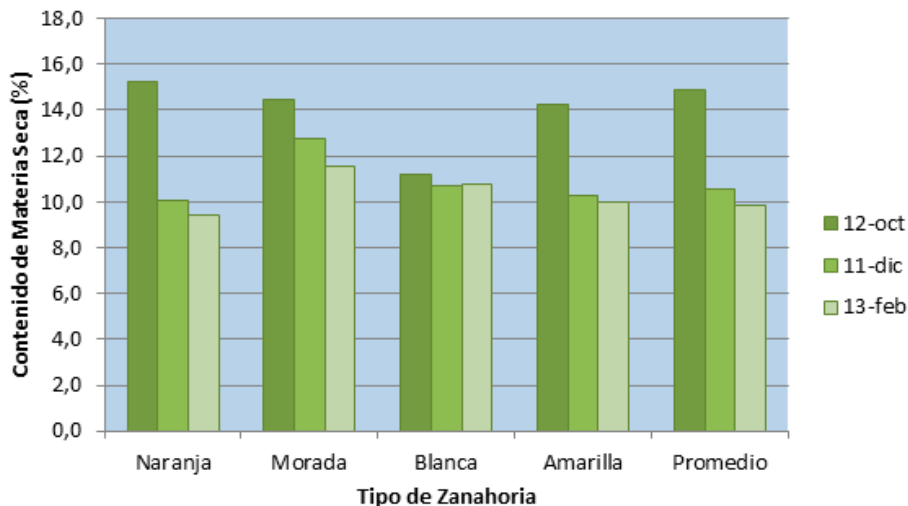


Figura 15. Contenido de sólidos solubles (ºBrix) de ensayo de variedades de zanahoria con diferentes fechas de siembra en la Región Metropolitana, clasificados por color de raíz. INIA La Platina, temporada 2008/2009.

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	7,9	8,3	6,9	9,7	9,1	7,3

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.

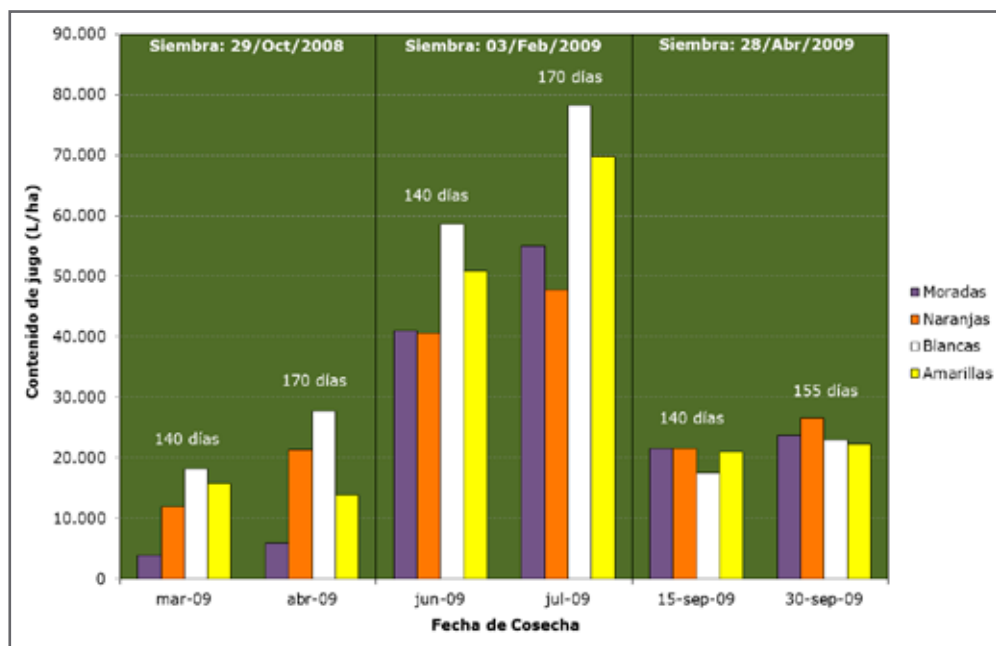


Figura 16. Evaluación del contenido de jugo (L/ha) en cuatro diferentes tipos de zanahoria sembradas en tres fechas y cosechadas en dos épocas distintas. INIA La Platina, Región Metropolitana, temporada 2008/2009.

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.

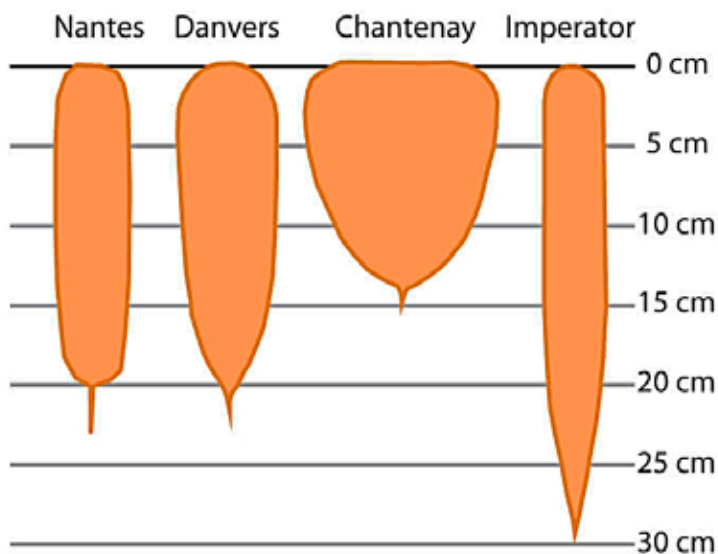


Figura 17. Modelo descriptivo y comparativo de los principales tipos de zanahoria.

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.

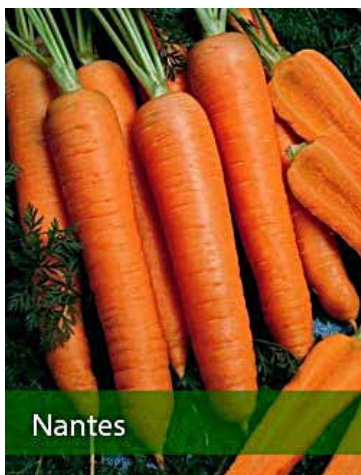


Figura 19. Zanahorias tipo Nantesa.

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).

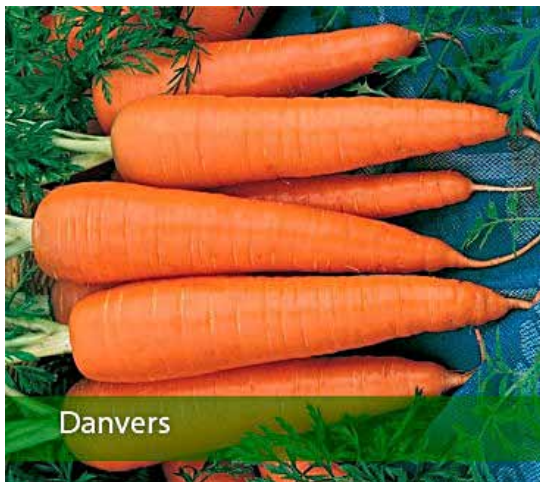


Figura 22. Zanahoria tipo Danvers.

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 cultivar 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.

Krurup, 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.