



MANUAL DEL CULTIVO DE ZANAHORIA



PROYECTO HORTALIZAS



INIAF
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

¡El trabajo en el campo no se detiene!



Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF
Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortaliza
Cel.: 67347803
Cochabamba - Bolivia

SEMILLAS HORTALIZAS

PRESENTACIÓN

El 25 de junio de 2008, el Gobierno Boliviano mediante Decreto Supremo 29611 crea el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) como institución descentralizada bajo tuición del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRYT), que tiene como mandato, entre otros, generar tecnologías, establecer lineamientos y gestionar las políticas públicas de innovación agropecuaria y forestal, con la finalidad de contribuir a la seguridad alimentaria con soberanía.

El “Programa Nacional de Apoyo a la Producción y Comercialización de Hortalizas”, nace como respuesta a una necesidad del Estado Plurinacional de Bolivia para cubrir la demanda en la producción de hortalizas y satisfacer el abastecimiento al mercado nacional con productos básicos de la canasta familiar. Este programa fomenta la producción primaria de hortalizas, con innovación tecnológica, sanidad e inocuidad agrícola y el acceso a mercados y comercialización, donde intervienen el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), la Institución Pública Desconcentrada Soberanía Alimentaria (IPDSA) y el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Por otra parte, el proyecto “Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas en Regiones Productoras de Bolivia”, ejecutado por el INIAF tiene como objetivo fortalecer las capacidades productivas de productores en los cultivos de cebolla, tomate, zanahoria, haba y arveja, a través de la aplicación de tecnologías agrícolas que contribuyan a mejorar los índices de productividad y el incremento de los rendimientos en los rubros mencionados.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto mundial de la producción de zanahoria

La zanahoria (*Daucus carota* L.), tiene origen en Asia, se extendió a Europa y al resto del mundo, donde era conocida por griegos y romanos, no fue sino hasta el siglo XVII que surgieron las primeras zanahorias de color naranja. En la actualidad, el cultivo se ha extendido a nivel global, siendo China el principal país productor, seguida por Estados Unidos y Rusia. Actualmente es de gran importancia en la alimentación de las familias por que aporta a la salud del organismo humano, gracias a su alto contenido de vitaminas y minerales (López, 2011).

El promedio mundial de rendimiento de zanahoria, fue de 37,3 t ha⁻¹ el año 2017, siendo Oceanía el continente con el mayor rendimiento promedio con 48,6 t ha⁻¹, seguido de Norteamérica con 47,3 t ha⁻¹ y Asia con 42,8 t ha⁻¹, mientras que Sudamérica presentó un rendimiento promedio de 23,5 t ha⁻¹ (Gaviola, 2013).

1.2. Producción de zanahoria en Bolivia

El cultivo de zanahoria juega un papel de gran relevancia en la agricultura hortícola de Bolivia, por ser rica en caroteno, un precursor de la vitamina A. Según el Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP, 2022), el consumo nacional de hortalizas percapita es de 23,9 kg/persona/año, mínimo recomendable 49 kg por persona al año y el óptimo de 97 kg/persona/año. La zanahoria es uno de los diez productos básicos de la seguridad alimentaria en Bolivia y de la canasta familiar.

En Bolivia, se cultivan aproximadamente 3.600 hectáreas de zanahoria al año, con una producción de 27.000 toneladas con un valor monetario que representa aproximadamente 70 millones de bolivianos. La zanahoria se cultiva desde el altiplano hasta los valles mesotérmicos, abarcando los departamentos de Cochabamba, Potosí, Oruro, La Paz, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz. El rendimiento promedio nacional es de 15,91 t ha⁻¹ y el mayor rendimiento se registra en el departamento de Cochabamba con 28,3 t ha⁻¹, mientras que Beni presenta el menor rendimiento con 1,1 t ha⁻¹ (OAP, 2022).

2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La zanahoria (*Daucus carota* L. *subsp. sativus*) es una planta herbácea bienal de la familia Apiaceae que produce una raíz pivotante comestible

en su primer año de crecimiento. La raíz primaria puede variar en forma, tamaño y color, según el cultivar y las condiciones de crecimiento. La zanahoria, es la forma domesticada de la planta silvestre y una especie de la familia Apiaceae, antes llamada Umbeliferae.

2.1. Tipos varietales de zanahoria

Acosta (2019), indica que los cultivares de zanahoria pueden clasificarse en diferentes tipos varietales en función a la morfología de sus raíces, como Nantes, Imperator, Chantenay, Danvers y Flakkee.

Tabla 1. Tipos varietales de zanahoria, en función a la morfología de la raíz.

Tipo varietal....	Morfología de raíz
Nantes	Cilíndricas con puntas romas y corazones pequeños.
Imperator	Raíces largas y delgadas con extremos cónicos y núcleos más grandes.
Chantenay	Cónicas con hombros anchos y núcleos medianos.
Danvers	Similares al tipo Chantenay, pero son más cortas y gruesas.
Flakkee	Raíces muy grandes con un gran diámetro y un núcleo prominente.

Nota: Acosta, 2019.

La diversidad genética de los cultivares de zanahoria refleja su historia de mejoramiento y origen geográfico. Los estudios moleculares han demostrado que las zanahorias de tipo occidental son genéticamente distintas de las zanahorias de tipo oriental, que se cultivan principalmente en Asia y tienen raíces moradas o amarillas (Leandro, 2018).

3. CALIDAD NUTRICIONAL DE LA ZANAHORIA

La zanahoria se caracteriza por un elevado contenido de agua y bajos niveles de lípidos, proteínas e hidratos de carbono. Es una fuente significativa de potasio, calcio y magnesio, y también aporta minerales menores como el selenio. Adicionalmente, el sodio y el potasio están relacionados con la función fisiológica de mantener la presión osmótica (Fernández y Murillo, 2006).

Tabla 2. Información nutricional de la zanahoria (contenido por cada 100 g).

Componente	Contenido
Energía	41,00 kcal
Humedad	89,48 g
Proteína	1,2 g
Grasa	0,25 g
Carbohidratos	8,42 g
Fibra cruda	1,13 g
Ca	32,0 mg
P	33,0 mg
Fe	0,9 mg
Vitamina A	2660,1 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0,04 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,06 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0,98 mg
Vitamina C	4,75 mg

Nota: Mejía, 2005.

4. CONSIDERACIONES DEL CULTIVO DE ZANAHORIA

El cultivo de zanahoria implica contar con semilla de alta calidad y variedades adecuadas a la zona agroecológica, así como disponer de suelos francos sueltos, suficiente agua de riego y un buen manejo de malezas, plagas y enfermedades.

La temperatura de germinación de la zanahoria varía de 4 a 33 °C, siendo la temperatura ideal entre 15 y 25 °C. El número de días necesarios para la germinación está muy influenciado por la temperatura, por ejemplo, entre 15 y 20 °C, la germinación ocurre en 8 a 10 días, mientras que a 5 °C puede tardar más de 30 días. Además, la humedad óptima del suelo se considera entre el 20 y el 60%, y en suelos secos, la tasa de germinación disminuye significativamente, por lo que es deseable regar moderadamente hasta la germinación.

La zanahoria es una especie que puede adaptarse a diferentes ambientes. Aunque dicha adaptación depende del tipo y cultivar que se utilice, es un cultivo de zonas templadas que tiene la facultad de tolerar y adaptarse a altas temperaturas, incluso superiores a los 30 °C (Saavedra *et al.*, 2019).

Figura 1. Cultivo de zanahoria en el municipio de Capinota, Cochabamba.



4.1. Descripción de la planta

La zanahoria es una planta bienal que completa su ciclo biológico en un período de 2 años para la producción de semillas. El primer año se caracteriza por ser el período de crecimiento o fase vegetativa, donde la planta produce un tallo comprimido al ras del suelo y una roseta de hojas y desarrolla una raíz comestible. El período de vernalización o exposición a bajas temperaturas de 0 a 10 °C marca el inicio de la etapa reproductiva; en esta fase, el tallo se alarga y florece. Durante esta etapa, la planta utiliza las reservas acumuladas en la raíz, lo que provoca su lignificación y la pérdida de su valor comercial. Por lo tanto, la producción para el consumo de esta hortaliza se lleva a cabo en el primer año de su ciclo de vida (Tuttilo, 2024).

Figura 2. Parcela de cultivo de zanahoria en el Municipio de Sipe Sipe, Cochabamba.



Posee una raíz napiforme de color variado, con numerosas raíces secundarias que sirven para la absorción de nutrientes del suelo. La raíz

napiforme presenta una zona exterior constituida principalmente por el floema secundario, otra interior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias que presentan una mayor proporción de corteza exterior (floema) son mayormente aceptadas en el mercado, ya que el xilema (parte interior) es leñosa y carece de sabor (Tuttilo, 2024).

4.1.1. Flores

Las flores de la zanahoria son de color blanco, con largas brácteas en su base y están agrupadas en inflorescencias en forma de umbela compuesta.

Figura 3. Cultivo de zanahoria en etapa de floración.



4.2. Características de la semilla

La semilla de la zanahoria es pequeña y alargada, mide 3 mm su color es café claro, tiene forma elíptica y presenta dos caras asimétricas una plana y otra convexa, con aguijones curvados en cada uno de sus extremos.

4.2.1. Calidad de la semilla

La semilla de zanahoria debe contar con atributos óptimos de calidad genética, pureza física, sanitaria y fisiológica; lo que repercute en la densidad de siembra, población de plantas y, sobre todo en el rendimiento. La calidad fisiológica de la semilla, implica obtener alto porcentaje de poder germinativo que generan plántulas con sus estructuras esenciales desarrolladas de forma normal. Es importante determinar el potencial fisiológico de las semillas para controlar la calidad y permitir un establecimiento exitoso en las parcelas de producción. Se debe cuidar la calidad fisiológica, genética, sanitaria y física de los lotes antes de su siembra o comercialización al mercado (Quesada *et al.*, 2022).

Figura 4. Umbela madura de zanahoria, variedad Altiplano.



5. VARIEDADES DE ZANAHORIA EN BOLIVIA

En Bolivia, el INIAF, tiene registradas tres variedades de zanahoria adaptadas a zonas de altiplano, valles interandinos y mesotérmicos.

5.1. Variedad de zanahoria INIAF Larga Vida

Esta variedad de zanahoria de tipo Nantes, se caracteriza por tener un follaje suelto y largo de 30 a 35 cm, con un ancho de cuello mediano. El peso promedio de las raíces es de 100 a 150 g, longitud de raíz media a larga de 12 a 15 cm, forma de raíz corta a estrecha con hombros planos redondeados punta de raíz romo, color extremo de la raíz naranja intenso al igual que el color intermedio y el ciclo del cultivo es de 90 a 150 días en valles, con un rendimiento promedio de 40 t ha⁻¹.

5.2. Variedad de zanahoria Altiplano

Esta variedad tipo Chantenay, se caracteriza por tener un follaje semi erecto y largo, con una anchura del cuello mediano. El peso promedio de las raíces es 120 a 160 g, una longitud de raíz media a larga de 15 a 18 cm, la forma de la raíz es corta a estrecha con hombros planos redondeados con punta de raíz romo, el color extremo de la raíz naranja intenso igual que el color intermedio y el ciclo del cultivo es de 120 a 180 días con un rendimiento promedio de 30 t ha⁻¹.

5.3. Variedad de zanahoria Montenegro 1

Esta variedad tipo Chantenay, se caracteriza por tener un follaje semi erecto y corto, con una anchura del cuello mediano. El peso promedio de

las raíces es 100 a 150 g, longitud de raíz de 12 a 15 cm, color naranja, ciclo fenológico de 130 a 150 días, con un rendimiento promedio de 30 a 40 t ha⁻¹, apta para valles.

Figura 5. Variedad de zanahoria Montenegro 1.



6. CICLO FENOLOGICO DEL CULTIVO

La zanahoria se clasifica como anual o bianual, siendo la de tipo bianual la más común. Esta se desarrolla en dos etapas o ciclos: el primero, llamado “ciclo vegetativo”, donde se produce el follaje y la raíz se engrosa, generando raíces comerciales; durante el segundo, denominado “ciclo reproductivo”, se desarrollan los órganos reproductivos y se termina de desarrollar el tallo, dando lugar a raíces no comerciales. Comercialmente, los dos ciclos se completan cuando se desea obtener semillas (Díaz, 2021).

Tabla 3. Estadios fenológicos de la zanahoria.

0-10 dds	10-20 dds	20-30 dds	40-60 dds	60-80 dds	80-120 dds
Aparición de los cotilédones.	Aparición del primer par de hojas verdaderas.	Aparición del tercer par de hojas inicio crecimiento de raíz.	Inicio de emergencia de raíz.	Desarrollo de mayor número de hojas. Aumento constante en el diámetro de la raíz.	Comienza el amarillamiento de las hojas. La raíz completa su desarrollo y maduración.
*(dds) días después de la siembra					

Nota: Torres y Suasnar, 2022.

6.1. Época de siembra

A nivel nacional, las épocas de siembra de zanahoria difieren según los pisos agroecológicos y la variedad cultivada. En la siguiente tabla se visualizan las épocas de siembra de zanahoria por departamento.

Tabla 4. Épocas de siembra del cultivo de zanahoria en Bolivia por departamento.

Departamento	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Cochabamba												
Chuquisaca												
La Paz												
Potosí												
Oruro												
Santa Cruz												
Tarija												
CoBERTura												

Nota: Base de datos Instituto Nacional de Estadística INE, 2015.

6.2. Época de cosecha

A nivel nacional, las épocas de cosecha de zanahoria difieren según los pisos agroecológicos y la variedad cultivada. En la siguiente tabla se visualizan las épocas de cosecha de zanahoria por departamento.

Tabla 5. Épocas de cosecha del cultivo de zanahoria en Bolivia, por departamento.

Departamento	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Cochabamba												
Chuquisaca												
La Paz												
Potosí												
Oruro												
Santa Cruz												
Tarija												
CoBERTura												

Nota: INE, 2015.

7. Características edafológicas para el cultivo de zanahoria

7.1. Condiciones del suelo para el cultivo de zanahoria

El cultivo de zanahoria se desarrolla adecuadamente en:

- Suelos francos y franco-arenosos.
- Suelos profundos 25 a 35 cm.
- Ricos en materia orgánica (mayor o igual a 4%).
- Bien drenados y aireados.
- El pH óptimo recomendable esta entre 5,5 y 7,0.

Figura 6. Desarrollo de la zanahoria en condiciones favorables.



Los suelos muy pesados (arcillosos) dificultan el desarrollo y crecimiento uniforme de la raíz, ocasionando podredumbre debido a la acumulación excesiva de agua de riego, además generan raíces ramificadas, encorvadas con grandes lenticelas y superficies rugosas. Las raíces adquieren su mejor color cuando se siembran en suelos ligeros. Por ello, es importante llevar a cabo una adecuada preparación del suelo.

El cultivo de zanahoria se desarrolla de manera óptima en suelos profundos sueltos con textura arcillo arenosa o franca, con buen drenaje y con una concentración de materia orgánica mayor o igual al 4% además se recomienda que el pH del suelo se encuentre entre 5,8 a 7,0 (Pereira,

2021). El cultivo puede prosperar sin riego en zonas con una precipitación entre 400 y 800 mm por ciclo. La humedad relativa favorable está entre el 70 a 80 %.

Figura 7. Desarrollo de raíces ramificadas en suelos pesados.



7.1. Preparación del suelo

De acuerdo a la textura (arcilloso, arenoso y limoso) y estructura la preparación del suelo contempla diferentes formas de preparación.

7.2. Abonado o fertilización de fondo

Generalmente el cultivo de zanahoria solo reacciona a aplicaciones de abonos descompuestos, por este motivo el abono debe incorporarse y mezclarse con el sustrato con meses de anticipación y distribuirse homogéneamente en la capa arable del suelo. Se debe tener en cuenta que un déficit nutricional causa baja calidad del producto, rajaduras, raíces ramificadas y una mayor incidencia de insectos plaga (Gaviola, 2013).

Se debe considerar que lo ideal es no utilizar abonos químicos si el suelo es rico en nutrientes.

Figura 8. Aplicación de estiércol en Sipe Sipe - Cochabamba.



7.3. Barbecho

Debe realizarse a 30 cm con dos rastreos para lograr una óptima aireación en suelos arenosos (livianos). En suelos arcillosos o pesados se debe realizar a una profundidad de 40 cm utilizando subsoladora o arado de vertedera.

Figura 9. Preparación de terreno para siembra de zanahoria en Punata – Cochabamba.



8. SIEMBRA

El cultivo de zanahoria se realiza mediante siembra directa y puede llevarse a cabo durante todo el año. Es crucial garantizar que la semilla se siembre uniformemente a una profundidad de 3 a 5 mm, evitando

profundidades mayores a 10 mm, a menos que la temperatura superficial del suelo sea alta y la humedad sea baja. La semilla debe ser cubierta con una delgada capa de suelo (Verategui, 2022). Una vez sembrada, se recomienda la aplicación de riego (Reckmann *et al.*, 2009), para prevenir daños a las semillas debido al sobrecalentamiento del suelo y la exposición directa al sol especialmente en suelos de textura arenosa.

8.1. Densidad de siembra

La cantidad de semilla empleada varía entre 3 a 10 kg por hectárea, dependiendo del sistema de siembra. La distribución uniforme de la semilla en el suelo es importante para lograr una densidad de plantas que permita un desarrollo adecuado de las raíces.

8.2. Germinación

Las semillas germinan entre 5 a 25 días después de la siembra a una temperatura de 15 a 24 °C (Saavedra *et al.*, 2019; Torres y Suasnabar, 2022).

Tabla 6. Temperaturas del suelo para la germinación de semillas de zanahoria.

Temperatura de suelo (°C)		
Mínima	Óptima	Máxima
5 °C	20 – 30 °C	35 °C

Nota: Machado y Tessore, 2016.

Las semillas de zanahoria son muy pequeñas y el crecimiento de las plántulas es lento al principio, lo que condiciona la preparación del suelo el cual debe ser suelto para permitir el desarrollo adecuado y uniforme del cultivo.

8.3. Sistemas de siembra

Los sistemas de siembra más empleados en Bolivia son los siguientes:

8.3.1. Siembra al voleo

Es el sistema de siembra más empleado en las zonas productoras de zanahoria en Bolivia. Se realiza en terrenos con pendiente llana o casi llana (0 a 2%), dependiendo en gran medida de la destreza del sembrador, consiste en derramar las semillas con la mano de manera lo más uniforme

posible en la parcela de cultivo (8 a 10 kg de semilla por hectárea), posteriormente, se tapan las semillas con una capa fina de tierra (de 3 a 5 mm de espesor), posteriormente se pasa con un rastrillo o un surcador manual.

Figura 10. Siembra de zanahoria al voleo en Sipe Sipe - Cochabamba.



Bajo este sistema de siembra, se pueden emplear sistemas de riego por inundación, aspersión o cintas de lluvia “Golden Spray”. La razón por la cual se utiliza una cantidad considerable de semilla en este sistema se debe principalmente a que, en los primeros estadios del desarrollo del cultivo, las plantas están expuestas a sufrir daños por heladas (tardías o tempranas), las cuales realizan un raleo natural quedando solo las plántulas más tolerantes y las de emergencia tardía, asegurando al agricultor obtener una cosecha de manera efectiva.

8.3.2. Siembra manual en surco a chorro continuo

Este sistema de siembra se utiliza en parcelas con una leve pendiente (2 a 6%). Se realiza el surcado contra la pendiente con un surcador manual, a una profundidad no mayor a 1,5 cm y una distancia entre surcos de 20 cm. En este sistema las semillas se derraman a chorro continuo con la mano y luego se cubren con una delgada capa de suelo con la ayuda de un rastrillo o ramas de arbustos.

En este sistema de siembra, se puede utilizar riego por surcos, riego por aspersión o cinta de lluvia (Golden Spray). La cantidad de semilla empleada en este sistema depende del porcentaje de germinación de la semilla, utilizando generalmente 4 a 5 kg de semilla por hectárea. Si la siembra se

realiza en invierno en zonas por encima de los 3.500 metros sobre el nivel del mar se recomienda cubrir la parcela con paja o rastrojos vegetales.

Figura 11. Siembra manual en surco a chorro continuo en Sipe Sipe Cochabamba.



8.3.3. Siembra mecanizada en cama elevada

Este sistema se emplea en parcelas grandes con pendiente llana o casi llana (0 a 2%). Se utiliza una encamadora sembradora mecánica enganchada a un tractor la cual forma la cama elevada y siembra las semillas a una profundidad de 1 a 1,5 cm, con una distancia entre surcos de 20 a 30 cm y 4 a 6 cm entre semillas (Siliquini y Ponce, 2019).

Figura 12. Siembra mecanizada en cama elevada en El Puente - Tarija.



La cantidad de semilla usada en este sistema es de 2 a 4 kg de semilla por hectárea, tiene la ventaja de disminuir las horas de trabajo especialmente

si se siembran grandes extensiones. La encamadora sembradora debe calibrarse antes de su empleo para garantizar una profundidad de siembra, distancia de siembra y densidad de siembra adecuadas con este sistema, se recomienda realizar riego por goteo o con cinta de lluvia (Golden Spray), sin embargo también pueden usarse riego por aspersión o riego por inundación.

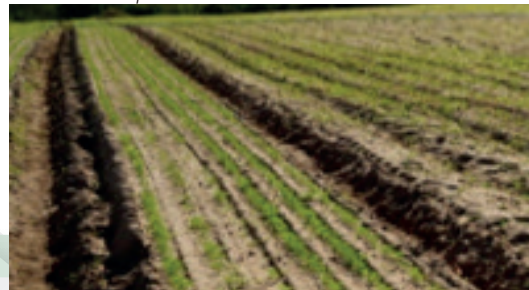
9. FENOLOGIA DEL CULTIVO

La zanahoria se clasifica como planta bianual y se desarrolla en dos ciclos: el ciclo vegetativo en el cual produce follaje y engrosamiento de raíz y el ciclo reproductivo donde se generan sus órganos reproductivos y termina de desarrollarse su tallo. Se deben completar ambos ciclos si se desea obtener semillas. La fenología del ciclo vegetativo de la zanahoria depende de la variedad y comprende las siguientes fases:

9.1. Emergencia de cotiledones

Comprende desde siembra hasta la apertura completa de sus cotiledones por tanto en esta fase, las plantas son muy susceptibles a daños por helada.

Figura 13. Emergencia de plántulas de zanahoria en Las Carreras - Chuquisaca.



9.2. Primera hoja verdadera

De acuerdo con García *et al* (2005), esta fase comprende desde la apertura de los cotiledones de la planta hasta la aparición del primer par de hojas verdaderas entre ellos; en esta etapa las plántulas son susceptibles al daño por helada.

9.3. Inicio de crecimiento de la raíz

En esta fase la raíz principal comienza a hincharse y se observan pequeñas rajaduras en su punta (García, 2019).

9.4. Maduración del 50 por ciento de diámetro de raíz esperado

García (2019), indica que en esta fase existe un incremento en el grosor de la raíz principal y en el número de hojas de la planta.

9.5. Maduración del 80 a 100 por ciento de diámetro de raíz esperado

Esta fase se caracteriza por el marchitamiento y amarillamiento de las hojas y la raíz principal completa su maduración (García, 2019).

10. RIEGO

Requiere una lámina de riego de 2,5 a 4 cm por día con una frecuencia de 7 a 14 días, en la emergencia necesita riegos por aspersión cortos y con una frecuencia de 3 a 4 días hasta la aparición de las dos primeras hojas verdaderas, la falta de riego en las fases de inicio de crecimiento de raíz, 50% de diámetro de raíz esperado y maduración 80 a 100% de diámetro de raíz ocasiona pérdidas irreparables en el rendimiento del cultivo.

Los déficits hídricos constantes ocasionan pérdida en rendimientos por raíces delgadas y baja calidad del producto cosechado, presentando deformaciones en el grosor, raíces duras y menos lisas. En cambio, el exceso hídrico o las variaciones bruscas en las frecuencias de riego provocan agrietamiento y pudriciones radiculares. Por lo tanto, el cultivo debe ser regado de forma progresiva y de acuerdo a las necesidades y etapa fenológica del cultivo, garantizando el incremento del rendimiento y calidad del producto cosechado.

10.1. Métodos de riego

Los sistemas de riego que pueden emplearse en el cultivo de zanahoria son los siguientes:

10.1.1. Riego por gravedad

De acuerdo con este sistema, el agua aplicada fluye mediante la gravedad, aprovechando la pendiente del terreno. La pendiente del suelo y la carga de agua, la cual, a su paso, se infiltra en el suelo y luego se distribuye el

agua por surcos o franjas, recomendándose aplicar una lámina de riego de 46 mm con una frecuencia de 6 a 8 días (Tapia, 2021).

10.1.2. Riego tecnificado

Estos sistemas permiten aprovechar de mejor manera este recurso y aplicar fertilizantes, insecticidas, etc., durante el riego. Dichos sistemas se presentan como las alternativas más adecuadas y eficientes en la aplicación del agua de riego, siendo la mejor opción para incrementar la productividad del cultivo de zanahoria.

Figura 14. Sistema de riego por aspersión en el cultivo de zanahoria en Sicaya - Cochabamba.



10.1.2.1. Sistema de riego por aspersión

Este método se caracteriza por aplicar el agua de riego en forma de lluvia. Para ello, el agua de riego se hace pasar a través de tuberías que terminan en un aspersor. El funcionamiento de este sistema requiere altas presiones, las cuales se pueden lograr mediante el uso de motobombas o desniveles pronunciados (Tapia, 2014).

10.1.2.2. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo permite aplicar agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el sistema radical del cultivo a presiones bajas (Tapia, 2014). Este sistema de riego es la opción más eficiente para el uso del agua de riego; sin embargo, en el cultivo de zanahoria, no favorece la germinación. No obstante, puede ser utilizado durante el desarrollo del cultivo, una vez que las plantas han emergido.

10.1.2.3. Sistema de riego con manguera Golden Spray

Es un sistema de riego por aspersión a baja presión que consiste en una manguera plana y flexible con orificios de diferentes diámetros, permitiendo la salida de chorros de agua y abarcando un riego de entre 3 a 5 metros a ambos lados de la manguera. Este método de riego está siendo utilizado por los productores de zanahoria en los departamentos de Santa Cruz de la Sierra, Oruro y La Paz, principalmente.

Figura 15. Riego por sistema Golden Spray en el cultivo de zanahoria.



Tabla 7. Ventajas y desventajas de los principales sistemas de riego en el cultivo de zanahoria.

SISTEMA DE RIEGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Gravedad	Bajo costo de instalación.	No se pueden aplicar fertilizantes y pesticidas solubles. Necesita supervisión para evitar encharcamientos. No se usa en terrenos con pendientes moderadas. La incidencia de malezas es alta.
Aspersión	Alta eficiencia en aplicación de agua de riego 80%. Se puede usar en terrenos con pendientes. Se pueden incorporar fertilizantes y pesticidas solubles.	Elevado costo de instalación. Trabaja con presiones altas. Puede crear condiciones adecuadas para el desarrollo de enfermedades fungosas. Debe tener un adecuado sistema de filtrado. El viento afecta la eficiencia de riego.
Goteo	Eficiencia del 90 al 95 %. Los intervalos de aplicación pueden ajustarse al tipo de suelo y necesidad del cultivo. El agua se aplica a las raíces del cultivo evitando la proliferación de malezas. Se pueden incorporar fertilizantes y pesticidas solubles.	Elevado costo de instalación. Debe tener un eficiente sistema de filtrado para evitar el taponamiento de los goteros.
Aspersión con manguera Golden Spray	Alta eficiencia en la aplicación de agua de riego 80%. Consume menos energía. Fácil instalación. Área de riego de 3 a 5 m a ambos lados de la manguera. Se pueden incorporar fertilizantes y pesticidas solubles.	No riega uniformemente con vientos moderados. Necesita supervisión constante para evitar encharcamientos. Debe contar con un eficiente sistema de filtrado para prevenir el taponamiento de los goteros. Puede crear condiciones adecuadas para el desarrollo de enfermedades fungosas.

Nota: Tapia, 2021.

11. RALEO

Esta actividad se realiza aproximadamente a los 25 a 30 días de la siembra, dejando distancias entre las plantas de 4 a 6 cm. El raleo se debe practicar con mucho cuidado para no dañar las plantas, esta práctica se realiza cuando la zanahoria tiene de tres a cuatro hojas verdaderas o cuando tiene una altura de 3 a 5 cm, se lleva a cabo para conseguir el tamaño de raíz deseado, cuando no se realiza la competencia entre plantas es alta las raíces de las zanahorias serán delgadas y en ocasiones curvas (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2013).

Figura 16. Raleo de plantas de zanahoria.



12. FERTILIZACIÓN

La fertilización es uno de los factores determinantes en el cultivo de zanahoria y debe cubrir los requerimientos de nutrientes de la planta, evitando excesos en su aplicación. Antes de fertilizar se recomienda realizar un análisis de suelo en el laboratorio. Este análisis permite identificar la cantidad de nutrientes presentes en el suelo y a partir de estos resultados, se realizan las enmiendas necesarias de acuerdo a las demandas nutricionales del cultivo.

12.1. Importancia de los nutrientes en el cultivo de la zanahoria

12.1.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de la zanahoria, ya que participa en la síntesis de aminoácidos y proteínas, siendo un componente principal de la clorofila. Sin embargo, la deficiencia de nitrógeno puede tener efectos negativos en el cultivo, como el crecimiento lento de las plantas, raíces pequeñas, tallos delgados, retraso en la madurez y decoloración de las hojas (que se vuelven de color verde claro cuando la deficiencia es severa). Por otro lado, un exceso de nitrógeno puede resultar en la bifurcación de las raíces (Gaviola, 2013).

12.1.2. Fósforo (P)

De acuerdo con Gaviola (2013), el fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, el desarrollo del sistema radicular, la respiración, la formación de flores y semillas, y otros procesos metabólicos. La dosis adecuada de este elemento nutricional en la zanahoria provoca el incremento del tamaño de la raíz. Por otro lado, su deficiencia resulta en un crecimiento lento de la planta, raíces subdesarrolladas, menor producción de flores, disminución en la calidad y rendimiento del cultivo.

12.1.3. Potasio (K)

El potasio desempeña un papel crucial en la transpiración y crecimiento del tejido meristemático, la formación de azúcares, la síntesis de proteínas, y regula la translocación de otros minerales. Su deficiencia conlleva a la reducción del rendimiento y la calidad de la raíz, en las hojas se observa un moteado con manchas y quemaduras en los bordes. Es fundamental garantizar una fertilización adecuada con potasio para maximizar el crecimiento, rendimiento y calidad de la raíz en el cultivo de zanahoria (Gaviola, 2013).

De manera general el cultivo de zanahoria necesita 120 kg ha^{-1} de N, 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 300 kg ha^{-1} de K_2O , 100 kg ha^{-1} de Ca O y 50 kg ha^{-1} de Mg O (Haifa Group, 2014).

Tabla 9. Plan general de fertilización de zanahoria (kg ha^{-1}).

Días después de emergencia	Nutrientes (kg ha^{-1})				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O	Mg O
Siembra	50	100	240		
30	50	-	-	30	20
60	20	-	-	70	30
Total	120	100	240	100	50

Nota: Chamorro, 2017.

Es importante tener en cuenta que las necesidades nutricionales pueden variar según el tipo de suelo, las condiciones climáticas y la variedad de zanahoria cultivada.

13. CONTROL DE MALEZAS

Pereira (2021), sostiene que existen diferentes especies de malezas que crecen de forma silvestre e intervienen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, ocasionando pérdidas en rendimiento debido a la competencia por nutrientes que ejercen. Si el control de malezas en el cultivo de zanahoria es tardío, el resultado será una menor cantidad de plantas en campo, además de un crecimiento lento de las plantas al incrementar la competencia por nutrientes agua y luz. Para obtener rendimientos elevados en el cultivo de zanahoria, esta debe estar libre de malezas en todas sus etapas fenológicas.

En Bolivia la práctica de control de malezas sigue siendo frecuente y generalmente es realizada de forma manual por mujeres. Bajo el sistema de siembra tradicional la práctica de desmalezado se dificulta ya que las plantas de zanahoria están distribuidas en toda la superficie de la parcela lo que aumenta el riesgo de pérdida de plantas debido a la mimetización con las malezas. En cambio, en el cultivo con siembra mecanizada en camas elevadas el desmalezado manual es más sencillo, ya que las plantas están establecidas en hileras definidas, lo que disminuye la necesidad de mano de obra y reduce los costos de producción del cultivo.

13.1. Control químico de malezas

El control químico de malezas en el cultivo de zanahoria se puede realizar en dos momentos:

1. En la etapa de preemergencia del cultivo, mediante la aspersión de herbicidas pre emergentes en el terreno inmediatamente después de la siembra.
2. En la etapa de post emergencia, cuando el cultivo de zanahoria presenta cuatro o más hojas verdaderas y las malezas tienen no más de cuatro hojas verdaderas.

Dependiendo del tipo de malezas e incidencia presentada, se recomienda utilizar herbicidas formulados para hoja ancha y/o hoja angosta, selectivos para el cultivo de zanahoria y aplicarlos con la humedad adecuada en el suelo para maximizar su efectividad en el control de malezas.

Tabla 10. Principales herbicidas para el control de malezas en el cultivo de zanahoria.

Ingrediente activo.	Dosis.	Época de aplicación.	Acción.
Linuron	40-70 cc para 20 L de agua.	Post emergencia (2 a 3 hojas de la maleza).	Sistémico selectivo hoja ancha y angosta.
Metribuzin	20 cc para 20 L de agua.	Pre y post emergencia.	Sistémico selectivo hoja angosta.
Haloxypop-R-methyl ester	20 cc para 20 L de agua.	Post emergencia.	Graminicida sistémico hoja angosta.

Nota: SENASAG, 2020

14. INSECTOS PLAGA, NEMATODOS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE ZANAHORIA

14.1. Insectos plaga

Diversas especies afectan al cultivo de la zanahoria a lo largo de su ciclo vegetativo lo que resulta en una reducción de su potencial productivo. Por esta razón las plagas se agrupan en aquellas que afectan la parte aérea y las que lo hacen en la parte radicular Quesada *et al.*, (2022). Estas plagas causan pérdidas tanto por su alimentación y oviposición, dañando la parte aérea como las raíces del cultivo, lo que disminuye la calidad comercial del producto. Aunque varias especies de plagas pueden atacar a la zanahoria, las principales son los áfidos, ácaros y hormigas cortadoras, principalmente.

14.1.1. Gusano trozador de la zanahoria (*Agrotis ipsilon*)

El gusano trozador es uno de los principales insectos plagas que atacan al cultivo de zanahoria, afectando principalmente las primeras etapas de su desarrollo (López, 2011). Este insecto ocasiona daños en el tallo, follaje y raíces de la zanahoria, perforándolas y formando galerías que facilitan el ingreso de enfermedades al cultivo, además de afectar la calidad de las raíces (Torres y Suasnabar, 2022). El control cultural de este insecto plaga se lleva a cabo mediante la preparación del suelo, control manual de pupas, aplicación de materia orgánica descompuesta, control de la humedad del suelo, riego oportuno, buen drenaje, control de malezas, recolección y remoción de residuos vegetales, cosecha oportuna y el uso de trampas.

Figura 17. Orugas de gusano trozador (*Agrotis sp.*).



14.1.2. Pulgón (*Aphis spp.*, *Myzus persicae*)

El pulgón es la principal plaga que afecta al cultivo de zanahoria. Los adultos son de color verde a verde amarillento, de forma algo ovalada y alargada. Los pulgones alados presentan una mancha negra dorsal en el abdomen (Quesada *et al.*, 2022). Estos insectos se alimentan al picar la epidermis de las hojas y succionar la savia, lo que provoca fuertes abarquillamientos en las hojas, debilitamiento de las plantas y la transmisión de enfermedades viróticas al cultivo (Guerrón, 2016). Afortunadamente, existen numerosos depredadores naturales de pulgones, como *Coccinella septempunctata*, *Chrysopa spp.*, y algunos parásitos himenópteros que desarrollan sus larvas en el interior del pulgón (Torres y Suasnabar, 2022).

Figura 18. Pulgones en tallo de zanahoria.



Nota. Fotografía de Mahenjós, 2016.

Según Tuttilo (2024), se recomienda realizar aplicaciones de insecticidas que contengan ingredientes activos como acetamiprid, imidacloprid, flonicamid, pymetrozina, pirimicarb, tiаметoxam y tiacloprid (Torres y Suasnabar, 2022).

Estas medidas son esenciales para controlar la proliferación del pulgón y proteger el cultivo de zanahoria.

14.1.3. Gusano alambre (*Agriotes obscurus*, *A. sputator*, *A. lineatus*)

Los adultos de este escarabajo son alargados y de color marrón, midiendo entre 15 y 17 mm de longitud. Las hembras de esta plaga depositan sus

huevos en el suelo, cerca del tallo de las plantas. Las larvas, de hábito nocturno, son cilíndricas, de color amarillo anaranjado, con tres pares de patas y mandíbulas fuertes. Se alimentan de las raíces de las plantas, creando galerías que facilitan el ingreso de enfermedades, pudriendo las raíces, debilitando las plantas e incluso causando su muerte. Para controlar esta plaga, se recomienda aplicar insecticidas sistémicos en los primeros estadios de desarrollo del cultivo. Además, el control cultural es crucial para reducir la incidencia de esta plaga, involucrando la preparación del terreno, rotación de cultivos, control de malezas y riego. Asimismo, el control biológico con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, aplicados al suelo, ha demostrado ser efectivo en el control de este insecto plaga (Avilés, 2022).

14.1.4. Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.)

Según Avilés (2022), este insecto plaga debido a su hábito alimenticio provoca considerables pérdidas en los cultivos que afecta. El adulto es un escarabajo grande o mediano de color pardo oscuro a naranja parduzco. La hembra deposita sus huevos en el suelo a una profundidad de 2 a 10 cm, ya sea entre malezas o cerca de plantas hospederas. Las larvas en su fase adulta son de color blanco cremoso y tienen una forma de “C”, con fuertes mandíbulas. Completan su ciclo en 1 a 2 años y pasan por tres estadios. Durante el tercer estadio es cuando causan el mayor daño a los cultivos, alimentándose vorazmente de las raíces, lo que puede resultar en la pérdida parcial o total del cultivo. El control químico no resulta efectivo contra esta plaga, por lo tanto, las mejores alternativas son el control cultural a través de la preparación del terreno, control de malezas y el riego.

14.2. Nematodos

Son gusanos microscópicos segmentados y acuáticos con hábitos alimenticios variados. Habitan en casi todo el mundo y pueden ser parásitos internos y externos de plantas, animales y humanos. Se conocen alrededor de 80.000 especies; de estas, 80 están asociadas al cultivo de zanahoria, siendo las más importantes por el daño que ocasionan *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. Arenaria*, *M. javanica*, *Ditylenchus dipsaci*, *Nacobbus aberrans* y *Pratylenchus penetrans* (Picca, 2014).

Los nematodos fitófagos viven en la película de agua que rodea las partículas del suelo y se alimentan de plantas, generalmente ubicadas en

la zona de crecimiento de raíces, tubérculos y bulbos. En algunos estadios, son capaces de sobrevivir en el suelo y en los rastrojos bajo condiciones adversas durante mucho tiempo. Pueden dispersarse por movimientos de suelo, maquinaria y agua de riego. Los daños que ocasionan a los cultivos son directos, como la necrosis celular, hipertrofia e hiperplasia, e indirectos, ya que son agentes de transmisión de virus y puerta de entrada de hongos y bacterias.

Figura 19. Malformaciones en raíces de zanahoria ocasionadas por nematodos.



Los principales síntomas del ataque de nematodos son clorosis y necrosis prematura de hojas, especialmente en períodos de déficit hídrico, elevada mortalidad de plantas, agallas en las raíces y raíz principal bifurcada.

El control cultural de este patógeno consiste en evitar el estrés hídrico y nutricional del cultivo, solarización, evitar daño mecánico de las raíces, rotación de cultivos, eliminación de malezas hospederas y rastrojos, así como la incorporación de materia orgánica. El control ecológico puede realizarse con extractos de ajo y microorganismos como *Pasteuria*, *Beauveria* y *Trichoderma*. El control químico con nematicidas, además de contaminar el medio ambiente, elimina también la fauna benéfica del suelo, y las aplicaciones sistemáticas pueden generar resistencia a estos productos (Picca, 2014).

Tabla 11. Ingredientes activos para el control químico de insectos plaga y nematodos en el cultivo de zanahoria.

Insectos plaga y nematodos	Ingredientes activos	Dosis	Acción
Gusano alambre 	Cypermethrin	10 cc para 20 litros de agua.	Contacto e ingestión.
Gusano Agrotis 	Cypermethrin	75-100 cc para 20 litros de agua.	Sistémica y de contacto.
Nematodos 	Acephate	1,0 – 1,25 kg ha ⁻¹ .	Contacto e ingestión.
Pulgones 	Carbofuran	3,5 – 5,0 L ha ⁻¹ .	Amplio espectro, de contacto e ingestión.
Gallina ciega 	Lambda-Cytrathrin	20- 25 cc/20 Litros de agua.	Amplio espectro, de contacto e ingestión.

Nota: SENASAG, 2020.

14.3. Enfermedades que afectan al cultivo de zanahoria

Durante el desarrollo del cultivo de zanahoria, pueden surgir varias enfermedades, dependiendo del comportamiento climático, afectando la productividad del cultivo. Las enfermedades más comunes en el cultivo de zanahoria son:

14.3.1. Mildiu (*Plasmopara nivea*)

El mildiu es una enfermedad provocada por hongos pertenecientes al grupo de los oomicetos que parasitan numerosas hortalizas, entre ellas la zanahoria a través del agua de lluvia o riego. Los principales síntomas de la presencia de esta enfermedad son la aparición de manchas marrones o polvo de aspecto graso similar a la ceniza en el haz de las hojas, impidiendo la fotosíntesis y asfixiando las hojas hasta secarlas. El control cultural de esta enfermedad consiste en eliminar las partes de la planta afectada. El control químico preventivo con fungicidas de contacto es efectivo, recomendándose aplicaciones cada 15 días de forma preventiva y con las dosis adecuadas; en caso de lluvia aplicar el tratamiento preventivo al día siguiente.

Figura 20. Mildiu (*Plasmopara nivea*), en hojas de zanahoria.



14.3.2. Oidio (*Erysiphe umbelliferarum*)

Es un hongo que se manifiesta como polvo blanco o cenizo (conidios y conidióforos), muy típico en hojas, tallos, brotes y flores de zanahoria. Estas estructuras se vuelven de color amarillento y terminan secándose, ocasionando el debilitamiento y la posterior muerte de la planta. El control químico preventivo con fungicidas de contacto es efectivo. Sin embargo, cuando la incidencia es alta, se recomienda aplicar tratamientos curativos con fungicidas sistémicos.

Figura 21. Oidio (*Erysiphe umbelliferarum*) en hojas de zanahoria.



Tabla 12. Ingredientes activos para el control de Mildiu y Oidiosis en el cultivo de zanahoria.

Ingrediente activo	Dosis	Presentación del producto
CLORTALONIL 30% + METIL TIOFANATO 17%	40 a 50 cc para 20 L de agua.	Suspensión concentrada.
ETIRIMOL 6% + MANEB 40%	60 a 120 cc para 20 L de agua.	Suspensión concentrada.
PROPICONAZOL Y DIFENOCONAZOL	0,2 L ha ⁻¹	Concentrado emulsionante.

Nota: SENASAG, 2020.

14.3.3. Picado o cavity spot (*Pythium violae*, *P. sulcatum*, *P. intermedium*, *P. rostratum*).

Esta enfermedad constituye hoy uno de los mayores problemas del cultivo de zanahoria, ya que daña las raíces, perdiendo su calidad comercial. Los primeros síntomas se caracterizan por la aparición sobre la raíz de pequeñas manchas elípticas y translúcidas con contorno netamente delimitado, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud y de 2 a 4 mm de profundidad. No presentan síntomas visibles en la parte aérea del cultivo (Saude *et al.*, 2014). El control cultural se basa en diseñar un buen sistema de drenaje, evitar los suelos pesados, rotaciones de cultivos y fertilización nitrogenada razonada. Para el control químico, se puede aplicar el ingrediente activo Metalaxil al 5%, en una dosis de 20 a 40 g ha⁻¹.

14.3.4. Quemadura de las hojas (*Alternaria dauci*)

De acuerdo con Cruz (2018), es la enfermedad foliar más dañina en el cultivo de zanahoria, afectando las raíces (cancros) y las semillas (maras de nascencia). Se disemina por semillas contaminadas, apareciendo en verano y otoño, bajo condiciones ambientales húmedas y calurosas. Los síntomas característicos de esta enfermedad son lesiones de color marrón verdoso, generalmente en los márgenes de las hojas, con apariencia de quemadura de sol o quemadura por pesticidas, lo que reduce la actividad fotosintética de la planta. La pérdida de rendimiento asociada a esta enfermedad puede alcanzar hasta un 90%. El control cultural de esta enfermedad consiste en desinfectar las semillas. El control químico se puede realizar con productos que contienen ingredientes activos como el Mancozeb al 12%, Oxiclورو de cobre al 8,6%, Sulfato de cobre al 2,5%, y Carbonato básico de cobre al 2,18%; o Sulfato cuprocálcico al 17,5% y Zineb al 7%.

Tabla 13. Ingredientes activos para el control de quemadura de hojas y Cavity spot en el cultivo de zanahoria.

Producto (Nombre comercial)	Ingrediente Activo	Dosis	Acción
MANCOLAXIL 72 WP	Mancozeb y Metalaxyl	2 a 3 kg ha ⁻¹	Sistémico y contacto preventivo curativo.
RIDOMIL GOLD	Metalaxyl-M + Mancozeb	100 g para 20 litros de agua	Sistémico y contacto.
SHARCARB	Carbendazim	20 a 40 cc para 20 litros de agua	Sistémico preventivo curativo.
FUJI-ONE	Isoprothiolane	40 a 60 cc para 20 litros de agua	Sistémico preventivo curativo.
FOLIO GOLD	Chlorothalonil y Metalaxil-M	50 a 70 cc para 20 litros de agua	Sistémico y contacto de amplio espectro.
CORAZA	Cymoxanil y Mancozeb	1 a 2 kg ha ⁻¹	Preventivo curativo.
COBRETHANE	Mancozeb, oxiclورو de cobre	50 a 100 g para 20 litros de agua	Preventivo de amplio espectro.

Nota: SENASAG, 2020.

14.3.5. Pudrición blanda (*Erwinia carotovora*)

De acuerdo con Guerrón (2016), estas bacterias invaden los tejidos de manera extracelular, aunque también pueden crecer dentro. Cuando las bacterias vasculares se disuelven, invaden los vasos xilemáticos de la planta. La “pudrición blanda” ocurre porque los tejidos en el proceso de pudrición adquieren una consistencia blanda, acuosa con un olor desagradable. Los residuos celulares producidos por la acción de enzimas bacterianas degradan la lamela media de las células afectadas provocando su separación y por ende produciendo maceración de los tejidos. El control cultural de esta enfermedad, consiste en rotar cultivos y eliminar restos de raíces infectadas, el control químico se realiza con antibióticos y productos a base de cobre.

Figura 22. Pudrición blanda (*Erwinia carotovora*) en raíces de zanahoria.



15. COSECHA MANUAL Y MECANIZADA DEL CULTIVO DE ZANAHORIA

De acuerdo con Grisa y Sabourin (2019), la cosecha marca el final de la etapa de cultivo y el comienzo de la preparación o acondicionamiento para el mercado. Cosechar zanahorias implica separar la raíz de su parte foliar. Actualmente, existen dos sistemas de cosecha: manual y mecanizada. La elección entre estos sistemas depende principalmente del cultivo en cuestión, del destino y especialmente, del tamaño del terreno que se va a cosechar.

En el cultivo de zanahorias, la madurez y el momento de la cosecha se determinan a través de muestras del desarrollo de la raíz, generalmente realizados a partir de los cuatro meses del ciclo del cultivo. También se

tiene en cuenta la relación con el mercado, ya que las zanahorias no tienen una fase de madurez definida, como sucede con los frutos o las semillas; se cosecharán cuando se considere conveniente.

Por otro lado, si el ciclo de cultivo es largo y la cosecha es tardía, aumenta el peso de las raíces, pero a veces a gastos de una disminución en su calidad. Al retrasar la cosecha, el tamaño y peso de las raíces aumentan, pero también lo hace el contenido de fibra, disminuyendo su calidad. Sin embargo, en épocas de escasez de producción, la calidad pasa a un segundo plano, y en la venta se tiene en cuenta principalmente el peso, sin perjudicar el precio del producto. A su vez, cuando los precios son altos, las zanahorias suelen ser cosechadas antes de alcanzar su tamaño y producción comercial máximos.

En la práctica, las decisiones de cosecha de zanahorias se basan en diversos criterios, dependiendo del mercado y el lugar de venta. Se considera que la raíz de la zanahoria ha alcanzado su madurez cuando su piel está firme y no se pela fácilmente con los dedos (Verdugo *et al.*, 2021).

15.1. Cosecha manual del cultivo de zanahoria

La cosecha manual es una práctica común para recolectar hortalizas destinadas al consumo en las zonas productoras de zanahorias en Bolivia. Esta metodología no implica inversiones iniciales significativas. La recolección manual se adapta especialmente a cultivos con períodos prolongados de cosecha como es el caso de la zanahoria. Una ventaja de este método es que la demanda de mano de obra generada por picos de maduración relacionados con el clima, puede ser satisfecha mediante la contratación adicional de personal.

Tabla 14. Ventajas y desventajas de la cosecha manual de zanahoria.

COSECHA MANUAL	
Ventajas	Desventajas
Capacidad de seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez, garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño.	El error humano y la variabilidad entre los cosechadores son factores que pueden llevar a la recolección de productos fuera del rango óptimo de madurez para el consumo. Esto puede resultar en la obtención de productos inmaduros o sobre maduros, que están fuera de los estándares de calidad establecidos. El impacto de estas variaciones puede afectar la calidad del producto cosechado.

Nota: Veretegui, 2022.

Figura 23. Cosecha manual de zanahoria variedad Altiplano.



15.2. Cosecha mecanizada del cultivo de zanahoria

La cosecha mecanizada de zanahoria suele llevarse a cabo de dos formas: con máquinas que arrancan las zanahorias mediante el pinzamiento de las hojas, liberándolas del suelo a través de una cuchilla rotativa, o con máquinas que remueven la tierra.

Este sistema tiene como ventaja principal un menor costo por tonelada de raíz recolectada. Sin embargo, presenta desventajas como los costos de mantenimiento y la ociosidad del equipo durante gran parte del año agrícola, lo que hace que la decisión de compra deba ser cuidadosamente analizada. Además, entre las desventajas se incluyen la necesidad de diseño toda la operación desde el cultivo, distancia entre hileras, nivelación del terreno, pulverizaciones, labores culturales, y especialmente la elección de variedades que se adaptan al manipuleo mecánico brusco. La preparación para el mercado (clasificación, limpieza, empaque) y la venta también deben estar adaptadas para manejar volúmenes considerables.

Los índices de cosecha se basan en la práctica y dependen del mercado:

- ❖ Las zanahorias son cosechadas en un estado relativamente inmaduro cuando la raíz a alcanzado tamaño suficiente para llenar la punta y desarrollar un adelgazamiento uniforme.
- ❖ Se debe tomar como parámetro la longitud de raíz, la cual es un índice de madurez para la cosecha de zanahoria, dependiendo de la variedad.

Tabla 15. Ventajas y desventajas de la cosecha mecanizada de zanahoria.

COSECHA MECANIZADA	
Ventajas	Desventajas
La cosecha mecanizada tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada.	Este sistema al ser destructiva, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada.
Proporciona más ganancias monetarias a las explotaciones grandes y pequeñas.	Toda la operación debe estar diseñada para la cosecha mecánica.

Nota: Verategui, 2022.

16. POSTCOSECHA DEL CULTIVO DE ZANAHORIA

En la mayoría de las zonas productoras de zanahoria de Bolivia después de la cosecha, se colocan las raíces sobre el suelo, realizando el descolado (el corte de hojas se debe realizar con tijeras para poda, limpias y desinfectadas, cortando la hoja desde la parte más cercana al tallo principal ligeramente inclinado hacia él). Inmediatamente después, son colocados en canastas plásticas para llevarlas al punto de empaque. Lo mismo aplica si se empaqueta con las hojas para prevenir el contacto entre las hojas y el suelo. Si se requiere el descolado se cortan las hojas a la altura del hombro de la raíz con un cuchillo con filo y desinfectado en lo posible.

Figura 24. Post cosecha de zanahoria.



16.1. Preselección de raíces de zanahoria en campo

Es importante realizar una preselección en campo de la cosecha para descartar el producto que no cumpla con los requisitos de calidad, como

coloración naranja, sin muchas raicillas, firmeza y un adelgazamiento uniforme desde los hombros hasta la punta. Esto se hace para evitar pérdidas de tiempo y dinero en el lavado y transporte de zanahorias no vendibles. Una vez terminada la preselección en campo se debe eliminar el producto descartado para evitar posibles fuentes de enfermedades.

16.2. Operación del lavado de raíces de zanahoria

El lavado de zanahorias es una etapa crucial y la fase final del proceso de producción. En Bolivia, es común que los productores mantengan su producción en la lavadora durante 10 a 15 minutos. Durante este tiempo, se eliminan restos de hojas, tierra y sobre todo una capa cerosa que da una apariencia blanquecina a las raíces después de la cosecha. Después del lavado las raíces se embolsan en sacos de polietileno o se colocan en cajas plásticas. La pérdida en la cosecha es del 1,5 % y la pérdida en la lavadora mecánica es del 1 %.

Figura 25. Lavado mecánico de raíces de zanahoria y embolsado por categorías.



16.3. Selección de raíces de zanahoria por categoría para el empaque

La selección por categoría para el empaque de zanahoria se realiza para garantizar que los productos se clasifiquen y empaquen según su calidad y tamaño. Permite separar las zanahorias según su tamaño, forma y calidad, lo que facilita el proceso de empaque y garantiza que los productos se empaqueten de manera uniforme.

Tabla 16. Clasificación de las raíces de zanahoria por categorías.

CATEGORIA	CARACTERISTICAS
Primera	No debe tener defectos en la forma, sin daño mecánico ni quemaduras; la variedad debe tener las características propias.
Segunda	Deberá tener buena apariencia, color y tamaño, manteniendo las características propias de la variedad. Se toleran niveles de defectos.
Tercera	Se aceptan defectos que no afecten la calidad, como heridas cicatrizadas y quemaduras.

Nota: Verdugo *et al.*, 2021.

16.3.1. Categoría raíces de primera

Estas raíces son maduras, enteras, sanas, de tamaño grande (2,5 cm de diámetro y 17 a 20 cm de largo), con un peso que oscila entre los 100 y 200 gramos. Tienen un color uniforme de acuerdo a la variedad, están limpias, sin rajaduras ni bifurcaciones, sin raicillas y no presentan olores, ni sabores extraños. Esta categoría de raíz es la que alcanza el mayor precio en el mercado de consumo.

Figura 26. Raíces de zanahoria de primera categoría, variedad INIAF Larga Vida.



16.3.2. Categoría raíces de segunda

Estas raíces son maduras, enteras, sanas, de tamaño grande (2,5 cm de diámetro y 17 a 20 cm de largo), con un peso que oscila entre los 100 y 200 gramos. Tienen un color uniforme de acuerdo a la variedad, están

limpias, sin rajaduras ni bifurcaciones, sin raicillas y no presentan olores ni sabores extraños. Esta categoría de raíz es la que alcanza el mayor precio en el mercado de consumo.

16.3.3. Categoría raíces de tercera (para zumo)

Estas raíces son maduras e inmaduras, enteras, partidas, sanas, pequeñas, con color no uniforme, limpias, con rajaduras que no llegan al corazón, pueden tener bifurcaciones, sin raicillas, y no presentan olores ni sabores extraños. Esta categoría de raíz es muy solicitada por las vendedoras de zumo de zanahoria en el mercado de consumo.

Figura 27. Selección de raíces de zanahoria por categorías.



16.3.4. Categoría raíces de descarte

Estas raíces son inmaduras o muy maduras, partidas, con presencia de enfermedades, con rajaduras que llegan al corazón, bifurcadas, con raicillas. Esta categoría de raíz se emplea comúnmente como alimento para los animales de los productores.

16.4. Conservación y almacenamiento de raíces de zanahoria

En Bolivia, las zanahorias producidas en zonas con altitudes superiores a los 2.500 msnm pueden conservarse en el suelo por períodos de hasta tres meses sin perder sus cualidades para el mercado de consumo. Sin embargo, las zanahorias producidas en zonas con altitudes menores no pueden conservarse por mucho tiempo por lo cual después de la cosecha, deben ser llevadas inmediatamente a los mercados de consumo.

La zanahoria puede ser almacenada en cámaras de refrigeración, sin

embargo, el costo de su instalación es elevado y se necesita personal capacitado para su uso. Dependiendo del mercado, las zanahorias se comercializan con o sin hojas. Las zanahorias con hojas se deshidratan muy rápido y tienen una vida útil de tan solo 2 semanas a temperatura óptima (0 °C y 98% de humedad relativa).

Las zanahorias sin hojas tienen una vida útil de 7 a 9 meses en condiciones óptimas (0 °C y 98% de humedad relativa). La conservación por debajo de 0 °C causa daño por el frío, provocando manchas oscuras en su interior. Otro aspecto importante es que la zanahoria admite un almacenamiento relativamente prolongado, aunque la duración concreta de esto depende de la variedad y la técnica de conservación empleada.

16.5. Transporte de la producción de zanahoria

Las frutas y hortalizas frescas deben transportarse y almacenarse de manera que se reduzcan al mínimo las probabilidades de contaminación microbiana, química o física. Para tal fin, se deben aplicar las siguientes prácticas (Organización Mundial de la Salud (Meeting y Organization, 2007).

Figura 28. Transporte de zanahoria al mercado para su comercialización.



Para el transporte de zanahorias, es crucial considerar la distancia y la ruta hacia el mercado de consumo, así como la manipulación del producto, su precio en el mercado y la capacidad económica del productor. Se pueden utilizar camiones con carpa o transporte refrigerado, evitando durante

el transporte y distribución la concentración de etileno, ya que afecta significativamente a esta especie.

Dado que la zanahoria es muy sensible al etileno, se debe evitar su transporte en cargas mixtas con especies productoras de este gas. El transporte de esta hortaliza debe realizarse a una temperatura no mayor de 20 °C, ajustándose a la duración del transporte y evitando el contacto directo con la luz.

17. MERCADEO DE ZANAHORIA

De acuerdo con la OAP (2022), el consumo per cápita de zanahoria en Bolivia es de 7,1 g/persona/día. Durante la gestión 2021, se produjo 28.347 toneladas de zanahoria en las campañas de invierno y verano, con una demanda en esa gestión de 31.305 toneladas. Esto indica que existía una demanda insatisfecha de 2.958 toneladas de esta hortaliza en la gestión 2021.

Nota. INE, 2023

Si la tendencia de producción y crecimiento poblacional de Bolivia se mantiene, se espera que la producción de zanahoria no alcance a cubrir la demanda nacional en los siguientes años. La mayor producción de zanahoria en Bolivia (89%) está destinada a satisfacer la demanda nacional de este producto en los mercados principalmente de las ciudades de Santa Cruz de la Sierra, La Paz y Cochabamba; un 20% para satisfacer el mercado regional del país (ciudades capitales, municipios y localidades) y un 1% para autoconsumo.

Figura 28. Productores de zanahoria durante la comercialización.



El Estado Plurinacional de Bolivia tiene el potencial para producir zanahoria con buenas características. Es necesario desarrollar nuevas variedades con elevados rendimientos para producir zanahoria libre de enfermedades y con calidad de exportación. Esto, en el futuro, permitiría satisfacer el mercado interno y hacer que nuestra producción sea competitiva con la de otros países, posibilitando la exportación de nuestra zanahoria a mercados internacionales.

18. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, M. F. (2019). Rendimiento y calidad de raíces de variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) con diferentes dosis de biol. Secretaria Nacional De La Juventud, 123.

Avilés, M. (2022). Manejo integrado de insectos plagas en el cultivo de zanahorias (*Daucus carota* L.) [BABAHOYO: UTB, 2022]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13207>

Chamorro, A. F. (2017). Efecto de la aplicación de la fertilización química complementada con abonos foliares en el rendimiento agronómico de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota* L) [bachelorThesis, El Angel: UTB, 2017]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3191>

Cruz, A. (2018). Identificación morfológica y molecular de cepas del hongo (*Alternaria dauci*) patógeno de la zanahoria (*Daucus carota* L.). Aporte Santiaguino, 11(1), 21-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7178689>

Fernández, K., & Murillo, E. (2006). Evaluación de la calidad nutricional y desarrollo vegetativo de zanahoria (*Daucus carota* L) y lechuga (*Lactuca sativa* L) cultivadas con técnicas de agricultura limpia en la region de Chapeton-Municipio de Ibagué. Sophia, 2, 135-144. <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740745012.pdf>

García, J. L., Valdez, R. D., Servín, R., Murillo-, B., Rueda-, E., Hernández, J., & Troyo, E. (2005). Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. Revista Agraria, 2(1), 37-51.

García, P. (2019). Efecto de la aplicación del biofertilizante biol al suelo en la producción de la zanahoria (*Daucus carota* L.) var. Royal Chantenay en condiciones del Valle de Santa Catalina-La Libertad. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4694>

Gaviola, J. (2013). Manual de producción de zanahoria. Mendoza, Argentina: INTA, 97-98. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37595464/INTA>

Grisa, C., & Sabourin, E. (2019). Agricultura familiar: De los conceptos a las políticas públicas en América Latina y el Caribe. 2030–Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe. <https://hal.science/hal-02776075/document>

Guerrón, D. (2016). Evaluación de diferentes dosis de *Trichoderma spp.* para mejorar el sistema radicular y *Bacillus spp.* para el control de pudriciones causadas por *Erwinia carotovora* en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*). <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/487>

INEI. (2019). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/202/>

Lardizábal, R., & Theodoracopoulos, M. (2013). Manual de producción de zanahoria. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID, 0, 1-6. <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Produccion-de-zanahoria,-G.pdf>

Leandro, F. (2018). Adaptación y rendimiento de cinco variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) en condiciones de Yanahuanca-Pasco. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/609>

López, A. (2011). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la zanahoria (*Daucus carota* L), híbrido Cupar, en el Chaupi, provincia de Pichincha. Quito: USFQ, 2011.

Machado, S., & Tessore, D. (2016). Caracterización y evaluación agronómica de poblaciones locales de zanahoria en Uruguay. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19696/1/TTS_MachadoM%C3%A9ndezSilvana_TessoreRomanoDiego.pdf

Meeting, J., & Organization, W. H. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminants: Sixty-eighth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (Vol. 68). World Health Organization. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xjeKTJhsqH4C&oi=fnd&pg=PP2&dq=fao+2007&ots=Ze9od7hZg4&sig=gzEU-EC0I97ivd2Zk2dOCO-Nvi0#v=onepage&q=fao%202007&f=false>

Mejia, L. (2005). Tabla Boliviana de composicion de alimentos. <https://agris.fao.org/search/en/records/64745b7b96fdec8b71b6f597>

Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP). (2022). Evaluación Campaña Verano 2021 – 2022 y Pronostico de Producción Campaña Invierno 2022 de los Cultivos de Cebolla, Tomate y Zanahoria. <https://observatorioagro.gob.bo/2022/08/29/evaluacion-campana-verano-2021-2022-y-pronostico-de-produccion-campana-invierno-2022-de-los-cultivos-de-cebolla-tomate-y-zanahoria/>

Pereira, J. (2021). Efecto de trasplante de plántulas en parámetros morfoagronómicos del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). Machala. <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as-sdt=0%2C5&q=Pereira%2C+A.+%282021%29.+Efecto+de+transplante+de+plantula+en+par%2C3%A1metros+morfoagron%C3%B3micos>

Picca, C. (2014). Nemátodos que afectan el cultivo de zanahoria. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2048>

Quesada, E., Vargas, A., Martínez, C., & Barquero, L. (2022). Physiological seed quality of carrot (*Daucus carota* L.) assessed by vigor testing. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20230108387>

Reckmann, O., Hirzel, J., & Antunez, A. (2009). Nodo tecnológico de riego en el secano Región de O'higgins fase II. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/2dafb9bd-93a1-4e89-b6c8-0a4953b46ce2>

Saavedra, G., Jana, C., & Kehr, E. (2019). Hortalizas para procesamiento agroindustrial. <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as-sdt=0%2C5&q=Saavedra%2C+G.%2C+Ayala%2C+C.%2C+%26+Mellado%2C+E.+%282019%29.+Hortalizas+para+Procesamiento+Agroindustriale%2C3%ADnal.+Inia%2C+411%E2%80%933272.+www.inia.cl&btnG=>

Saude, C., Simon, P., & Acosta, M. (2014). Incidence and severity of cavity spot of carrot as affected by pigmentation, temperature, and rainfall. Plant disease, 98(7), 929-936. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-10-13-1021-RE>

SENASAG. (2020). Registro de productos de insumos agrícolas. Base de datos el Gran Paititi, Servicio Nacional de Sanidad Agropecuario e Inocuidad Alimentaria SENASAG. <https://paititi.senasag.gob.bo/egp/productosAgroquimicos.html>

Siliquini, O., & Ponce, J. (2019). Boletín Hortícola Pampeano. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/8568>

Tapia, D. (2014). Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. <https://core.ac.uk/download/pdf/71902017.pdf>

Tapia, J. (2021) Respuesta del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) a diferentes láminas de riego en el valle de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4077>

Torres, G., & Suasnabar, C. (2022). Fitosanidad del cultivo de zanahoria. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8083>

Tutillo, F. (2024). Evaluación de fungicidas para el manejo de tizón temprano (*Cercospora carotae* Pass.) en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/41125>

Verategui, C. (2022). Diseño y construcción de un prototipo semimecánico de cosechadora de zanahorias para el Valle del Mantaro. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/f672fb7a-1118-40d8-abfe-e2dd1370bb12>

Verdugo-, A., Peñuelas-, O., Argente-, L., Leyva-, J., & González-, J. (2021). Algunas consideraciones sobre el manejo poscosecha de la zanahoria. Acta Agrícola y Pecuaria, 7(1). <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/184>

